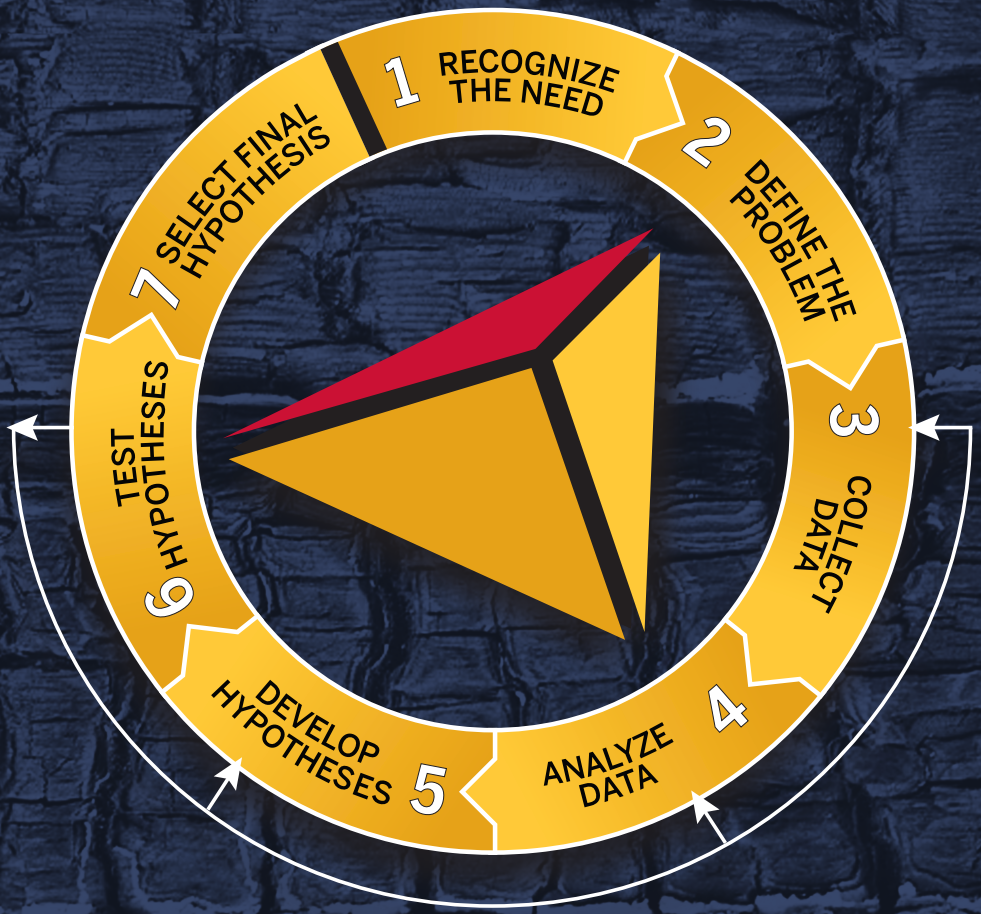
NFPA® 921

Guide for Fire and Explosion Investigations

2021



NFPA®

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

AVISOS IMPORTANTES E ISENÇÕES RELATIVAS À NFPA® PADRÕES

NFPA® códigos, padrões, práticas recomendadas e guias ("Padrões NFPA"), dos quais o documento aqui contido é um, são desenvolvidos por meio de um processo de desenvolvimento de padrões de consenso aprovado pelo American National Standards Institute. Este processo reúne voluntários que representam diversos pontos de vista e interesses para chegar a um consenso sobre incêndio e outras questões de segurança. Embora a NFPA administre o processo e estabeleça regras para promover a justiça no desenvolvimento do consenso, ela não testa, avalia ou verifica independentemente a precisão de qualquer informação ou a solidez de quaisquer julgamentos contidos nas Normas da NFPA.

A NFPA se isenta de responsabilidade por quaisquer danos pessoais, materiais ou outros danos de qualquer natureza, sejam especiais, indiretos, conseqüentes ou compensatórios, direta ou indiretamente resultantes da publicação, uso ou dependência dos Padrões da NFPA. A NFPA também não garante ou garante a exatidão ou integridade de qualquer informação aqui publicada.

Ao emitir e disponibilizar as Normas da NFPA, a NFPA não se compromete a prestar serviços profissionais ou outros para ou em nome de qualquer pessoa ou entidade. A NFPA também não se compromete a cumprir qualquer dever devido por qualquer pessoa ou entidade a outra pessoa. Qualquer pessoa que use este documento deve confiar em seu próprio julgamento independente ou, conforme apropriado, procurar o conselho de um profissional competente para determinar o exercício de cuidados razoáveis em quaisquer circunstâncias.

A NFPA não tem poder nem se compromete a policiar ou fazer cumprir o conteúdo das Normas da NFPA. A NFPA também não lista, certifica, testa ou inspeciona produtos, projetos ou instalações quanto à conformidade com este documento. Qualquer certificação ou outra declaração de conformidade com os requisitos deste documento não deve ser atribuída à NFPA e é de responsabilidade exclusiva do certificador ou do fabricante da declaração.

SÍMBOLOS DA REVISÃO IDENTIFICANDO AS MUDANÇAS DA EDIÇÃO ANTERIOR

As revisões de texto são sombreadas. UMA **Δ** antes de um número de seção indica que as palavras dessa seção foram excluídas e um **Δ** à esquerda de um número de tabela ou figura indica uma revisão de uma tabela ou figura existente. Quando um capítulo foi fortemente revisado, todo o capítulo é marcado com o **Δ** símbolo. Onde uma ou mais seções foram excluídas, um • é colocado entre as seções restantes. Capítulos, anexos, seções, figuras e tabelas que são novos são indicados com um ***N***.

Observe que esses indicadores são um guia. O rearranjo das seções pode não ser capturado na marcação, mas os usuários podem visualizar os detalhes completos da revisão no Primeiro e Segundo Relatórios preliminares localizados na seção de informações de revisão arquivadas de cada código em www.nfpa.org/docinfo. Quaisquer alterações subsequentes da Reunião Técnica da NFPA, Emendas Provisórias Provisórias e Errata também estão localizadas lá.

LEMBRETE: ATUALIZAÇÃO DOS PADRÕES DA NFPA

Os usuários dos códigos, padrões, práticas recomendadas e guias da NFPA ("Normas da NFPA") devem estar cientes de que esses documentos podem ser substituídos a qualquer momento pela emissão de uma nova edição, podem ser alterados com a emissão de Emendas Provisórias Provisórias (TIAs), ou ser corrigido pela Errata. Pretende-se que, por meio de revisões e emendas regulares, os participantes do processo de desenvolvimento das normas da NFPA considerem as informações atuais e disponíveis sobre incidentes, materiais, tecnologias, inovações e métodos à medida que se desenvolvem ao longo do tempo e que as Normas da NFPA reflitam essa consideração. Portanto, qualquer edição anterior deste documento não representa mais a Norma NFPA atual sobre o assunto abordado. A NFPA encoraja o uso da edição mais atual de qualquer Norma da NFPA [conforme pode ser alterada por TIA(s) ou Errata] para tirar proveito da experiência e compreensão atuais. Um Padrão oficial da NFPA em qualquer momento consiste na edição atual do documento, incluindo quaisquer TIAs e Errata emitidos na época.

Para determinar se uma Norma NFPA foi alterada através da emissão de TIAs ou corrigida por Errata, visite a seção "Codes & Standards" em www.nfpa.org.

ISBN: 978-145592646-6 (Impresso)

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

AVISOS IMPORTANTES ADICIONAIS E ISENÇÕES RELATIVAS À NFPA®PADRÕES

Atualização das Normas NFPA

Os usuários dos códigos, padrões, práticas recomendadas e guias da NFPA ("Normas da NFPA") devem estar cientes de que esses documentos podem ser substituídos a qualquer momento pela emissão de uma nova edição, podem ser alterados com a emissão de Emendas Provisórias Provisórias (TIAs), ou ser corrigido pela Errata. Pretende-se que, por meio de revisões e emendas regulares, os participantes do processo de desenvolvimento das normas da NFPA considerem as informações atuais e disponíveis sobre incidentes, materiais, tecnologias, inovações e métodos à medida que se desenvolvem ao longo do tempo e que as Normas da NFPA reflitam essa consideração. Portanto, qualquer edição anterior deste documento não representa mais a Norma NFPA atual sobre o assunto abordado. A NFPA encoraja o uso da edição mais atual de qualquer Norma da NFPA [conforme pode ser alterada por TIA(s) ou Errata] para tirar proveito da experiência e compreensão atuais. Um Padrão oficial da NFPA em qualquer momento consiste na edição atual do documento, incluindo quaisquer TIAs e Errata emitidos na época.

Para determinar se uma Norma NFPA foi alterada através da emissão de TIAs ou corrigida por Errata, visite a seção "Codes & Standards" em www.nfpa.org.

Interpretações das Normas NFPA

Uma declaração, escrita ou oral, que não seja processada de acordo com a Seção 6 dos Regulamentos que Governam o Desenvolvimento das Normas da NFPA não deve ser considerada a posição oficial da NFPA ou de qualquer um de seus Comitês e não deve ser considerada, nem ser confiável sobre como, uma Interpretação Formal.

Patentes

A NFPA não toma nenhuma posição com relação à validade de quaisquer direitos de patentes referenciados, relacionados ou afirmados em conexão com uma Norma da NFPA. Os usuários das Normas da NFPA são os únicos responsáveis por determinar a validade de tais direitos de patente, bem como o risco de violação de tais direitos, e a NFPA se isenta de responsabilidade pela violação de qualquer patente resultante do uso ou dependência da NFPA Padrões.

A NFPA adere à política do American National Standards Institute (ANSI) em relação à inclusão de patentes nos American National Standards ("a Política de Patentes ANSI") e, por meio deste, fornece o seguinte aviso de acordo com essa política:

AVISO: Chama-se a atenção do usuário para a possibilidade de que a conformidade com uma Norma NFPA possa exigir o uso de uma invenção coberta por direitos de patente. A NFPA não toma posição quanto à validade de tais direitos de patente ou se tais direitos de patente constituem ou incluem reivindicações de patente essenciais sob a Política de Patentes ANSI. Se, em conexão com a Política de Patentes ANSI, um titular de patente tiver apresentado uma declaração de vontade de conceder licenças sob esses direitos em termos e condições razoáveis e não discriminatórios aos requerentes que desejam obter tal licença, cópias de tais declarações arquivadas podem ser obtidas, a pedido, da NFPA. Para mais informações, entre em contato com a NFPA no endereço listado abaixo.

Lei e Regulamentos

Os usuários das Normas NFPA devem consultar as leis e regulamentos federais, estaduais e locais aplicáveis. A NFPA não pretende, com a publicação de seus códigos, normas, práticas recomendadas e guias, incitar ações que não estejam em conformidade com as leis aplicáveis, e esses documentos não podem ser interpretados como tal.

Direitos autorais

Os padrões da NFPA são protegidos por direitos autorais. Eles são disponibilizados para uma ampla variedade de usos públicos e privados. Isso inclui tanto o uso, por referência, em leis e regulamentos, quanto o uso em auto-regulação privada, padronização e promoção de práticas e métodos seguros. Ao disponibilizar esses documentos para uso e adoção por autoridades públicas e usuários privados, a NFPA não renuncia a quaisquer direitos autorais sobre esses documentos.

O uso das Normas da NFPA para fins regulatórios deve ser realizado por meio de adoção por referência. O termo "adoção por referência" significa apenas a citação de título, edição e informação de publicação. Quaisquer exclusões, adições e alterações desejadas pela autoridade adotante devem ser anotadas separadamente no instrumento de adoção. A fim de ajudar a NFPA a seguir os usos feitos de seus documentos, as autoridades de adoção são solicitadas a notificar a NFPA (Atenção: Secretário, Conselho de Normas) por escrito sobre tal uso. Para assistência técnica e questões relativas à adoção das Normas NFPA, entre em contato com a NFPA no endereço abaixo.

Para mais informações

Todas as perguntas ou outras comunicações relacionadas às Normas da NFPA e todas as solicitações de informações sobre os procedimentos da NFPA que regem seus códigos e processos de desenvolvimento de normas, incluindo informações sobre os procedimentos para solicitar Interpretações Formais, para propor Emendas Provisórias Provisórias e para propor revisões às normas da NFPA durante ciclos de revisão, devem ser enviados à sede da NFPA, endereçados à atenção do Secretário, Conselho de Padrões, NFPA, 1 Batterymarch Park, PO Box 9101, Quincy, MA 02269-9101; e-mail: stds_admin@nfpa.org.

Para obter mais informações sobre a NFPA, visite o site da NFPA em www.nfpa.org. Todos os códigos e padrões da NFPA podem ser vistos gratuitamente em www.nfpa.org/docinfo.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Copyright © 2020 National Fire Protection Association®. Todos os direitos reservados.

NFPA®921

Guia para

Investigações de incêndio e explosão

Edição de 2021

Esta edição da NFPA 921, *Guia para Investigações de Incêndio e Explosão*, foi elaborado pela Comissão Técnica de Investigações de Incêndios. Foi emitido pelo Standards Council em 5 de abril de 2020, com data efetiva de 25 de abril de 2020, e substitui todas as edições anteriores.

Esta edição da NFPA 921 foi aprovada como American National Standard em 25 de abril de 2020.

Origem e Desenvolvimento da NFPA 921

NFPA 921, *Guia para Investigações de Incêndio e Explosão*, foi desenvolvido pela Comissão Técnica de Investigações de Incêndios para auxiliar na melhoria do processo de investigação de incêndios e na qualidade das informações sobre incêndios decorrentes desse processo. O objetivo do comitê é fornecer orientação para investigadores públicos e privados com base em princípios científicos aceitos e pesquisas científicas.

A primeira edição do documento, emitida pela NFPA em 1992, focou em grande parte na determinação da origem e causa de incêndios e explosões envolvendo estruturas. A edição de 1995 do documento incluiu capítulos revisados sobre segurança, explosões e coleta e manuseio de evidências físicas. NFPA 907M, *Manual para Determinação de Causas de Incêndios Elétricos*, foi retirado como documento individual e integrado, com revisões, à NFPA 921.

A edição de 1998 do documento incluiu um novo capítulo sobre sistemas de gás combustível em edifícios e o impacto de gases combustíveis em investigações de incêndio e explosão. Foram feitas revisões nos capítulos sobre eletricidade e fogo, padrões de fogo e evidências físicas. A edição de 1998 também incluiu um novo texto sobre as equipes de caninos/manipuladores de detecção de líquidos inflamáveis.

A edição de 2001 da NFPA 921 foi reorganizada para usabilidade e incluiu novos capítulos sobre sistemas prediais, comportamento humano relacionado a incêndios, análise de falhas e ferramentas analíticas, mortes e ferimentos por incêndio e explosão e investigações de incêndios florestais. A edição de 2004 incluiu uma revisão do documento para atender às novas *Manual de Estilo para Documentos do Comitê Técnico da NFPA*. Um novo capítulo, "Analisando o Incidente por Causa e Responsabilidade", foi incluído, e capítulos relativos a considerações legais e registro da cena foram revisados.

A edição de 2008 incluiu reescritas do Capítulo 5, Basic Fire Science; Capítulo 6, Padrões de Fogo; Capítulo 17, Determinação de Origem; Capítulo 25, Incêndios em Veículos Motorizados; e Capítulo 27, Gerenciamento de Investigações Complexas. Um novo Capítulo 28, Investigações sobre Incêndios Marinhos, foi adicionado ao documento.

A edição de 2011 viu mudanças no Capítulo 4, Metodologia Básica, e uma nova seção sobre Procedimentos de Revisão de Relatórios. O Capítulo 12, Segurança, foi revisado para incluir exposição química e contaminação ao investigador de incêndio. O Capítulo 18, Determinação da Causa do Incêndio, foi revisado para espelhar o Capítulo 17, seguindo o método científico. Esta edição também viu a introdução de *corpus negativo* e reescritas significativas do Capítulo 21, Explosões; Capítulo 23, Mortes e Lesões por Incêndio e Explosão; e Capítulo 26, Investigações de incêndios florestais. O Capítulo 25, Incêndios em Veículos Motorizados, foi substancialmente expandido para tratar de veículos recreativos e equipamentos agrícolas. Os membros do Comitê Técnico da NFPA sobre Investigações de Incêndios dedicaram a edição de 2011 da NFPA 921 à memória do funcionário de longa data Frank Florence (1943–2010). Frank faleceu em 27 de julho de 2010, após uma breve doença. Frank serviu no Corpo de Bombeiros de Salt Lake City por 31 anos antes de se aposentar como Chefe dos Bombeiros. Em seguida, ele se juntou à NFPA na Divisão de Proteção Pública contra Incêndios e atuou como Staff Liaison nas edições de 2001, 2004 e 2008 da NFPA 921. Frank foi um recurso inestimável para o comitê e um forte defensor da profissão de investigação de incêndio.

A edição de 2014 foi a primeira norma da NFPA a ser publicada em cores. As fotografias coloridas aumentam muito a eficácia do documento e são especialmente benéficas no capítulo sobre

NFPA e National Fire Protection Association são marcas registradas da National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts 02169.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Padrões de Fogo. Além disso, o conceito de corpus negativo foi ainda mais esclarecido com informações adicionais.

Um novo capítulo, Fire Protection Systems, foi adicionado com base nos 16 tópicos de conhecimento encontrados na NFPA 1033, *Padrão para Qualificações Profissionais para Investigador de Incêndio*. O capítulo Analisando o Incidente por Causa e Responsabilidade foi dividido em dois capítulos, e o comitê acrescentou informações e fotografias que ilustram melhor os conceitos de arco elétrico.

A edição de 2017 da NFPA 921 incluiu muitas atualizações para refletir com precisão as práticas, tecnologias, pesquisas e conceitos atuais. O Capítulo 8, Sistemas de Proteção Contra Incêndios, foi renomeado para Sistemas Ativos de Proteção Contra Incêndios, uma vez que os sistemas passivos são abordados no Capítulo 7, Sistemas Prediais. As alterações ao Capítulo 16, Documentação da Investigação, actualizaram o documento com a tecnologia actual na área da fotografia digital e digitalização 3D. O conceito de matriz de origem foi incluído no Capítulo 18, Determinação de Origem. Esse conceito abordava o impacto da ventilação na determinação da origem. Uma das mudanças mais importantes pode ser encontrada no escopo da NFPA 921. O Capítulo 1 foi revisado para tratar da má aplicação dos relatórios do Sistema Nacional de Relatórios de Incidentes de Incêndio (NFIRS) como Relatórios de Investigação de Incêndios.

A edição de 2021 da NFPA 921 marca algumas das mudanças mais substanciais desde a publicação original do documento. Durante este ciclo, o comitê revisou extensivamente a localização e a estrutura dos padrões de incêndio. Após uma revisão cuidadosa e comentários substanciais do público, o comitê decidiu realocar o texto do padrão de incêndio encontrado em toda a NFPA 921 para o Capítulo 6. Isso não apenas resultou em uma reestruturação e reescrita do Capítulo 6, mas também viu a combinação de padrões de incêndio e mapeamento de arco como um processo único de determinação de origem. Essencialmente, o comitê identificou o mapeamento de arco como uma forma de análise de padrão de incêndio.

Além disso, o comitê revisou minuciosamente e buscou comentários do público sobre a utilidade de um sistema de classificação anteriormente encontrado no Capítulo 20. Ao longo de várias edições da NFPA 921, a classificação da causa do incêndio e a determinação da causa do incêndio no Capítulo 19 resultou em confusão. Com base em um exame do escopo da NFPA 921 para a edição de 2021, foi determinado que o preenchimento de relatórios para classificação de incidentes estão fora do escopo da NFPA 921. O comitê identificou a classificação de incidentes como um tópico abordado em outras normas e mais dependente de jurisdição/uso da organização. Portanto, o antigo Capítulo 20, Classificação da Causa do Incêndio, foi excluído da edição de 2021 da NFPA 921 e uma adição foi feita no final do Capítulo 19, Determinação da Causa do Incêndio,

Outras mudanças incluíram a adição e revisão do texto cobrindo caninos de detecção de líquidos inflamáveis (caninos IGL), que inclui treinamento e certificação. O comitê também revisou o Capítulo 14, Fontes de Informação, e completou uma reescrita substancial em relação aos dados fora da cena.

Finalmente, este ciclo viu uma revisão completa do Capítulo 28 (agora Capítulo 27), Investigações sobre incêndios florestais. Após um debate substancial, revisão pública e proposta de grupo de trabalho, o comitê chegou ao consenso de que é necessário mais trabalho com relação à revisão deste capítulo.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Comitê Técnico de Investigações de Incêndio

Charles "Randy" Watson, *Cadeira*
SEA, Ltd., GA [SE]

Christopher B. Wood, *secretário*
FireLink, LLC, MA [SE]

Vytenis "Vyto" Babrauskas, Fire Science and Technology Inc., NY [SE]

Quentin A. Baker, Baker Engineering and Risk Consultants, Inc., TX [SE]

Michael Beasley, Corpo de Bombeiros de Londres, Reino Unido [E]

Steve Campolo, Leviton Manufacturing Company, Inc., NY [M]
Rep. Associação Nacional de Fabricantes Elétricos

Karrie J. Clinkinbeard, Armstrong Teasdale LLP, MO [C]

Terrence K. Cloonan, Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH), PA [RT]

André T. Cox, Departamento de Álcool, Tabaco, Armas de Fogo e Explosivos dos EUA, NH [E]

Philip E. Crombie, Jr., Companhia de Seguros de Viajantes, CT [I]

Richard A. Dyer, Dyer Fire Consulting, MO [U]
Rep. Associação Internacional de Chefes de Bombeiros

James Engel, Grupo Nacional de Coordenação de Incêndios Florestais (NWCG), CA [E]
Rep. Grupo Nacional de Coordenação de Incêndios Florestais **Daniel T. Gottuk,** JENSEN HUGHES, MD [SE]

Mark S. Grotefeld, Grotefeld Hoffmann, IL [C] **Terry Dawn Hewitt,** McKenna Hewitt, CO [C]

Thomas W. Horton, Jr., South Carolina Farm Bureau Insurance Company, SC [I]

Robin Jason, General Motors, MI [M]
Rep. Sociedade de Engenheiros Automotivos

Richard W. Jones, Jr., Grupo de Investigações Forenses, LLC, LA [SE]

Jason Karasinski, Fire Research Technology, LLC, NY [SE]

Daniel Madrzykowski, Instituto de Pesquisa de Segurança de Bombeiros da UL, MD [RT]

Thomas Ost Prisco, Gabinete do Procurador Distrital, PA [C]

Eduardo S. Paulk, Lapine, AL [U]
Rep. Associação Nacional de Bombeiros Estaduais

Brian Petermann, Estado de Ohio Fire Marshal, OH [E]

Anthony D. Putorti, Jr., Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST), MD [RT]

Stephen P. Rinaldi, Corpo de Bombeiros do Condado de Los Alamos, NM [E] **Michael Rindt,** Seguro Mútuo Acuity, WI [I]

Mike Rushton, Escritório de Ontário Fire Marshal, Canadá [E]

Mark E. Sauls, Florida Division of State Fire Marshal (aposentado), FL [U]
Rep. Associação Internacional de Bombeiros

Joseph J. Sesniak, Consultores Forenses de Incêndio, Ltd., AZ [U]
Rep. Associação Internacional de Investigadores de Incêndios, Inc.

Thomas B. Sing, Análise de Incêndio da Missão, TX [SE]

Kathryn C. Smith, Associação Nacional de Investigadores de Incêndio, FL [U]

Philip C. Smith, The Boeing Company, SC [M]

Russel M. Whitney, Corpo de Bombeiros de Salt Lake City, UT [E]

Suplentes

Roberto D. Banta, Banta Technical Services LLC, MI [M]
(Alt. para Robin Jason)

Randall E. Bills, SEA, Ltd., OH [SE]
(Alt. para Charles "Randy" Watson)

Miguel José Cabral, Procurador Distrital do Condado de Riverside, CA [C]
(Alt. para Thomas Ost-Prisco)

Scott G. Davis, GexCon EUA, MD [SE]
(Alt. para Vytenis "Vyto" Babrauskas)

Craig Douglas Eastwood, Baker Engenharia e Consultores de Risco, TX [SE]
(Alt. para Quentin A. Baker)

Brian Henrique, Rolfes Henry Co., LPA, FL [U]
(Alt. para Kathryn C. Smith)

Christel K. Hunter, Cerro Wire, NV [M]
(Alt. para Steve Campolo)

Laura Jacobsen, The Boeing Company, CA [M]
(Alt. para Philip C. Smith)

Stephen Kerber, UL LLC, MD [RT]
(Alt. para Daniel Madrzykowski)

Gerald A. King, Armstrong Teasdale LLP, MO [C]
(Alt. para Karrie J. Clinkinbeard)

Michael R. Marquardt, Agência de Álcool, Tabaco, Armas de Fogo e Explosivos dos EUA, MI, [E]
(Alt. para Andrew T. Cox)

Wayne J. McKenna, McKenna Hewitt, CO [C]
(Alt. para Terry-Dawn Hewitt)

Mateus P Miller, Corpo de Bombeiros de Roswell, NM [E]
(Alt. para Russell M. Whitney)

Joel A. Moore, Texas Farm Bureau Insurance, TX [I]
(Alt. para Thomas W. Horton, Jr.)

Rodney J. Pevytoe, Kubitz e Associados, WI [U]
(Alt. para Joseph J. Sesniak)

David W. Powell, Consultores SYTEK, NY [SE]
(Alt. para Jason Karasinski)

Willard F. Preston, III, Goldfein & Joseph, PC, DE [U]
(Alt. para Mark E. Sauls)

Laura Joy Ridenour, Corpo de Bombeiros de Dearborn, MI [U]
(Alt. para Richard A. Dyer)

Heidi Sewchok, Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH), PA [RT]
(Alt. para Terrence K. Cloonan)

James H. Shanley, Jr., Companhia de Seguros de Viajantes, CT [I]
(Alt. para Philip E. Crombie, Jr.)

Thomas M. Sing, Análise de Incêndio da Missão, TX [SE]
(Alt. para Thomas B. Sing)

Scott Tebo, Companhia Estadual de Seguros de Automóveis, OH [I]
(Alt. para Michael Rindt)

Roberto Toth, IRIS Fire Investigations, Inc., CO [SE]
(Alt. para Richard W. Jones, Jr.)

C. "Tripp" Wagner, III, JENSEN HUGHES, PA [SE]
(Alt. para Daniel T. Gottuk)

Chad Wissinger, Ohio Division of State Fire Marshal Forensic Lab, OH [E]
(Alt. para Brian Peterman)

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Michael T. Wixted,Contato da equipe da NFPA

Esta lista representa os membros no momento em que o Comitê foi votado no texto final desta edição. Desde então, podem ter ocorrido mudanças na adesão. Uma chave para classificações encontra-se no final do documento.

NOTA: A participação em um comitê não deve, por si só, constituir um endosso da Associação ou de qualquer documento desenvolvido pelo comitê no qual o membro atua.

Escopo do Comitê: Este Comitê terá a responsabilidade primária pelos documentos relativos às técnicas a serem usadas na investigação de incêndios, e equipamentos e instalações projetados para auxiliar ou serem usados no desenvolvimento ou verificação de dados necessários para investigadores de incêndio na determinação da origem e desenvolvimento de incêndios hostis.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Conteúdo

Capítulo 1 Administração 921–8
1.1 Escopo. 921–8
1.2 Objetivo. 921–8
1.3 Aplicação. 921–8
1.4 Unidades de Medida. 921–8
1.5 Incerteza de Medição. 921–9

Capítulo 2 Publicações Referenciadas 921–9
2.1 Geral. 921–9
2.2 Publicações da NFPA. 921–9
2.3 Outras Publicações. 921–10
2.4 Referências para Extratos em Seções Consultivas. 921–13

Capítulo 3 Definições 921–13
3.1 Geral. 921–13
3.2 Definições Oficiais da NFPA. 921–13
3.3 Definições Gerais. 921–14
3.4 Definições Caninas. 921–20

Capítulo 4 Metodologia Básica 921–20
4.1 Natureza das Investigações de Incêndio. 921–20
4.2 Abordagem Sistemática. 921–20
4.3 Relacionando a Investigação do Fogo com o Método Científico. 921–20
4.4 Método Básico de Investigação de Incêndio. 921–21
4.5 Nível de Certeza. 921–22
4.6 Procedimento de Revisão. 921–22
4.7 Procedimento de Relatório. 921–23

Capítulo 5 Ciência Básica do Fogo 921–23
5.1 Introdução. 921–23
5.2 Química. 921–24
5.3 Produtos de Combustão. 921–25
5.4 Fluxos de Fluidos. 921–26
5.5 Transferência de calor. 921–26
5.6 Carga de Combustível, Pacotes de Combustível e Propriedades das Chamas. 921–30
5.7 Ignição. 921–37
5.8 Propagação da Chama. 921–42
5.9 Propagação do Fogo em um Compartimento. 921–45
5.10 Desenvolvimento do Fogo do Compartimento. 921–45
5.11 Propagação do Fogo entre Compartimentos. 921–50
5.12 Caminhos de Propagação de Fumaça em Edifícios. 921–50

Capítulo 6 Fogo Efeitos e fogo Padrões 921–50
6.1 Introdução. 921–50
6.2 Observações 921–51
6.3 Análise das Observações. 921–52
6.4 Análise do Padrão de Incêndio. 921–87

Capítulo 7 Sistemas de Construção 921–87
7.1 Introdução. 921–87
7.2 Características do Projeto, Construção e Elementos Estruturais na Avaliação do Desenvolvimento do Fogo. 921–87
7.3 Tipos de Construção. 921–90
7.4 Montagens de Construção. 921–93
7.5 Materiais de Construção. 921–94
7.6 Impacto dos Sistemas Passivos de Proteção Contra Incêndio na Investigação. 921–95
7.7 Parâmetros de Projeto e Instalação do Sistema. 921–95
7.8 Documentação e Coleta de Dados. 921–95
7.9 Análise. 921–96
7.10 Sistemas de Aquecimento. 921–97

Capítulo 8 Sistemas Ativos de Proteção Contra Incêndio 921–101
8.1 Introdução. 921–101
8.2 Documentação de Sistemas de Proteção Contra Incêndio. 921–101
8.3 Sistemas de Alarme de Incêndio. 921–102
8.4 Sistemas de Supressão de Incêndio à Base de Água. 921–108
8.5 Sistemas de Supressão de Incêndios Não Baseados em Água. 921–114
8.6 Questões de Espoliação. 921–119

Capítulo 9 Eletricidade e Fogo 921–120
9.1 Introdução. 921–120
9.2 Eletricidade Básica. 921–120
9.3 Construindo Sistemas Elétricos. 921–125
9.4 Equipamento de Serviço. 921–126
9.5 Aterramento. 921–126
9.6 Proteção de Sobrecorrente. 921–127
9.7 Circuitos de Ramificação. 921–131
9.8 Tomadas e Dispositivos. 921–132
9.9 Ignição por Energia Elétrica. 921–133
9.10 Interpretando Danos a Sistemas Elétricos. 921–135
9.11 Identificação do Arco de Fusão de Condutores Elétricos. 921–142
9.12 Eletricidade Estática. 921–144
9.13 Baterias de íon de lítio. 921–147

Capítulo 10 Construir Sistemas de Gás Combustível 921–148
10.1 Introdução. Gases 921–148
10.2 Combustíveis. Sistemas de 921–148
10.3 Gás Natural. Sistemas de Gás 921–149
10,4 LP. Componentes Comuns do 921–149
10,5 Sistema de Gás Combustível. Tubulações Comuns em 921–151
10,6 Edifícios. Aparelho e Equipamento Comum 921–151
10,7 Requisitos. Equipamento 921–152
10,8 Comum de Utilização de Gás Combustível. Investigando 921–152
10,9 Incidentes em Sistemas de Gás Combustível. 921–153

Capítulo 11 Comportamento Humano Relacionado ao Fogo 921–158
11.1 Introdução. 921–158
11.2 História da Pesquisa. 921–158
11.3 Considerações Gerais de Respostas Humanas a Incêndios. 921–158
11.4 Fatores Relacionados ao Início do Incêndio. 921–160
11,5 Comportamento de atear fogo em jovens 921–161
11.6 Incêndios Incendiários. 921–162
11.7 Fatores Humanos Relacionados à Propagação do Fogo. 921–162
11.8 Reconhecimento e Resposta a Incêndios. 921–162

Capítulo 12 Considerações Legais 921–163
12.1 Introdução. 921–163
12.2 Considerações Constitucionais. 921–163
12.3 Considerações Legais Durante a Investigação. 921–163
12.4 Considerações Legais Pré-Julgamento. 921–166
12.5 Ensaios. 921–167

Capítulo 13 Segurança 921–171
13.1 Geral. 921–171
13.2 Segurança Geral do Local de Incêndio. 921–172
13.3 Riscos de Cena de Incêndio. 921–173
13.4 Planos de Segurança. 921–176
13.5 Exposição a Produtos Químicos e Contaminantes. 921–177
13.6 Equipamento de Proteção Individual (EPI). 921–178
13.7 Planos de Ação de Emergência. 921–180
13.8 Atividades de segurança pós-cena. 921–180
13.9 Segurança em Atividades de Investigação Fora do Local. 921–180
13.10 Perigos Especiais. 921–181

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Capítulo 14 Fontes de Informação **921–**181
14.1 Geral. **921–**181
14.2 Considerações Legais. **921–**181
14.3 Padrões ASTM para Coleta, Preservação e Avaliação de Dados. **921–**182
14.4 Formas de Informação. **921–**182
14,5 Fontes de dados fora da cena **921–**182
14.6 Fontes Privadas de Informação. **921–**189

Capítulo 15 Planejando a Investigação **921–**190
15.1 Introdução. **921–**190
15.2 Informações Básicas do Incidente. **921–**190
15.3 Organização das Funções de Investigação. **921–**191
15.4 Reunião da Equipe de Pré-Investigação. **921–**191
15.5 Pessoal Especializado e Consultores Técnicos. **921–**192
15.6 Gestão de Casos. **921–**193

Capítulo 16 Documentação da Investigação **921–**193
16.1 Introdução. **921–**193
16.2 Fotografia. **921–**193
16.3 Anotações. **921–**200
16.4 Diagramas e Desenhos. **921–**201
16.5 Relatórios. **921–**207

Capítulo 17 Evidência Física **921–**207
17.1 Geral. **921–**207
17.2 Evidência Física. **921–**207
17.3 Preservação do Local do Incêndio e Evidências Físicas. **921–**207
17.4 Contaminação de Evidência Física. **921–**209
17.5 Métodos de Coleta. **921–**210
17.6 Recipientes de Evidência. **921–**212
17.7 Introdução às Equipes de Manipuladores Caninos. **921–**213
17.8 Identificação de Evidência Física. **921–**215
17.9 Transporte e Armazenamento de Evidência Física. **921–**215
17.10 Cadeia de Custódia de Evidência Física. **921–**216
17.11 Exame e Teste de Evidência Física. **921–**216
17.12 Disposição de Provas. **921–**220

Capítulo 18 Determinação de Origem **921–**220
18.1 Introdução. **921–**220
18.2 Metodologia Geral. **921–**220
18.3 Coleta de Dados para Determinação de Origem. **921–**221
18.4 Analisar os Dados. **921–**226
18.5 Desenvolvimento de Hipóteses de Origem. **921–**229
18.6 Testando uma Hipótese de Origem para Validade. **921–**229
18.7 Selecionando a Hipótese Final. **921–**230
18.8 Origem Insuficientemente Definida. **921–**230

Capítulo 19 Determinação da Causa do Incêndio **921–**231
19.1 Introdução. **921–**231
19.2 Metodologia Geral. **921–**231
19.3 Coleta de Dados para Determinação da Causa do Incêndio. . **921–**232
19.4 Analisar os Dados. **921–**233
19.5 Causa em Desenvolvimento Hipóteses **921–**234
19.6 Testando a Hipótese da Causa para validade **921–**234
19.7 Selecionando a Hipótese Final. **921–**235
19.8 Classificação do Incidente. **921–**236

Capítulo 20 Analisando o Incidente por Causa e Responsabilidade **921–**236
20.1 Em geral. ..... A **921–**236
20.2 Causa do Incêndio ou Explosão. ..... A Causa dos **921–**236
20,3 Danos à Propriedade Resultantes do Incidente. ..... A causa de **921–**236
20,4 Lesão corporal ou perda de vida. **921–**237
20,5 Determinando Responsabilidade. **921–**237

Capítulo 21 Análise de Falhas e Ferramentas Analíticas **921–**238
21.1 Introdução. **921–**238
21.2 Cronogramas. **921–**238
21.3 Análise de Sistemas. **921–**239
21.4 Modelagem Matemática. **921–**242
21.5 Teste de Incêndio. **921–**246
21.6 Dados Necessários para Modelagem e Teste. **921–**247

Capítulo 22 Explosões **921–**247
22.1 Geral. **921–**247
22.2 Tipos de Explosões. **921–**247
22.3 Caracterização de Danos de Explosão. **921–**249
22.4 Efeitos de Explosões. **921–**250
22.5 Fatores que controlam os efeitos da explosão. **921–**253
22.6 Explosões sentadas. **921–**254
22.7 Explosões não assentadas. **921–**255
22.8 Explosões de Combustão de Gás/Vapor. **921–**255
22.9 Explosões de Poeira. **921–**260
22.10 Backdraft (Explosões de Fumaça). **921–**262
22.11 Não confinado Explosões de nuvens de vapor. **921–**262
22.12 Explosivos. **921–**262
22.13 Investigação de Incidentes Explosivos. **921–**263
22.14 Investigando a Cena da Explosão. **921–**263
22.15 Analisar Origem (Epicentro). **921–**269
22.16 Analisar a Fonte de Combustível. **921–**269
22.17 Analisar a Fonte de Ignição. **921–**270
22.18 Analisar para Estabelecer Causa. **921–**270

Capítulo 23 Incêndios Incendiários **921–**271
23.1 Introdução. **921–**271
23.2 Indicadores de Incêndio Incendiário. **921–**271
23.3 Indicadores de Potencial Não Diretamente Relacionados à Combustão. **921–**273
23.4 Outros Fatores Probatórios. **921–**274

Capítulo 24 Mortes e Lesões por Incêndio e Explosão **921–**277
24.1 Geral. **921–**277
24.2 Mecanismos de Morte e Lesões. **921–**277
24.3 Consumo do Corpo pelo Fogo. **921–**281
24.4 Alterações Postmortem. **921–**281
24.5 Investigando Cenas de Incêndio com Fatalidades. **921–**282
24.6 Investigando Cenas de Incêndio com Ferimentos. **921–**284
24.7 Mortes e Lesões por Explosão. **921–**284
24.8 Investigação de Lesões Pós-Cena. **921–**284
24.9 Exame Patológico e Toxicológico de Morte por Incêndio. **921–**286
24.10 Análise de Dados. **921–**289

Capítulo 25 Aparelhos **921–**291
25.1 Escopo. **921–**291
25.2 Gravação de Cena do Aparelho. **921–**291
25.3 Análise de Origem Envolvendo Dispositivos. **921–**292
25.4 Análise de Causa Envolvendo Dispositivos. **921–**293
25.5 Componentes do Aparelho. **921–**295
25.6 Aparelhos Residenciais Comuns. **921–**302

Capítulo 26 Incêndios em Veículos Motorizados **921–**304
26.1 Introdução. **921–**304
26.2 Segurança da Investigação do Veículo. **921–**305
26.3 Combustíveis em Incêndios em Veículos. **921–**305
26.4 Fontes de ignição. **921–**308
26.5 Identificação e Função do Sistema. **921–**310
26.6 Sistemas Corporais. **921–**315
26.7 Cenas de Incêndio em Veículos Motorizados. **921–**315
26.8 Exames de Veículos Automotores. **921–**317
26.9 Queimaduras Totais. **921–**320
26.10 Considerações Especiais para Incêndios em Veículos Incendiários. **921–**321
26.11 Componentes de ignição do veículo. **921–**321

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

26.12 Veículos em Estruturas. **921–**324
26.13 Veículos recreativos. **921–**324
26.14 Equipamento Pesado. **921–**328
26.15 Introdução de Equipamentos e Implementos Agrícolas. **921–**329
26.16 Veículos Híbridos. **921–**335
26.17 Considerações de Reboque. **921–**335
26.18 Veículos movidos a hidrogênio. **921–**336

Capítulo 27 Investigações de Incêndios Florestais..... **921–**336
27.1 Introdução. **921–**336
27.2 Combustíveis para Incêndios Florestais. **921–**336
27.3 Clima. **921–**338
27.4 Topografia. **921–**339
27.5 Forma de Fogo. **921–**339
27.6 Indicadores. **921–**340
27.7 Investigação de Origem. **921–**345
27.8 Determinação da Causa do Incêndio. **921–**348
27.9 Evidência. **921–**349
27.10 Considerações Especiais de Segurança. **921–**349
27.11 Fontes de Informação. **921–**350

Capítulo 28 Gerenciamento de Investigações Complexas... **921–**350
28.1 Escopo. **921–**350
28.2 Informações e Documentos Básicos. **921–**351
28.3 Comunicações entre as partes interessadas. **921–**351
28.4 Entendimentos e Acordos. **921–**352
28.5 Gestão da Investigação. **921–**352
28.6 Evidência. **921–**354
28.7 Logística. **921–**354
28.8 Segurança do Local e Cena. **921–**355

Capítulo 29 Investigações de Incêndio Marinho..... **921–**355
29.1 Introdução. **921–**355
29.2 Terminologia de lanchas e veleiros. **921–**355
29.3 Segurança da Investigação do Barco. **921–**356
29.4 Identificação e Função do Sistema. **921–**358
29.5 Exterior. **921–**360
29.6 Interior. **921–**360
29.7 Sistemas de Propulsão. **921–**361
29.8 Fontes de ignição. **921–**362
29.9 Documentando Cenas de Incêndio em Barcos. **921–**364
29.10 Exame do Barco. **921–**366
29.11 Barcos em Estruturas. **921–**367
29.12 Considerações Legais. **921–**367

Anexo A **Material explicativo**..... **921–**367

Anexo B **Bibliografia**..... **921–**412

Anexo C **Referências informativas**..... **921–**414

Anexo D **Créditos da fotografia**..... **921–**421

Índice **921–**423

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

NFPA 921

Guide for

Fire and Explosion Investigations

2021 Edition

NOTA IMPORTANTE: Este documento da NFPA é disponibilizado para uso sujeito a avisos importantes e isenções legais. Esses avisos e isenções de responsabilidade aparecem em todas as publicações que contêm este documento e podem ser encontrados sob o título "Avisos importantes e isenções de responsabilidade sobre os padrões da NFPA". Eles também podem ser vistos em www.nfpa.org/disclaimers ou obtidos a pedido da NFPA.

ATUALIZAÇÕES, ALERTAS E FUTURAS EDIÇÕES: Novas edições de códigos, normas, práticas recomendadas e guias da NFPA (ou seja, Normas da NFPA) são lançadas em ciclos de revisão programados. Esta edição pode ser substituída por uma posterior, ou pode ser alterada fora de seu ciclo de revisão programado através da emissão de Emendas Provisórias Provisórias (TIAs). Um Padrão oficial da NFPA em qualquer momento consiste na edição atual do documento, juntamente com todos os TIAs e Errata em vigor. Para verificar se este documento é a edição atual ou para determinar se foi alterado por TIAs ou Errata, consulte os Códigos Nacionais de Incêndio® Serviço de Assinatura ou a "Lista de Códigos e Padrões da NFPA" em www.nfpa.org/docinfo. Além de TIAs e Errata, as páginas de informações de documentos também incluem a opção de se inscrever em alertas para documentos individuais e se envolver no desenvolvimento da próxima edição.

AVISO: Um asterisco (*) após o número ou letra que designa um parágrafo indica que o material explicativo sobre o parágrafo pode ser encontrado no Anexo A.

Uma referência entre colchetes [ ] após uma seção ou parágrafo indica material que foi extraído de outro documento da NFPA. O texto extraído pode ser editado para consistência e estilo e pode incluir a revisão de referências de parágrafos internos e outras referências conforme apropriado. Solicitações de interpretação ou revisão do texto extraído devem ser encaminhadas ao comitê técnico responsável pelo documento fonte.

Informações sobre publicações referenciadas e extraídas podem ser encontradas no Capítulo 2 e Anexo C.

Capítulo 1 Administração

1.1 Escopo. Este documento destina-se a auxiliar os indivíduos encarregados da responsabilidade de investigar e analisar incidentes de incêndio e explosão e emitir opiniões sobre a origem, causa, responsabilidade ou prevenção de tais incidentes e os danos e lesões decorrentes de tais incidentes.

1.1.1 O preenchimento de relatórios para o Sistema Nacional de Relatórios de Incidentes de Incêndio dos Estados Unidos (NFIRS) está fora do escopo deste guia.

1.1.2 Este guia considera os relatórios NFIRS como relatórios de incidentes e não como relatórios de investigação. As informações contidas em um relatório NFIRS geralmente devem ser consideradas como o relatório preliminar do corpo de bombeiros sobre qualquer incidente de incêndio ou explosão. Um relatório NFIRS não deve ser usado como um relatório de investigação de incêndio.

1.2 Purpose.

1.2.1 The purpose of this document is to establish guidelines and recommendations for the safe and systematic investigation or analysis of fire and explosion incidents. Fire investigation or analysis and the accurate listing of causes are fundamental to the protection of lives and property from the threat of hostile fire or explosions. It is through an efficient and accurate deter- mination of the cause and responsibility that future fire inci- dents can be avoided. This document has been developed as a model for the advancement and practice of fire and explosion investigation, fire science, technology, and methodology.

1.2.2 A determinação adequada da origem e causa do incêndio, bem como a causa e responsabilidade por danos materiais, ferimentos ou mortes, também é essencial para a compilação significativa de estatísticas de incêndio. Estatísticas precisas fazem parte da base dos códigos, padrões e treinamento de prevenção de incêndio.

1.3 Aplicação. Este documento foi elaborado para produzir uma estrutura ou esquema de trabalho sistemático pelo qual a investigação eficaz de incêndio e explosão e a análise de origem e causa possam ser realizadas. Contém procedimentos específicos para auxiliar na investigação de incêndios e explosões. Esses procedimentos representam o julgamento desenvolvido a partir do sistema de processo de consenso da NFPA que, se seguido, pode melhorar a probabilidade de se chegar a conclusões sólidas. Desvios desses procedimentos, no entanto, não são necessariamente errados ou inferiores, mas precisam ser justificados.

1.3.1 O leitor deve notar que freqüentemente a frase *investigação de incêndio* é usado neste documento quando o contexto indica que o texto relevante se refere à investigação de incêndios e explosões.

1.3.2 Como cada incidente de incêndio e explosão é de alguma forma único e diferente de qualquer outro, este documento não foi elaborado para abranger todos os componentes necessários para uma investigação ou análise completa de qualquer caso. O método científico, no entanto, deve ser aplicado em todas as instâncias.

1.3.3 Nem todas as partes deste documento podem ser aplicáveis a todos os incidentes de incêndio ou explosão. Cabe aos investigadores (dependendo de sua responsabilidade, bem como do propósito e escopo de sua investigação) aplicar os procedimentos apropriados recomendados neste guia a um incidente específico.

1.3.4 Além disso, reconhece-se que a extensão da atribuição do investigador de incêndio, limitações de tempo e recursos ou políticas existentes podem limitar o grau em que as recomendações ou técnicas deste documento serão aplicadas em uma determinada investigação.

Δ **1.3.5** Este documento não pretende ser um documento abrangente texto científico ou de engenharia. Embora muitos conceitos científicos e de engenharia sejam apresentados no texto, o usuário é avisado de que recursos técnicos adicionais, treinamento e educação podem muitas vezes precisar ser utilizados em uma investigação.

1.4 Unidades de Medida. As unidades métricas de medida neste guia estão de acordo com o sistema métrico modernizado conhecido como Sistema Internacional de Unidades (SI). A unidade de litro está fora, mas reconhecida pelo SI e é comumente usada na proteção internacional contra incêndio. Essas unidades estão listadas na Tabela 1.4.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Tabela 1.4 Unidades do SI e unidades usuais equivalentes dos EUA

SI	NÓS
Distância	
1 cm	0,394 pol.
2,54 centímetros	1 pol.
1m	3,28 pés
0,305 m	1 pé
Área	
1 cm^2	0,155 $pol.^2$
6,45 $centímetros^2$	1 $pol.^2$
1m^2	10,8 $pés^2$
0,093 m^2	1 $pé^2$
Volume	
1 cm^3	0,34 onças fluidas
29,6 $centímetros^3$	1 onça fluida dos EUA
1L	1,06 US qt
0,95 litros	1 quarto americano
1m^3	35,3 $pés^3$
0,028 m^3	1 $pé^3$
Massa	
1g	0,353 onças.
28,25g	1 onças.
1 kg	2,20 libras
0,454kg	1 libra
Densidade	
1g/cm^3	8,35 lb/US gal
0,12 $centímetros^3$	1 lb/US gal
1kg/m^3	0,063 $lb/pé^3$
Fluxo	
1 L/s	15,9 US gal/min
0,063 L/s	1 galão americano/min
Pressão	
1 bar (750 mmHg)	14,5 lb/pol^2
0,069 bar	1 $libra/pol.^2$(coluna de água de 27,7 pol.)
1 kPa	0,145 lb/pol^2
Energia	
1J	$9,48 \times 10^{-4}$Btu 1
1055J	Btu
1 kJ	0,948 Btu
Poder	
1 kW	0,952 Btu/s
1,06 kW	1 Btu/s

Nota: A conversão de um sistema de medição para outro geralmente introduz algarismos significativos adicionais a um valor. Os valores convertidos devem ser arredondados, de modo que não incluam algarismos mais significativos do que os valores originais medidos ou relatados.

Δ **1.5 Incerteza de Medição.**As medidas precisão e exatidão do relatadas neste guia podem ser relativamente Alto, como medições de densidade de substâncias puras, ou mais variáveis, como temperaturas de gás, taxas de liberação de calor ou tempos de eventos em incêndios de teste. Portanto, todas as medidas ou fatores relatados nas equações devem ser avaliados para avaliar se o nível de precisão e precisão expressa é apropriada ou amplamente aplicável.

Capítulo 2 Publicações Referenciadas

2.1 Geral. Os documentos ou partes deles listados neste capítulo são referenciados neste guia e devem ser considerados parte das recomendações deste documento.

Δ **2.2 Publicações da NFPA.**National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02169-7471.

NFPA 13,*Norma para a Instalação de Sistemas de Sprinklers,* edição 2019.

NFPA 13D,*Norma para a instalação de sistemas de sprinklers em residências unifamiliares e residenciais e casas pré-fabricadas,*edição 2019.

NFPA 13R,*Norma para a Instalação de Sistemas de Sprinklers em Ocupações Residenciais Baixas,*edição 2019.

NFPA 30,*Código de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis,*edição 2018.

NFPA 33,*Padrão para Aplicação por Pulverização Usando Materiais Inflamáveis ou Combustíveis,*edição 2018.

NFPA 45,*Norma sobre proteção contra incêndio para laboratórios usando produtos químicos,*edição 2019.

NFPA 54,*Código Nacional de Gás Combustível,*edição 2018. NFPA 58,*Código do Gás Liquefeito de Petróleo,*edição 2017.

NFPA 68,*Norma sobre proteção contra explosão por ventilação de deflagração,*edição 2018.

*NFPA 70®,Código Elétrico Nacional®,*edição 2017.

NFPA 72®,Código Nacional de Alarme e Sinalização de Incêndio®, edição 2019.

NFPA 77,*Prática Recomendada em Eletricidade Estática,*edição 2019.

NFPA*101®,Código de Segurança da Vida®,*edição 2018.

NFPA 170,*Norma para Símbolos de Segurança e Emergência contra Incêndios,* edição 2018.

NFPA 211,*Padrão para chaminés, lareiras, aberturas e aparelhos de queima de combustível sólido,*edição 2019.

NFPA 220,*Norma sobre Tipos de Construção de Edifícios,*edição 2018.

NFPA 260,*Métodos Padrão de Ensaios e Sistema de Classificação para Resistência à Ignição de Cigarros de Componentes de Móveis Estofados,* edição 2019.

NFPA 261,*Método padrão de teste para determinar a resistência de conjuntos de materiais de móveis estofados de maquete à ignição por cigarros fumegantes,*edição 2018.

NFPA 302,*Norma de proteção contra incêndio para embarcações de recreio e comerciais,*edição 2015.

NFPA 303,*Norma de Proteção Contra Incêndio para Marinas e Estaleiros,* edição 2016.

NFPA 350,*Guia para entrada e trabalho seguro em espaços confinados,* edição 2016.

NFPA 400,*Código de Materiais Perigosos,*edição 2019. NFPA 501,*Padrão na carcaça fabricada,*edição 2017.

NFPA 654,*Norma para a Prevenção de Incêndios e Explosões de Poeira na Fabricação, Processamento e Manuseio de Sólidos Particulados Combustíveis,*edição 2017.

NFPA 780,*Norma para a instalação de sistemas de proteção contra raios,*edição 2017.

NFPA 1033,*Norma para Qualificações Profissionais para Investigador de Incêndios,*edição 2014.

NFPA 1041,*Norma para Qualificações Profissionais de Instrutor de Serviços de Emergência e Incêndio,*edição 2019.

NFPA 1192,*Norma sobre Veículos Recreativos,*edição 2018.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

NFPA 1194, *Norma para Parques de Veículos Recreativos e Acampamentos*, edição 2018.

NFPA 1403, *Padrão sobre evoluções de treinamento de tiro ao vivo*, edição 2018.

NFPA 1404, *Norma para Treinamento de Proteção Respiratória do Serviço de Incêndio*, edição 2018.

NFPA 1500™, *Norma sobre o Programa de Segurança, Saúde e Bem-Estar do Corpo de Bombeiros*, edição 2018.

NFPA 1852, *Norma sobre Seleção, Cuidados e Manutenção de Aparelhos Respiratórios Autônomos de Circuito Aberto (SCBA)*, edição 2019.

NFPA 1971, *Norma sobre Conjuntos de Proteção para Combate a Incêndio Estrutural e Combate a Incêndio de Proximidade*, edição 2018.

NFPA 1977, *Norma sobre Vestuário e Equipamento de Proteção para Combate a Incêndios Florestais*, edição 2016.

NFPA 1981, *Norma sobre Aparelho Respiratório Autônomo de Circuito Aberto (SCBA) para Serviços de Emergência*, edição 2019.

NFPA 2001, *Norma em Sistemas de Extinção de Incêndio com Agente Limpo*, edição 2018.

Manual de proteção contra incêndio, 15º(1981), 17ª (1991), 18ª (1997), 19ª (2003) e 20ª (2008) edição.

Guia de proteção contra incêndio para materiais perigosos, edição 2010.

Manual do Código Nacional de Gás Combustível, edição 2018.

2.3 Outras Publicações.

2.3.1 Publicações ABYC. American Boat and Yacht Council, 613 Third Street, Suite 10, Annapolis, MD 21403.

ABYC A-3, *Fogões de cozinha*, 2013.

ABYC A-7, *Sistemas de aquecimento de barcos com combustível líquido e sólido*, 2014. ABYC A-26, *Aparelhos movidos a GLP e GNV*, 2012.

ABYC A-30, *Aparelhos de Cozinhar com Cilindros de GLP Integrais*, 2013, RFI.

ABYC E-11, *Sistemas elétricos CA e CC em barcos*, 2012, RFI. ABYC H-24.13, *Sistemas de Combustível a Gasolina*, 2012.

ABYC H-32, *Ventilação de Barcos Usando Combustível Diesel*, 2013 reafirmado.

ABYC P-1, *Instalação de Sistemas de Exaustão para Motores de Propulsão e Auxiliares*, 2014.

2.3.2 Publicações ANSI. American National Standards Institute, Inc., 25 West 43rd Street, 4th Floor, Nova York, NY 10036.

ANSI Z400.1/Z129.1, *Produtos Químicos Perigosos no Local de Trabalho - Avaliação de Perigos e Ficha de Dados de Segurança e Rotulagem de Precaução*, 2010.

ANSI Z400.1, *Fichas de Dados de Segurança do Material - Preparação*, 1998.

ANSI Z535.1, *Cores de segurança*, 2006, reaprovado em 2011. ANSI Z535.2, *Sinais de Segurança Ambiental e das Instalações*, 2011. ANSI Z535.3, *Critérios para Símbolos de Segurança*, 2011. ANSI Z535.4, *Sinais e etiquetas de segurança do produto*, 2011.

ANSI Z535.5, *Etiquetas de segurança e fitas de barreira (para riscos temporários)*, 2011.

Δ **2.3.3 Publicações da API.** American Petroleum Institute, 1220 L Street, NW, Washington, DC 20005-4070.

API RP 2216, *Risco de ignição de vapores de hidrocarbonetos por superfícies quentes ao ar livre*, 3ª edição, 2003, reafirmada 2010.

2.3.4 Publicações ASME. Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos, Two Park Avenue, Nova York, NY 10016-5990.

Código de Caldeiras e Vasos de Pressão, 2013.

2.3.5 Publicações ASTM. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959.

ASTM D56, *Método de teste padrão para ponto de fulgor por testador de tags fechadas*, 2016a.

ASTM D86, *Método de Teste Padrão para Destilação de Petróleo*, 2017.

ASTM D92, *Método de teste padrão para pontos de fulgor e fogo pelo Cleveland Open Cup Tester*, 2018.

ASTM D93, *Método de teste padrão para ponto de fulgor pelo testador de copo fechado da Pensky-Martens*, 2016a.

ASTM D1230, *Método de teste padrão para inflamabilidade de têxteis de vestuário*, 2017.

ASTM D1265, *Prática Padrão para Amostragem de Gases de Petróleo Liquefeito (LP), Método Manual*, 2011 (2017)e1.

ASTM D1310, *Método de teste padrão para ponto de fulgor e ponto de fogo de líquidos por aparelho de copo aberto de etiqueta*, 2014.

ASTM D1929, *Método de teste padrão para determinar a temperatura de ignição de plásticos*, 2016.

ASTM D2859, *Método de teste padrão para inflamabilidade de materiais de revestimento de piso têxtil acabado*, 2016.

ASTM D2887, *Método de teste padrão para distribuição de faixa de ebulição de frações de petróleo por cromatografia gasosa*, 2016a.

ASTM D3065, *Métodos de teste padrão para inflamabilidade de produtos aerossóis*, 2001 (2013).

ASTM D3828, *Métodos de teste padrão para ponto de fulgor por testador fechado de pequena escala*, 2016a.

ASTM D4809, *Método de Teste Padrão para Calor de Combustão de Combustíveis de Hidrocarbonetos Líquidos por Calorímetro de Bomba (Método de Precisão)*, 2013.

ASTM D5305, *Método de teste padrão para determinação de etil mercaptano em vapor de gás LP*, 2018.

ASTM E84, *Método de teste padrão para características de queima de superfície de materiais de construção*, 2018.

ASTM E108, *Método de teste padrão para testes de fogo de coberturas de telhado*, 2017.

ASTM E119, *Métodos padrão para testes de fogo de construção e materiais de construção*, 2018.

ASTM E582, *Método de teste padrão para energia mínima de ignição e distância de têmpera em misturas gasosas*, 2007 (2013)e1.

ASTM E603, *Guia Padrão para Experimentos de Incêndio em Sala*, 2017.

ASTM E648, *Método de teste padrão para fluxo radiante crítico de sistemas de revestimento de piso usando uma fonte de energia de calor radiante*, 2017a.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

ASTM E659, *Método de teste padrão para temperatura de autoignição de produtos químicos líquidos*, 2015.

ASTM E678, *Prática Padrão para Avaliação de Dados Científicos ou Técnicos*, 2007 (2013).

ASTM E681, *Método de teste padrão para limites de concentração de inflamabilidade de produtos químicos (vapores e gases)*, 2009 (2015).

ASTM E800, *Guia Padrão para Medição de Gases Presentes ou Gerados Durante Incêndios*, 2014.

ASTM E860, *Prática padrão para examinar e preparar itens que estão ou podem se envolver em litígios criminais ou civis*, 2007 (2013)e2.

ASTM E906/E906M, *Método de teste padrão para taxas de liberação de calor e fumaça visível para materiais e produtos usando um método de termopilha*, 2017.

ASTM E1188, *Prática Padrão para Coleta e Preservação de Informações e Itens Físicos por um Investigador Técnico*, 2011 (2017).

ASTM E1226, *Método de teste padrão para explosibilidade de nuvens de poeira*, 2012a.

ASTM E1354, *Método de teste padrão para taxas de liberação de calor e fumaça visível para materiais e produtos usando um calorímetro de consumo de oxigênio*, 2017.

ASTM E1355, *Guia Padrão para Avaliação da Capacidade Preditiva de Modelos Determinísticos de Incêndio*, 2012.

ASTM E1459, *Guia Padrão para Rotulagem de Evidência Física e Documentação Relacionada*, 2013.

ASTM E1491, *Método de teste padrão para temperatura mínima de autoignição de nuvens de poeira*, 2006 (2012).

ASTM E1492, *Prática padrão para receber, documentar, armazenar e recuperar evidências em um laboratório de ciência forense*, 2011 (2017).

ASTM E1515, *Método de Teste Padrão para Concentração Mínima Explosiva de Poeiras Combustíveis*, 2014.

ASTM E1618, *Método de teste padrão para resíduos líquidos inflamáveis em extratos de amostras de detritos de fogo por cromatografia gasosa-espectrometria de massa*, 2014.

ASTM E2019, *Método de teste padrão para energia de ignição mínima de uma nuvem de poeira no ar*, 2003 (2013).

ASTM E2021, *Método de teste padrão para temperatura de ignição de superfície quente de camadas de poeira*, 2015.

ASTM E2067, *Prática padrão para testes de fogo de calorimetria de consumo de oxigênio em escala real*, 2015.

ASTM E2965, *Método de teste padrão para determinação de níveis baixos de taxa de liberação de calor para materiais e produtos usando um calorímetro de consumo de oxigênio*, 2017.

Δ **2.3.6 Publicações FM.** FM Global, 270 Central Avenue, PO Box 7500, Johnston, RI 02919.

Manual do sistema de sinalização e etiqueta de segurança do produto FMC, 1985.

2.3.7 Especificações Militares. Ponto de Estoque Único do Departamento de Defesa, Serviço de Automação e Produção de Documentos, Edifício 4/D, 700 Robbins Avenue, Filadélfia, PA 19111-5094.

MIL-STD-202G, *Método de teste para peças de componentes eletrônicos e elétricos*, (w. Alteração 2) 2013.

Δ **2.3.8 Publicações SAE.** SAE International, Society of Automotive Engineers, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001.

SAE J1928, *Dispositivos que fornecem controle de chama de retorno para motores a gasolina em aplicações marítimas*, 2018.

SAE J2578, *Prática Recomendada para Segurança Geral de Veículos com Células de Combustível*, 2014.

N **2.3.9 Publicações do SFPE.** Society of Fire Protection Engineers, 9711 Washingtonian Blvd, Suite 380. Gaithersburg, MD 20878.

Babrauskas, V., "Taxas de Liberação de Calor", *SFPE Manual de Engenharia de Proteção contra Incêndios*, 2016.

Beyler, C., "Limites de inflamabilidade de chamas pré-misturadas e de difusão", *SFPE Manual de Proteção contra Incêndios*, 2016.

Beyler, C., e MM Hirschler, "Thermal Decomposition of Polymers", *SFPE Manual de Engenheiros de Proteção contra Incêndios*, 2002.

Guia de engenharia: Diretrizes para fundamentar um modelo de incêndio para uma determinada aplicação, 2011.

Guia de Engenharia: Previsão de queimaduras na pele de 1º e 2º graus por radiação térmica, 2000.

Gottuck, DT e DA White, "Incêndios de Combustível Líquido", *SFPE Manual de Engenharia de Proteção contra Incêndios,* 2016.

Lattimer, B. "Fluxos de Calor de Incêndios para Superfícies", *SFPE Manual de Engenharia de Proteção contra Incêndios,* 2016.

Guia SFPE para Comportamento Humano em Incêndios, 2003. *SFPE Manual de Engenharia de Proteção contra Incêndios,* 2016.

Δ **2.3.10 Publicações UL.** Underwriters Laboratories Inc., 333 Pfingsten Road, Northbrook, IL 60062-2096.

UL 263, *Testes de segurança contra incêndio de construção e materiais de construção,* 2011, revisto em 2015.

UL 300, *Teste de Incêndio de Sistemas de Extinção de Incêndio para Proteção de Equipamentos de Cozinha Comercial*, 2019.

UL 969, *Sistemas de marcação e rotulagem*, 2017.

UL 1500, *Teste de proteção de ignição de segurança para produtos marítimos*, 3ª edição, 1997, revisada em 2007.

2.3.11 Publicação da USFA. US Fire Administration, 16825 South Seton Avenue, Emmitsburg, MD 21727.

"Comportamento Humano Relacionado ao Fogo", 1994.

"Padrões Mínimos sobre Roupas e Equipamentos de Proteção Estrutural para Combate a Incêndios", 1992.

Δ **2.3.12 Publicações do Governo dos EUA.** Escritório de Publicação do Governo dos EUA, 732 North Capitol Street, NW, Washington, DC 20401-0001.

"Lei de Segurança do Consumidor" (15 USC, Seções 2051–2084 e Título 16, Código de Regulamentos Federais, Parte 1000).

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

"Lei Federal de Alimentos, Medicamentos e Cosméticos" [15 USC, Seção 321 (m), e Título 21, Código de Regulamentos Federais, Parte 600].

"Lei de Tecidos Inflamáveis" (15 USC, Seções 1191–1204 e Título 16, Código de Regulamentos Federais, Partes 1615, 1616 e 1630–1632.

Lei de Substâncias Perigosas (15 USC, Seção 1261 e seguintes, e Título 16, Código de Regulamentos Federais, Parte 1500).

Guia de bolso do NIOSH para perigos químicos, 2010.

Regulamentos da OSHA (Título 29, Código de Regulamentos Federais, Parte 1910).

Título 16, Código de Regulamentos Federais, Parte 1610, "Padrão para a Inflamabilidade de Têxteis de Vestuário".

Título 16, Código de Regulamentos Federais, Parte 1630, "Padrão para a inflamabilidade da superfície de carpetes e tapetes".

Título 24, Código de Regulamentos Federais, Parte 3280, "Padrões de Segurança e Construção de Casas Fabricadas (Padrão HUD)".

Título 29, Código de Regulamentos Federais, Parte 1910, "Padrão Federal de Comunicação de Riscos".

Título 33, Código de Regulamentos Federais, Parte 173, "Numeração de Embarcações e Relatório de Vítimas e Acidentes".

Título 33, Código de Regulamentos Federais, Parte 181, "Requisitos do Fabricante".

Título 33, Código de Regulamentos Federais, Parte 183, "Barcos e Equipamentos Associados".

Título 46, Código de Regulamentos Federais, Capítulo 1, subcapítulo C, "Remessa".

Título 49, Código de Regulamentos Federais, Parte 173, "Requisitos Gerais para Remessas e Embalagens".

Título 49, Código de Regulamentos Federais, Parte 178, "Especificações do Contêiner de Envio".

Título 49, Código de Regulamentos Federais, Parte 192, "Transporte de Gases Naturais e Outros por Padrões Mínimos de Segurança de Dutos".

Título 49, Código de Regulamentos Federais, Parte 568, "Veículos fabricados em dois ou mais estágios".

Regras Federais de Evidência dos Estados Unidos, conforme alteradas até 2011.

Comitê do Senado dos EUA sobre Operações Governamentais, *Quadro da Organização das Secretarias e Agências Executivas Federais*.

Δ 2.3.13 Outras Publicações.

Arndt, SM, DC Stevens e MW Arndt, "The Motor Vehicle in the Post-Crash Environment, An Understanding of Ignition Properties of Spilled Fuels", SAE 1999-01-0086, International Congress and Exposition, Detroit, MI, 1 a 4 de março de 1999.

Atreya, A., "Crescimento do Fogo em Superfícies Horizontais de Madeira," *Ciência e Tecnologia da Combustão* 39(1-6): agosto de 1984.

Babrauskas, V., e JF Krasny, *Comportamento ao fogo de móveis estofados* (Monografia NBS 173), NISTIR, 1985.

Baumeister, T., EA Avallone e T. Baumeister III. *Manual Padrão de Mark para Engenheiros Mecânicos*, 10ª edição. Nova York, NY: McGraw-Hill, 1996.

Beyler, C. "Limites de inflamabilidade de chamas pré-misturadas e de difusão". Dentro *SFPE Manual de Engenharia de Proteção contra Incêndios*, ed. P. DiNenno. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2002.

Braisie, N. e N. Simpson. "Guia para Estimativa de Danos", *Prevenção de Perda de Explosão*, 1968.

Cole, L. *A Investigação de Incêndios em Veículos Automotores: Um Guia para Policiais, Corpo de Bombeiros e Pessoal de Seguros*, 3ª edição. Lincoln, NE: Lee Books, 1992.

Colwell, JD e A. Reza, "Ignição de Superfície Quente de Fluidos Automotivos e de Aviação", *Tecnologia de Incêndio*, Segundo Trimestre de 2005, pp. 105–123.

Crowl, DA e JF Louvar. *Segurança do Processo Químico: Fundamentos com Aplicações*, 2ª edição. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2001.

Douglas, JE, AW Burgess e RK Ressler. *Manual de Classificação de Crimes*. Nova York, NY: Lexington Books, 1992.

Drysdale, D. *Uma Introdução à Dinâmica do Fogo*. Chichester, Reino Unido: John Wiley and Sons, Terceira edição, 2011.

Drysdale, D. "Dinâmica do Fogo", *Anais da ISFI, Simpósio Internacional sobre Ciência e Tecnologia em Investigação de Incêndios*. Sarasota, FL: Associação Nacional de Investigadores de Incêndio, 2006.

Eckoff, R., *Explosões de poeira nas indústrias de processo*, 3ª edição. Houston, TX: Gulf Professional Publishing, 2003.

Fang, JB e JN Breese, *Desenvolvimento de Incêndios em Salas do Porão*. Gaithersburg, MD: Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia, 1980.

Garner, BA e HC Black. *Dicionário da Lei de Black*, 7ª edição. Saint Paul, MN: West Publishing Company, 1999.

Gieck, K. e R. Gieck. Fórmulas de Engenharia. Nova York, NY: McGraw-Hill, 1997.

Glassman, E., *Combustão*, 3ª ed., Waltham, MA: Academic Press, 1996.

Grant, G. e D. Drysdale. "Modelagem Numérica da Propagação de Chamas Precoces em Incêndios em Armazéns", *Diário de Segurança contra Incêndios* 24(3) (1995): 247-78.

Guia de Plásticos (Manual de Plásticos). Nova York, NY: McGraw-Hill, 1989.

Hagglund, B., e S. Persson, *Um estudo experimental da radiação de chamas de madeira*. Relatório FOA C 4589-D6(A3). Estocolmo, Suécia: Forsvarerts Forskningsanstalt, 1976.

Hagglund, B., e LE Persson, *Radiação de Calor de Incêndios de Petróleo*, National Defense Research Inst., Estocolmo, Suécia, FOA Report C20126-D6(A3).

Hilado, CJ *Manual de inflamabilidade para plásticos*, 4ª edição. Lancaster, PA: Technomic Publishing, 1990.

Código Internacional de Construção, International Code Council, Washington, DC, 2018.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Krasny, J.*Ignição de cigarro de móveis macios - uma revisão de literatura com comentários*. Washington, DC: Center for Fire Research, National Bureau of Standards, junho de 1987.

Kransny, J., W. Parker e V. Babrauskas.*Comportamento ao fogo de móveis estofados e colchões*. Park Ridge, NJ: Noyes Publicações, 2001.

LaPointe, N., C. Adams e J. Washington. "Autoignição de Gasolina em Superfícies Quentes",*Investigador de incêndios e incêndios*, 2005.

Lawson, J.*Uma avaliação das propriedades de fogo de produtos genéricos de placa de gesso*(NBSIR 77-1265). Washington, DC: NIST, Center for Fire Research, 1977.

Lee, BT*Características da taxa de liberação de calor de algumas fontes de combustível combustível em usinas nucleares.*

Leis, F.*Prevenção de Perdas nas Indústrias de Processo*. Boston, MA: Butterworth-Heinemann, 1996.

Lide, DR, ed.*Manual de Química e Física*, 71ª edição. Boca Raton, Flórida: CRC Press, 1990-1991.

McGrattan, K., A. Hamins e D. Stroup.*Sprinkler, Fumo e Ventilação de Calor, Interação da Cortina de Aspiração: Experimentos em Grande Escala e Desenvolvimento de Modelos*. Relatório Técnico NISTIR 6196-1. Gaithersburg, MD: Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia, 1998.

McRae, TG, HC Goldwire, WJ Hogan e DL Morgan. "Efeitos de Explosões de GNL/Água em Grande Escala", Departamento de Energia, 1984.

Dicionário colegiado de Merriam-Webster, 11ª edição, Merriam-Webster, Inc., Springfield, MA, 2003.

Boletim da Associação Nacional de Gás Propano T133.*Purga de Recipientes de Gás LP*. Washington, DC: NPGA, 1989.

NUREG-1805,*Ferramentas de Dinâmica de Fogo (FTDs)*, Comissão Reguladora Nuclear dos EUA, 2004.

NUREG-1824,*Verificação e validação de modelos de incêndio selecionados para aplicações em usinas nucleares*, Comissão Reguladora Nuclear dos EUA, 2010.

Orloff, L., J. DeRis e GH Markstein. "A propagação do fogo turbulento para cima e a queima da superfície do combustível", *Simpósio (Internacional) sobre Combustão*15, nº 1,Pittsburgh, PA: The Combustion Institute, 1975: 183-92.

Saito, K., JG Quintiere e FA Williams. "Expansão de chama turbulenta para cima",*Ciência da Segurança contra Incêndios.*Associação Internacional para a Ciência da Segurança contra Incêndios, 1986. *Anais do 1º Simpósio Internacional*. CE Grant e PJ Pagni, eds. Nova York, NY: Hemisphere Publishing Corp., 1986, pp. 75-86.

Livro de referência de metais da Smithells, 8ª ed., Oxford, Reino Unido: Butterworth-Heinemann, 2013.

Snyder, E. Health Hazard Evaluation Report 2004–0368–3030, Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives, Austin, TX, janeiro de 2007.

Stoll, A., e LC Greene. "Relação entre dor e dano tecidual devido à radiação térmica",*Revista de Fisiologia Aplicada*14 (1959): 373-83.

SWGDOG SC1*Terminologia, Grupo de Trabalho Científico sobre Diretrizes para Detectores Ortogonais e Cães,*aprovado pelos membros em 22/03/2011.

Thomas, P. "O Crescimento da Ignição do Fogo para o Envolvimento Pleno". Dentro*Fundamentos da Combustão do Fogo*, ed. G. Cox. Londres, Reino Unido: Academic Press, 1995.

Madeira, PG*Nota de Pesquisa de Incêndio nº 953*. Borehamwood, Reino Unido: Building Research Establishment, 1973.

Wu, P., L. Orloff e A. Tewarson. "Avaliação da inflamabilidade do material com o modelo de propagação FG e métodos de teste de laboratório", Décima Terceira Reunião do Painel Conjunto do Painel UJNR sobre Pesquisa e Segurança contra Incêndios, Gaithersburg, MD, 1996.

Yelverton, JT, DR Richmond, ER Fletcher e RK Jones, *Distâncias seguras de explosões subaquáticas para mamíferos e pássaros*, Fundação Lovelace para Educação e Pesquisa Médica, Albuquerque, NM, 1973.

2.4 Referências para Extratos em Seções Consultivas.

NFPA 3,*Prática recomendada para comissionamento de sistemas de proteção contra incêndio e segurança da vida,*edição 2018.

NFPA 13,*Norma para a Instalação de Sistemas de Sprinklers,* edição 2019.

NFPA 53,*Prática Recomendada em Materiais, Equipamentos e Sistemas Usados em Atmosferas Enriquecidas com Oxigênio,*edição 2016.

NFPA 68,*Norma sobre proteção contra explosão por ventilação de deflagração,*edição 2018.

NFPA 70®,*Código Elétrico Nacional®,*edição 2017.

NFPA 72®,*Código Nacional de Alarme e Sinalização de Incêndio®,* edição 2019.

NFPA 318,*Norma para a Proteção de Instalações de Fabricação de Semicondutores,*edição 2018.

NFPA 652,*Norma sobre os Fundamentos de Poeira Combustível,* edição 2019.

NFPA 654,*Norma para a Prevenção de Incêndios e Explosões de Poeira na Fabricação, Processamento e Manuseio de Sólidos Particulados Combustíveis,*edição 2017.

NFPA 1033,*Norma para Qualificações Profissionais para Investigador de Incêndios,*edição 2014.

Capítulo 3 Definições

3.1 Geral. As definições contidas neste capítulo aplicam-se aos termos usados neste guia. Quando os termos não forem definidos neste capítulo ou em outro capítulo, eles devem ser definidos usando seus significados normalmente aceitos dentro do contexto em que são usados.*Dicionário colegiado de Merriam-Webster*, 11ª edição, deve ser a fonte para o significado comumente aceito.

3.2 Definições Oficiais da NFPA.

3.2.1* Aprovado.Aceitável pela autoridade competente.

3.2.2* Código.Uma norma que é uma compilação extensa de disposições que cobrem um assunto amplo ou que é adequada para adoção em lei independentemente de outros códigos e normas.

3.2.3* Guia.Um documento de natureza consultiva ou informativa e que contém apenas disposições não obrigatórias. Um guia pode conter declarações obrigatórias, como quando um guia pode ser usado, mas o documento como um todo não é adequado para adoção em lei.

3.2.4* Prática Recomendada.Um documento que é semelhante em conteúdo e estrutura a um código ou padrão, mas que contém

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

apenas disposições não obrigatórias que usem a palavra “deveria” para indicar recomendações no corpo do texto.

3.2.5* Padrão. Uma Norma NFPA, cujo texto principal contém apenas disposições obrigatórias usando a palavra “deve” para indicar requisitos e que está em uma forma geralmente adequada para referência obrigatória por outra norma ou código ou para adoção em lei. Disposições não obrigatórias não devem ser consideradas parte dos requisitos de uma norma e devem estar localizadas em um apêndice, anexo, nota de rodapé, nota informativa ou outros meios permitidos no *Manual de Estilo da NFPA*. Quando usado em um sentido genérico, como na frase “processo de desenvolvimento de padrões” ou “atividades de desenvolvimento de padrões”, o termo “padrões” inclui todos os Padrões da NFPA, incluindo Códigos, Padrões, Práticas Recomendadas e Guias.

3.3 Definições Gerais.

3.3.1* Temperatura Absoluta. Uma temperatura medida em Kelvins (K) ou Rankines (R).

3.3.2 Acelerador. Um combustível ou oxidante, muitas vezes um líquido inflamável, usado intencionalmente para iniciar um incêndio ou aumentar a taxa de crescimento ou propagação do fogo.

3.3.3 Acidente. Um evento não planejado que interrompe uma atividade e às vezes causa lesão ou dano ou uma ocorrência casual decorrente de causas desconhecidas; um acontecimento inesperado devido ao descuido, ignorância e afins.

3.3.4 Sistema Ativo de Proteção Contra Incêndio. Um sistema que usa peças mecânicas ou elétricas móveis para atingir um objetivo de proteção contra incêndio. [**3,** 2018]

3.3.5 Ambiente. Os arredores de alguém ou algo, especialmente cialmente no que se refere ao ambiente local; por exemplo, ar ambiente e temperatura ambiente.

3.3.6 Ampacidade. A corrente máxima, em amperes, que um condutor pode transportar continuamente sob as condições de uso sem exceder sua classificação de temperatura. [**70,** Artigo 100]

3.3.7 Ampère. A unidade de corrente elétrica que equivale a um fluxo de um coulomb por segundo; um coulomb é definido como $6,24 \times 10_{18}$ elétrons.

3.3.8 Arco. Uma descarga elétrica luminosa de alta temperatura através de uma abertura ou através de um meio como o isolamento carbonizado.

3.3.9 Mapeamento de Arco. Identificando e documentando um incêndio padrão derivado da identificação de locais de arco usados para auxiliar Em determinação a área de origem do fogo ou espalhar.

N **3.3.10 Fusão do Arco.** Fusão de condutores e superfícies condutoras como resultado de arco elétrico. As características da fusão a arco são descritas em 9.11.1.1.

3.3.11 Local do Arco. A localização em um condutor com danos localizados resultantes de um arco elétrico.

3.3.12 Arco através do Char. Arco associado a uma matriz de material carbonizado (por exemplo, isolamento de condutor carbonizado) que atua como um meio semicondutor.

3.3.13 Área de Origem. Uma estrutura, parte de uma estrutura ou localização geográfica geral dentro de uma cena de incêndio, na qual o “*ponto de origem*” de um incêndio ou explosão é razoavelmente acreditado para ser localizado. *(Veja também 3.3.149, Ponto de Origem.)*

3.3.14 Padrão de Seta. Um padrão de incêndio exibido na seção transversal de um membro estrutural de madeira queimado.

3.3.15 Incêndio. O crime de dolosa e intencionalmente, ou imprudentemente, iniciar um incêndio ou causar uma explosão.

3.3.16 Autoignição. Iniciação da combustão por calor, mas sem faísca ou chama.

3.3.17 Temperatura de Autoignição. A temperatura mais baixa na qual um material combustível se inflama no ar sem faísca ou chama.

3.3.18 Backdraft. Deflagração resultante da introdução repentina de ar em um espaço confinado contendo produtos deficientes em oxigênio de combustão incompleta.

3.3.19 Conta. Um arredondado massa de metal resolidificado sobre o fim dos restos de um condutor ou condutores elétricos que foi causado por arco e é caracterizado por uma linha nítida de demarcação entre as superfícies condutoras fundidas e não fundidas.

3.3.20 Frente de Pressão de Explosão. A borda de ataque em expansão de uma reação de explosão que separa uma grande diferença de pressão entre a pressão ambiente normal à frente e a alta pressão potencialmente prejudicial na frente e atrás.

3.3.21 BLEVE. Explosão de vapor em expansão de líquido fervente.

3.3.22 Colagem. A união permanente de peças metálicas a formam um caminho eletricamente condutor que garante a continuidade elétrica e a capacidade de conduzir com segurança qualquer corrente que possa ser imposta.

3.3.23 Unidade Térmica Britânica (Btu). A quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de uma libra de água em 1°F à pressão de 1 atmosfera e temperatura de 60°F; uma unidade térmica britânica é igual a 1055 joules, 1,055 quilojoules e 252,15 calorias.

3.3.24 Taxa de queima. Consulte 3.3.110, Taxa de Liberação de Calor (HRR).

3.3.25* Calcinação de Gesso. Um efeito de fogo realizado em produtos de gesso, incluindo painéis de parede, como resultado da exposição ao calor que expulsa a água livre e quimicamente ligada.

3.3.26 Calorias. A quantidade de calor necessária para elevar 1 grama de água 1°C à pressão de 1 atmosfera e temperatura de 15°C; uma caloria é 4,184 joules, e há 252,15 calorias em uma unidade térmica britânica (Btu).

Δ 3.3.27 Causa. As circunstâncias, condições ou agências que provocaram ou resultaram no incidente de incêndio ou explosão, danos à propriedade, lesão corporal, ou perda de vida.

3.3.28 Jato de teto. Uma camada relativamente fina de gases quentes fluindo que se desenvolve sob uma superfície horizontal (por exemplo, teto) como resultado do impacto da pluma e o fluxo de gás sendo forçado a se mover horizontalmente.

3.3.29 Cará. Material carbonáceo que foi queimado ou pirolisado e tem uma aparência enegrecida.

3.3.30 Bolhas de Carvão. Segmentos convexos de material carbonizado separados por rachaduras ou fendas que se formam na superfície do carvão, formando-se em materiais como madeira como resultado de pirólise ou queima.

Δ 3.3.31 Queimadura Limpa. Um efeito de fogo distinto e visível geralmente aparente em superfícies não combustíveis após a(s) camada(s) combustível(is) (como fuligem, tinta e papel) terem sido queimadas.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

3.3.32* Combustível. Capaz de sofrer combustão. **Indicador**

3.3.33* Combustível de gás. Um instrumento que amostra o ar e indica se há vapores ou gases inflamáveis presentes.

3.3.34 Líquido Combustível. Qualquer líquido que tenha um ponto de fulgor de copo fechado igual ou superior a 37,8°C (100°F). *(Veja também 3.3.89, Líquido Inflamável.)*

3.3.35 Combustão. Um processo químico de oxidação que ocorre em uma taxa rápida o suficiente para produzir calor e geralmente luz na forma de brilho ou chama.

3.3.36 Produtos de Combustão. O calor, gases, líquidos e sólidos volatilizados, material particulado e cinzas gerados pela combustão.

3.3.37 Fonte de ignição competente. Uma fonte de ignição que tenha energia suficiente e seja capaz de transferir essa energia para o combustível por tempo suficiente para elevar o combustível à sua temperatura de ignição. *(Consulte 19.4.2.)*

3.3.38 Condução. Transferência de calor para outro corpo ou dentro de um corpo por contato direto.

3.3.39 Convecção. Transferência de calor por circulação dentro de um meio, como um gás ou um líquido.

3.3.40 Deslizamento. A tendência de um material se mover ou se deformar permanentemente para aliviar as tensões.

3.3.41 Atual. Um fluxo de carga elétrica.

N **3.3.42 Análise de Dados.** O processo de utilizar sistematicamente técnicas lógicas para dissecar, reordenar, avaliar e interpretar dados.

3.3.43 Raciocínio Dedutivo. O processo pelo qual as conclusões são tiradas por inferência lógica de premissas dadas.

3.3.44 Deflagração. Propagação de uma zona de combustão a uma velocidade menor que a velocidade do som no meio que não reagiu. [**68,** 2018]

3.3.45 Densidade. A massa de uma substância por unidade de volume, geralmente especificada em temperatura e pressão padrão. A densidade da água é de aproximadamente um grama por centímetro cúbico. A densidade do ar é de aproximadamente 1,275 gramas por metro cúbico.

3.3.46 Detecção. (1) Detectar a existência de um incêndio, especialmente por um detector de um ou mais produtos do fogo, como fumaça, calor, radiação infravermelha e similares. (2) O ato ou processo de descobrir e localizar um incêndio.

3.3.47 Detonação. Propagação de uma zona de combustão a uma velocidade maior que a velocidade do som no meio que não reagiu. [**68,** 2018]

3.3.48 Combustível Difuso. Um gás, vapor, poeira, particulado, aerossol, névoa, neblina ou mistura híbrida destes, suspenso na atmosfera, que é capaz de ser inflamado e propagar uma frente de chama.

3.3.49 Chama de Difusão. Uma chama na qual o combustível e o ar se misturam ou se difundem na região de combustão.

3.3.50 Suspensão. A propagação do fogo pela queda ou queda de materiais em chamas. Sinônimo de "cair".

3.3.51 Temperaturas Efetivas do Fogo. Temperaturas atingidas em incêndios que produzem efeitos físicos que podem estar relacionados a faixas de temperatura específicas.

3.3.52 Centelha Elétrica. Uma pequena partícula incandescente criada por alguns arcos.

N **3.3.53 Informações Armazenadas Eletronicamente (ESI).** Um conceito amplo que inclui informações públicas ou privadas armazenadas em um meio eletrônico ou digital, como dados disponíveis em computadores (incluindo e-mail), discos de CD-ROM, DVDs, Internet, armazenamento em nuvem, assistentes digitais pessoais (PDAs), telefones inteligentes, tablets, sistemas GPS, satélites e drones. ESI inclui escritos, desenhos, gráficos, tabelas, fotografias, gravações de som, imagens, gravações de vídeo, compilações de dados, arquivos de projeto auxiliado por computador, como plantas ou mapas, metadados, controle de equipamentos/processos e arquivos de sistema de registro de dados, e qualquer outros dados armazenados eletronicamente.

3.3.54* Dados Empíricos. Dados factuais que são baseados em medição real, observação ou experiência sensorial direta, e não na teoria.

3.3.55 Energia. Uma propriedade da matéria manifestada como uma capacidade de realizar trabalho, seja movendo um objeto contra uma força ou transferindo calor.

3.3.56 Arrasto. O processo de ar ou gases sendo atraídos para um incêndio, pluma ou jato.

3.3.57 Explosível. Um material com uma razão de pressão (pressão máxima/pressão na ignição, em unidades absolutas) igual ou superior a 2,0 em qualquer teste quando testado usando o teste de triagem de explosibilidade ou Go/No-Go descrito na Seção 13 da ASTM E1226, *Método de teste padrão para explosibilidade de nuvens de poeira*. [**68,** 2018]

3.3.58 Explosão. A conversão repentina de energia potencial (química ou mecânica) em energia cinética com a produção e liberação de gases sob pressão, ou a liberação de gás sob pressão. Esses gases de alta pressão realizam trabalho mecânico, como mover, alterar ou quebrar materiais próximos.

3.3.59 Dinâmica de Explosão. Estudo de como química, física, ciência do fogo, disciplinas de engenharia de mecânica de fluidos e sólidos e transferência de calor interagem para influenciar o comportamento da explosão.

3.3.60 Explosivo. Qualquer composto químico, mistura ou dispositivo que funcione por explosão.

3.3.61 Material Explosivo. Qualquer material que possa atuar como combustível para uma explosão.

3.3.62 Superfície Exposta. O lado de um conjunto estrutural ou objeto que está diretamente exposto ao fogo.

3.3.63 Extinguir. Fazer cessar a queima.

3.3.64 Falha. Distorção, quebra, deterioração ou outra falha em um item, componente, sistema, montagem ou estrutura que resulte em desempenho insatisfatório da função para a qual foi projetado.

3.3.65 Análise de Falhas. Um exame lógico e sistemático de um item, componente, montagem ou estrutura e seu local e função dentro de um sistema, conduzido para identificar e analisar a probabilidade, causas e consequências de falhas potenciais e reais.

3.3.66 Cair. Consulte 3.3.50, Suspensão.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

3.3.67 Classificação de acabamento.O tempo em minutos, determinado sob condições laboratoriais específicas, no qual a viga ou viga em contato com a membrana protetora exposta em um conjunto combustível protegido atinge um aumento de temperatura médio de 121°C (250°F) ou um aumento de temperatura individual de 163 °C (325°F) medido atrás da membrana protetora mais próxima do fogo no plano da madeira.

3.3.68 Fogo. Um rápido processo de oxidação, que é uma reação química, resultando na evolução de luz e calor em intensidades variadas.

3.3.69 Análise de Incêndio.O processo de determinar a origem, causa, desenvolvimento, responsabilidade e, quando necessário, uma análise de falha de um incêndio ou explosão.

3.3.70 Área de Incêndio.O limite dos efeitos do fogo dentro de uma cena na qual a área de origem estará localizada. A área de incêndio é caracterizada pela identificação da fronteira entre áreas danificadas e não danificadas, que são distinguíveis pelos efeitos do fogo e padrões criados por chama, calor e fumaça.

3.3.71 Causa do Incêndio. As circunstâncias, condições ou agências que reúnem um combustível, fonte de ignição e oxidante (como ar ou oxigênio) resultando em um incêndio ou explosão de combustão.

N **3.3.72* Química do Fogo.**O estudo dos processos químicos que ocorrem em incêndios, incluindo mudanças de estado, decomposição e combustão.

3.3.73* Dinâmica do Fogo.O estudo detalhado de como a química, a ciência do fogo e as disciplinas de engenharia da mecânica dos fluidos e transferência de calor interagem para influenciar o comportamento do fogo.

3.3.74 Efeitos do Fogo. As mudanças observáveis ou mensuráveis em um material como resultado de um incêndio.

3.3.75 Risco de Incêndio. Qualquer situação, processo, material ou condição que possa causar um incêndio ou explosão ou que possa fornecer um suprimento de combustível pronto para aumentar a propagação ou intensidade de um incêndio ou explosão, todos os quais representam uma ameaça à vida ou à propriedade.

3.3.76 Investigação de Incêndio.O processo de determinar a origem, causa e desenvolvimento de um incêndio ou explosão.

N **3.3.77* Investigador de Incêndio.**Um indivíduo que demonstrou as habilidades e conhecimentos necessários para conduzir, coordenar e concluir uma investigação de incêndio. [**1033,**2014]

3.3.78 Padrões de Incêndio. As mudanças físicas visíveis ou mensuráveis, ou formas identificáveis, formadas por um efeito de fogo ou grupo de efeitos de fogo.

3.3.79 Propagação do Fogo. Veja 3.3.82, Propagação do Fogo.

3.3.80 Reconstrução de Cena de Incêndio.O processo de recriação da cena física durante a investigação da análise da cena do incêndio ou através da remoção de detritos e a colocação de conteúdos ou elementos estruturais em suas posições pré-incêndio.

3.3.81* Ciência do Fogo.O corpo de conhecimento sobre o estudo do fogo e assuntos relacionados (como combustão, chama, produtos de combustão, liberação de calor, transferência de calor, química de incêndio e explosão, dinâmica de incêndio e explosão, termodinâmica, cinética, mecânica dos fluidos, segurança contra incêndio) e sua interação com pessoas, estruturas e meio ambiente.

3.3.82 Propagação do Fogo.O movimento do fogo de um lugar para outro.

3.3.83 Primeiro Combustível Aceso.O primeiro combustível inflamado é aquele que primeiro sustenta a combustão além da fonte de ignição.

3.3.84 Chama. Um corpo ou fluxo de material gasoso envolvido no processo de combustão e emitindo energia radiante em bandas de comprimento de onda específicas determinadas pela química de combustão do combustível. Na maioria dos casos, uma parte da energia radiante emitida é visível ao olho humano. [**72,** 2019]

3.3.85 Frente da Chama.O bordo de ataque flamejante de uma zona de reação de combustão em propagação.

Δ **3.3.86 Inflamação.**A condição em que o combustível não queimado (pirolisado) do fogo originário se acumulou na camada a uma superior concentração suficiente (ou seja, no ou acima do limite inferior de inflamabilidade) para inflamar e queimar . este pode ocorrer com ignição de, ou antes da ignição de, outros combustíveis separados da origem.

3.3.87 Inflamável. Capaz de queimar com uma chama.

3.3.88 Limite de Inflamáveis.O limite superior ou inferior de concentração a uma temperatura e pressão especificadas de um gás inflamável ou um vapor de um líquido e ar inflamáveis, expresso como porcentagem de combustível por volume que pode ser inflamado.

3.3.89 Líquido Inflamável. Um líquido que tem um ponto de fulgor de copo fechado abaixo de 37,8°C (100°F) e uma pressão de vapor máxima de 2068 mm Hg (40 psia) a 37,8°C (100°F).*(Veja também 3.3.34, Líquido Combustível.)*

3.3.90 Faixa inflamável.A faixa de concentrações entre os limites inferior e superior de inflamável. [**68,** 2018]

3.3.91 Fogo Relâmpago. Um incêndio que se propaga rapidamente por meio de uma frente de chama através de um combustível difuso, como poeira, gás ou vapores de um líquido inflamável, sem produzir pressão prejudicial.

3.3.92 Ponto de inflamação de um líquido.A temperatura mais baixa de um líquido, determinada por testes de laboratório específicos, na qual o líquido libera vapores a uma taxa suficiente para suportar uma chama momentânea em sua superfície.

3.3.93 Flashover. Uma fase de transição no desenvolvimento de um incêndio de compartimento em que as superfícies expostas à radiação térmica atingem a temperatura de ignição mais ou menos simultaneamente e disponibilidade suficiente de oxigênio, fogo se espalha rapidamente todo o espaço, resultando em envolvimento total da sala ou envolvimento total do compartimento ou espaço fechado.

3.3.94 Forense (Ciência Forense).A aplicação da ciência para responder questões de interesse do sistema jurídico.

3.3.95 Combustível. Um material que manterá a combustão sob condições ambientais especificadas. [**53,**2016]

3.3.96 Gás Combustível.Gás natural, gás manufaturado, GLP e gases similares comumente usados para fins comerciais ou residenciais, como aquecimento, resfriamento ou cozimento.

3.3.97 Carga de Combustível.A quantidade total de conteúdo combustível de um edifício, espaço ou área de incêndio, incluindo acabamento e acabamento interno, expresso em unidades de calor ou o peso equivalente em madeira.

3.3.98 Fogo Controlado por Combustível. Um incêndio no qual a taxa de liberação de calor e a taxa de crescimento são controladas pelas características do combustível, como quantidade e geometria, e no qual está disponível ar adequado para combustão.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

3.3.99* Envolvimento da Sala Completa. Condição em um compartimento de incêndio em que todo o volume está envolvido em combustão de intensidades variadas.

3.3.100 Gás. O estado físico de uma substância que não tem forma ou volume próprio e se expandirá para tomar a forma e o volume do recipiente ou recinto que ocupa.

3.3.101 Combustão Incandescente. Queima luminosa de material sólido sem chama visível.

3.3.102 Terra. Uma conexão condutora, intencional ou acidental, entre um circuito elétrico ou equipamento e a terra ou a algum corpo condutor que serve no lugar da terra.

3.3.103 Falha de aterramento. Uma corrente que flui para fora do caminho normal do circuito, como (1) através do condutor de aterramento do equipamento; (2) através de material condutor em contato com menor potencial (como terra), que não seja o aterramento do sistema elétrico (água metálica ou encanamentos etc.); ou (3) através de uma combinação dessas vias de retorno terrestre.

3.3.104 Perigo. Uma condição que apresenta o potencial de prejuízo ou danos a pessoas, propriedades ou ao meio ambiente.

N 3.3.105 Material Perigoso. Uma substância (sólida, líquida ou gasosa) que, quando liberada, é capaz de causar danos às pessoas, ao meio ambiente e à propriedade.

3.3.106* Calor. Uma forma de energia caracterizada pela vibração de moléculas e capaz de iniciar e suportar mudanças químicas e mudanças de estado.

3.3.107 Vetor de Calor e Chama. Uma seta usada em um desenho de cena de incêndio para mostrar a direção do fluxo de calor, fumaça ou chama.

3.3.108 Fluxo de Calor. A medida da taxa de transferência de calor para uma superfície ou uma área, normalmente expressa em kW/m^2, ou W/cm^2.

3.3.109* Calor de ignição. A energia térmica que provoca a ignição.

3.3.110* Taxa de Liberação de Calor (HRR). A taxa na qual a energia térmica é gerada pela queima.

3.3.111 Transferência de Calor. A troca de energia térmica entre materiais por condução, convecção e/ou radiação.

3.3.112 Alto Explosivo. Um material que é capaz de sustentar uma frente de reação que se move através do material que não reagiu a uma velocidade igual ou maior que a do som naquele meio [tipicamente 1000 m/s (3000 pés/s)]; um material capaz de sustentar uma detonação. *(Veja também 3.3.47, Detonação.)*

3.3.113 Danos de Alta Ordem. Um rápido aumento de pressão ou explosão de alta força caracterizada por um efeito de estilhaçamento na estrutura confinante ou contêiner e longas distâncias de mísseis.

3.3.114* Mistura Híbrida. Uma mistura heterogênea explosiva, compreendendo gás com partículas sólidas ou líquidas em suspensão, na qual a concentração total de gás inflamável é ≥10% do limite inferior de inflamabilidade (LFL) e a concentração total de partículas suspensas é ≥10% do mínimo concentração explosiva (MEC). [**68,** 2018]

3.3.115 Material Hipergólico. Qualquer substância que se incendeie ou exploda espontaneamente após exposição a um oxidante.

3.3.116* Inflamável Líquido. Algum combustível ou inflamável líquido.

3.3.117 Ignição. O processo de iniciar auto-sustentação combustão.

3.3.118 Energia de ignição. A quantidade de energia térmica que deve ser absorvida por uma substância para inflamar e queimar.

3.3.119* Temperatura de ignição. A temperatura mínima que uma substância deve atingir para se inflamar sob condições de teste específicas.

3.3.120 Tempo de ignição. O tempo entre a aplicação de uma fonte de ignição a um material e o início da combustão auto-sustentada.

Δ 3.3.121 Fogo Incendiário. Um incêndio que é intencionalmente iniciado em uma área ou sob circunstâncias onde e quando não deveria haver um incêndio.

3.3.122 Raciocínio Indutivo. O processo pelo qual uma pessoa parte de uma experiência particular e prossegue para generalizações. O processo pelo qual as hipóteses são desenvolvidas com base em fatos observáveis ou conhecidos e no treinamento, experiência, conhecimento e perícia do observador.

3.3.123 Parte Interessada. Qualquer pessoa, entidade ou organização, incluindo seus representantes, com obrigações estatutárias ou cujos direitos ou interesses legais possam ser afetados pela investigação de um incidente específico.

•

3.3.124 Equipe de Investigação. Um grupo de indivíduos que trabalham em nome de uma parte interessada para conduzir uma investigação sobre o incidente.

3.3.125 Isochar. Uma linha em um diagrama conectando pontos de igual profundidade de caractere.

3.3.126 Joule. A unidade SI preferida de calor, energia ou trabalho. Um joule é o calor produzido quando um ampere é passado por uma resistência de um ohm por um segundo, ou é o trabalho necessário para percorrer uma distância de um metro contra uma força de um newton. Existem 4,184 joules em uma caloria e 1055 joules em uma unidade térmica britânica (Btu). Um watt é um joule/segundo. *[Veja também 3.3.23, Unidade Térmica Britânica (Btu), e 3.3.26, Caloria.]*

3.3.127 Quilowatts. Uma medida da taxa de liberação de energia.

3.3.128 Temperatura de ignição. Consulte 3.3.119, Temperatura de ignição.

3.3.129 Camadas. O processo sistemático de remoção de detritos de cima para baixo e observação da localização relativa dos artefatos no local do incêndio.

N 3.3.130 Linhas de Demarcação. As bordas que definem as diferenças nos efeitos do fogo nos materiais entre a área afetada e as áreas adjacentes menos afetadas.

3.3.131 Explosivo Baixo. Um explosivo com velocidade de reação inferior a 1.000 m/s (3.000 pés/s).

3.3.132 Danos de Baixa Ordem. Uma taxa lenta de aumento de pressão ou explosão de baixa força caracterizada por um efeito de empurrão ou deslocamento na estrutura ou contêiner confinante e por curtas distâncias de mísseis.

3.3.133 Material primeiro inflamado. O combustível que primeiro é incendiado pelo calor da ignição; para ser significativo, tanto um tipo de material quanto uma forma de material devem ser identificados.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

3.3.134 Concentração Mínima de Explosivos (MEC).A concentração mínima de uma nuvem de poeira combustível que é capaz de propagar uma deflagração através de uma mistura uniforme de poeira e ar sob as condições especificadas de ensaio. [**68,** 2018]

N **3.3.135 Energia Mínima de Ignição (MIE).**A energia de faísca capacitiva mais baixa capaz de inflamar a concentração mais sensível à ignição de uma mistura inflamável de vapor-ar ou uma mistura combustível de poeira-ar, conforme determinado por um procedimento de teste padrão. [**652,**2019]

3.3.136* Material Incombustível.Um material que, na forma em que é usado e nas condições previstas, não inflama, queima, suporta a combustão ou libera vapores inflamáveis quando submetido ao fogo ou calor.

3.3.137 Não inflamável.(1) Não é facilmente capaz de queimar com uma chama. (2) Não é suscetível de inflamar e queimar quando exposto a chamas. Seu antônimo é*inflamável*.

N **3.3.138 Dados Não-Cena.**Dados de fontes diferentes daquelas coletadas no local de um incidente de incêndio ou explosão.

3.3.139 Ohm.A unidade SI de impedância elétrica ou, no caso de corrente contínua, resistência elétrica.

3.3.140 Origem.O local geral onde um incêndio ou explosão começou.*(Ver 3.3.149, Ponto de Origem, ou 3.3.13, Área de Origem.)*

3.3.141 Sobrecorrente. Qualquer corrente que exceda a corrente nominal do equipamento ou a ampacidade de um condutor; pode resultar de uma sobrecarga*(ver 3.3.143)*, curto circuito*(3.3.175)*, ou falha de aterramento*(3.3.103)*.

3.3.142 Revisão. Um termo de combate a incêndio que envolve o processo de extinção final após o corpo principal do incêndio ter sido derrubado. Todos os vestígios de fogo devem ser extintos neste momento.

3.3.143* Sobrecarga.Operação de equipamento acima da capacidade normal de carga total ou de um condutor acima da ampacidade nominal que, se persistir por um período de tempo suficiente, causará danos ou superaquecimento perigoso. Uma falha, como um curto-circuito ou falha de aterramento, não é uma sobrecarga.

3.3.144 Deficiência de Oxigênio. Insuficiência de oxigênio para sustentar a combustão.*(Veja também 3.3.207, Incêndio Controlado por Ventilação.)*

3.3.145 Sistema passivo de proteção contra incêndio. Algum componente de um edifício ou estrutura que oferece proteção contra fogo ou fumaça sem qualquer tipo de ativação ou movimento do sistema. [**3,** 2018]

3.3.146 Temperatura de ignição pilotada. Consulte 3.3.119, Temperatura de ignição.

3.3.147* Plástico.Qualquer um de uma ampla gama de materiais orgânicos naturais ou sintéticos de alto peso molecular que podem ser formados por pressão, calor, extrusão e outros métodos nas formas desejadas.

3.3.148 Pluma.A coluna de gases quentes, chamas e fumaça subindo acima do fogo; também chamado*coluna de convecção*,*corrente ascendente térmica*, ou *coluna térmica*.

Δ **3.3.149 Ponto de Origem.**A localização física dentro da área de origem onde uma fonte de calor, um combustível , e um agente oxidante interagem pela primeira vez, resultando em incêndio ou explosão.

3.3.150 Potência. Uma propriedade de um processo, como fogo, que descreve a quantidade de energia que é emitida, transferida ou recebida por unidade de tempo e é medida em joules por segundo (J/s) ou watts (W).

3.3.151 Chama Pré-misturada. Uma chama para a qual o combustível e o oxidante são misturados antes da combustão, como em um bico de Bunsen de laboratório ou em um fogão a gás; a propagação da chama é governada pela interação entre a vazão, os processos de transporte e a reação química.

3.3.152 Preservação. Aplicação ou uso de medidas para prevenir danos, mudanças ou alterações, ou deterioração.

N **3.3.153 Imprimir Dados.**Os dados de impressão incluem escritos, desenhos, gráficos, tabelas, fotografias, imagens e outros materiais em papel ou impressos, incluindo ESI que foi reproduzido em papel ou mídia impressa.

3.3.154 Produtos de Combustão. Consulte 3.3.36, Produtos de Combustão.

3.3.155 Protocolo. Uma descrição dos procedimentos e metodologias específicos pelos quais uma tarefa ou tarefas devem ser realizadas.

3.3.156 Causa Proxima.A causa que produz diretamente o efeito sem a intervenção de qualquer outra causa.

3.3.157 Pirolisado. Produto de decomposição pelo calor; um produto de uma mudança química causada pelo aquecimento.

3.3.158 Pirólise. Um processo no qual o material é decomposto, ou decomposto, em compostos moleculares mais simples pelos efeitos apenas do calor; a pirólise geralmente precede a combustão.

3.3.159 Material Pirofórico. Qualquer substância que se inflama espontaneamente após exposição ao oxigênio atmosférico.

3.3.160 Calor Radiante. Transmissão eletromagnética de calor energia; aumenta a temperatura sensível de qualquer substância capaz de absorver a radiação, especialmente objetos sólidos e opacos.

3.3.161 Radiação. Transferência de calor por eletromagnetismo ondas que são mais longas que as ondas de luz visível e mais curtas que ondas de rádio .

•

3.3.162 Reacender. Um retorno à combustão flamejante após a extinção aparente, mas incompleta.

3.3.163 Responsabilidade.A responsabilidade de uma pessoa ou outra entidade pelo evento ou sequência de eventos que causou o incêndio ou explosão, propagação do fogo, lesões corporais, perda de vida ou danos materiais.

3.3.164 Risco.O grau de perigo; o possível dano que pode ocorrer que é representado pela probabilidade estatística ou estimativa quantitativa da frequência ou gravidade da lesão ou perda.

3.3.165 Rolagem. Veja 3.3.86, Flameover.

3.3.166 Cena.A localização física geral de um incidente de incêndio ou explosão (área geográfica, estrutura ou parte de uma estrutura, veículo, barco, equipamento, etc.) designado como importante para a investigação porque pode conter danos físicos ou detritos, evidências, vítimas , ou perigos relacionados a incidentes.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

3.3.167 Método Científico.A busca sistemática de conhecimento envolvendo o reconhecimento e definição de um problema; a coleta de dados por meio da observação e experimentação; análise dos dados; a formulação, avaliação e teste de hipóteses; e, sempre que possível, a seleção de uma hipótese final.

3.3.168 Sede da Explosão. Uma reentrância em forma de cratera criada no ponto de origem de algumas explosões.

3.3.169 Explosão Sentada. Uma explosão com um ponto de origem altamente localizado, como uma cratera.

3.3.170 Explosão Secundária. Qualquer explosão subsequente resultante de uma explosão inicial.

3.3.171 Autoaquecimento.O resultado de reações exotérmicas, ocorrendo espontaneamente em alguns materiais sob certas condições, onde o calor é gerado a uma taxa suficiente para elevar a temperatura do material.

3.3.172 Auto-ignição. Ignição resultante do autoaquecimento, sinônimo de*ignição espontânea*.

3.3.173 Temperatura de auto-ignição.A temperatura mínima na qual as propriedades de autoaquecimento de um material levam à ignição.

N **3.3.174 Sever Arc.**Um local de arco onde um ou mais dos condutores do circuito foram fisicamente cortados pelo evento de arco naquele local.

3.3.175 Curto-circuito. Uma conexão anormal de baixa resistência entre condutores normais do circuito onde a resistência é normalmente muito maior; esta é uma situação de sobrecorrente, mas não é uma sobrecarga.

3.3.176 Local.A localização física geral do incidente, incluindo o local e a área envolvente considerada significativa para o processo de investigação e áreas de apoio.

3.3.177 Fumaça. As partículas e gases sólidos e líquidos transportados pelo ar evoluem quando um material sofre pirólise ou combustão, juntamente com a quantidade de ar que é arrastado ou misturado na massa. [**318**, 2018]

3.3.178 Condensado de Fumaça.O resíduo condensado de vapores em suspensão e produtos líquidos de combustão incompleta.

3.3.179 Explosão de Fumaça. Consulte 3.3.18, Backdraft.

3.3.180 Fumegante. Combustão sem chama, geralmente com incandescência e fumaça.

3.3.181 Fuligem. Partículas pretas de carbono produzidas em uma chama.

3.3.182 Espalhamento. Lascamento ou corrosão de superfícies de concreto ou alvenaria.

3.3.183 Faísca. Uma partícula em movimento de material sólido que emite energia radiante devido à sua temperatura ou ao processo de combustão em sua superfície. [**654**, 2017]

3.3.184 Gravidade Específica (de um gás ou vapor). A razão de peso molecular médio de um gás ou vapor para o peso molecular médio de ar , ou a razão entre a densidade de um gás e a densidade do ar seco à temperatura e pressão padrão.

3.3.185 Gravidade Específica (de um líquido ou sólido).A razão entre a massa de um determinado volume de uma substância e a massa de um volume igual de água a uma temperatura de 4°C.

3.3.186 Espoliação. Perda, destruição ou alteração material de objeto ou documento que seja prova ou potencial prova em processo judicial por quem tenha a responsabilidade de sua preservação.

3.3.187* Aquecimento Espontâneo.Processo pelo qual um material aumenta de temperatura sem extrair calor de seu entorno.

3.3.188 Ignição Espontânea. Iniciação da combustão de um material por uma reação química ou biológica interna que produziu calor suficiente para inflamar o material.

3.3.189 Supressão.A soma de todo o trabalho feito para extinguir um incêndio, começando no momento da sua descoberta.

3.3.190 Combustível Alvo. Combustível sujeito à ignição por radiação térmica, como uma chama ou uma camada de gás quente.

3.3.191* Temperatura.O grau de calor sensível de um corpo medido por um termômetro ou instrumento similar.

3.3.192 Coluna Térmica. Veja 3.3.148, Pluma.

3.3.193* Expansão Térmica.O aumento no comprimento, volume ou área de superfície de um corpo com o aumento da temperatura.

3.3.194 Inércia Térmica. As propriedades de um material que caracterizam sua taxa de aumento de temperatura de superfície quando exposto ao calor; relacionado com o produto da condutividade térmica do material*(k)*, sua densidade (ρ) e sua capacidade calorífica*(c)*.

3.3.195 Termodinâmica.O ramo da física que trata da relação entre o calor e outras formas de energia.

3.3.196 Termometria.O estudo da ciência, metodologia e prática de medição de temperatura.

3.3.197 Termoplástico. Materiais plásticos que amolecem e derretem sob exposição ao calor e podem atingir um estado fluido.

3.3.198 Plásticos Termoendurecíveis. Materiais plásticos que são endurecidos de forma permanente no processo de fabricação e não são comumente sujeitos a amolecimento quando aquecidos; normalmente formam char no fogo.

3.3.199 Linha do Tempo. Representação gráfica dos eventos em um incidente de incêndio exibido em ordem cronológica.

3.3.200 Queima Total. Uma cena de incêndio onde um incêndio continuou a queimar até que a maioria dos combustíveis fosse consumida e o fogo se extinguisse devido à falta de combustível ou foi extinto quando a carga de combustível foi reduzida pela queima e houve aplicação de agente de supressão suficiente para extinguir o fogo.

3.3.201 Reboque. Combustível sólido ou líquido usado para espalhar ou acelerar intencionalmente a propagação de um incêndio de uma área para outra.

3.3.202 Entendimento ou Acordo. Um consenso escrito ou oral entre as partes interessadas sobre a gestão das investigações.

•

3.3.203 Superior Camada. Uma camada flutuante de gases quentes e fumaça produzido por um incêndio em um compartimento.

3.3.204 Vapor.A fase gasosa de uma substância, particularmente daquelas que são normalmente líquidas ou sólidas em temperaturas normais.*(Veja também 3.3.100, Gás.)*

•

3.3.205 Vent. Uma abertura para a passagem ou dissipação de fluidos, tais como gases, fumos, fumaça e semelhantes.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

3.3.206 Ventilação. O movimento de gases dentro, para dentro ou de qualquer compartimento ou espaço ou a operação de combate a incêndio de remoção de fumaça e calor da estrutura, abrindo janelas e portas ou fazendo furos no telhado.

3.3.207 Incêndio Controlado por Ventilação. Um incêndio no qual a taxa de liberação de calor ou crescimento é controlada pela quantidade de ar disponível para o fogo.

3.3.208 Ventilação. A fuga de fumaça e calor através de aberturas em um edifício.

3.3.209 Volt (V). A unidade de pressão elétrica (força eletromotriz) representada pelo símbolo "E"; a diferença de potencial necessária para fazer uma corrente de um ampere fluir através de uma resistência de um ohm.

3.3.210 Watt (W). Unidade de potência, ou taxa de trabalho, igual a um joule por segundo, ou a taxa de trabalho representada por uma corrente de um ampere sob o potencial de um volt.

3.3.211 Planos de Trabalho. Um resumo das tarefas a serem concluídas como parte da investigação, incluindo o pedido ou cronograma para conclusão. Consulte o Capítulo 15, Planejando a Investigação.

N **3.4* Definições Caninas.** A implantação de equipes de manipuladores caninos em investigações de incêndio exige que o investigador entenda certos conceitos descritos por terminologia especializada. Esta seção fornece definições de termos usados em relação à seção canina *(consulte a Seção 17.7)*.

N **3.4.1 Equipe de Manipuladores Caninos.** Uma equipe de manipuladores caninos é um cão humano e trabalhador que treina e trabalha em conjunto como uma unidade operacional. [SC1, 2011]

N **3.4.2* Certificação.** A certificação é o reconhecimento de que uma equipe de manipuladores de cães adquiriu e demonstrou conhecimento especializado, habilidades e habilidades nas práticas padrão necessárias para executar as funções de uma equipe canina. A certificação também fornece ao investigador de incêndio um meio de identificar as equipes de manipuladores de cães que demonstraram com sucesso a conformidade com os requisitos estabelecidos. Além disso, a certificação estabelece que uma equipe de manipuladores de cães atinge e mantém a proficiência.

N **3.4.3 Manipulador.** O manipulador é uma pessoa que concluiu com sucesso um treinamento documentado e um processo de certificação em manuseio de cães na disciplina específica de detecção de caninos líquidos inflamáveis e mantém essas habilidades em campo aplicação, treinamento de manutenção, recertificação programada, e educação continuada. *(Consulte 3.4.2, Certificação.)* [SC1, 2011].

N **3.4.4* Caninos de Detecção de Líquido Inflamável (IGL Caninos).** Caninos de detecção de líquidos inflamáveis (caninos IGL) são cães especificamente treinados para localizar e responder a certas presença de classes de líquidos inflamáveis por odor associado.

N **3.4.5* Discriminação Olfativa.** Uso operacional: A olfato do cachorro capacidade de distinguir entre vários odores.

Capítulo 4 Metodologia Básica

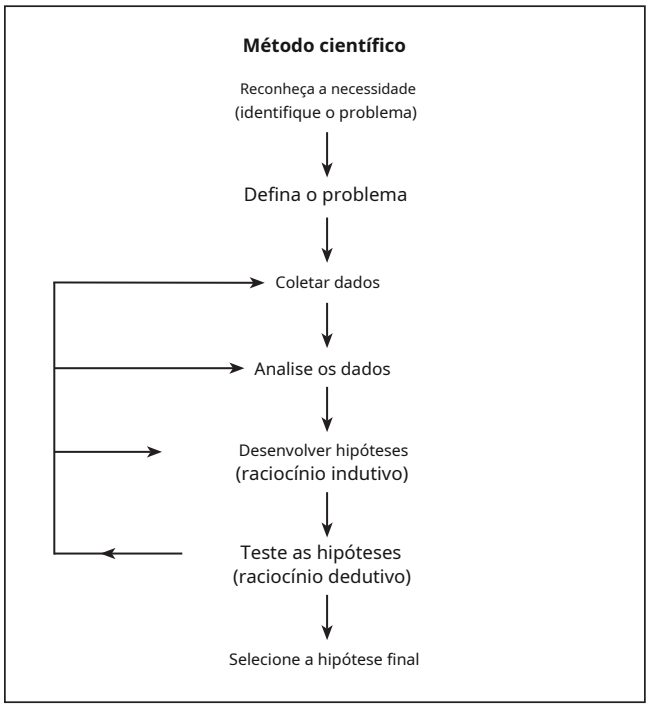
4.1* Natureza das Investigações de Incêndio. Um incêndio ou explosão investi- ção é um empreendimento complexo que envolve logia, conhecimento habilidade, tecnologia e ciência. A compilação de dados a, assim como factuais e a análise desses fatos, deve ser realizada objetivamente, sinceramente, e sem viés de expectativa, preconceito recepção, ou precon. A metodologia básica do fogo i investigação deve contar com o uso de uma abordagem sistemática e atenção a todos os detalhes relevantes. O uso de uma abordagem sistemática muitas vezes revelará novos dados factuais para análise, o que pode exigir a reavaliação de conclusões anteriores. Com poucas exceções, a metodologia adequada para uma investigação de incêndio ou explosão é primeiro determinar e estabelecer a(s) origem(ões) e, em seguida, investigar a causa: circunstâncias, condições ou agências que reuniram a fonte de ignição, o combustível e o oxidante.

4.2 Abordagem Sistemática. A abordagem sistemática recomendada baseia-se no método científico, que é utilizado nas ciências físicas. Este método fornece um processo organizacional e analítico que é desejável e necessário em uma investigação de incêndio bem-sucedida.

4.3 Relacionando a Investigação do Fogo com o Método Científico. O método científico *(veja a Figura 4.3)* é um princípio de investigação que forma uma base para processos científicos e de engenharia legítimos, incluindo investigação de incidentes de incêndio. Ele é aplicado usando as seguintes etapas descritas em 4.3.1 a 4.3.10.

4.3.1 Reconhecer a Necessidade. Primeiro, deve-se determinar que existe um problema. Nesse caso, ocorreu um incêndio ou explosão e a causa deve ser determinada e listada para que futuros incidentes semelhantes possam ser evitados.

4.3.2 Defina o problema. Tendo determinado que existe um problema, o investigador ou analista deve definir a maneira pela qual o problema pode ser resolvido. Neste caso, uma investigação adequada de origem e causa deve ser conduzida. Isso é feito por um exame da cena e por uma combinação de outros métodos de coleta de dados, como a revisão de investigações realizadas anteriormente sobre o incidente, a entrevista de testemunhas ou outras pessoas com conhecimento e os resultados de testes científicos.



Δ **FIGURA 4.3** **Utilização do Método Científico.**

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

4.3.3 Coletar Dados. Em formação sobre o fogo ou explosão incidente é agora coletados por observação, experimento ou outros meios diretos de coleta de dados. Os dados coletados são chamados de dados empíricos porque são baseados em observação ou experiência e podem ser verificados ou conhecidos como verdadeiros.

4.3.4* Analisar os Dados. O método científico exige que todos os dados coletados sejam analisados. Este é um passo essencial que deve ocorrer antes da formação da hipótese final. A identificação, coleta e catalogação de dados não equivale à análise de dados. A análise dos dados é baseada no conhecimento, treinamento, experiência e perícia do indivíduo que faz a análise. Se o investigador não tiver experiência para atribuir significado adequadamente a um dado, deve-se procurar assistência. Compreender o significado dos dados permitirá que o investigador forme hipóteses com base nas evidências, e não em especulações.

4.3.5* Desenvolver Hipóteses (Raciocínio indutivo). Baseado em a análise dos dados, o investigador produz hipóteses para explicar os fenômenos, seja a natureza dos padrões de incêndio, propagação do fogo, identificação da origem, a sequência de ignição, a causa do incêndio ou as causas dos danos ou responsabilidade pelo incidente de incêndio ou explosão. Esse processo é conhecido como raciocínio indutivo. Essas hipóteses devem ser baseadas apenas nos dados empíricos que o investigador coletou por meio da observação e, em seguida, desenvolveu explicações para o evento, que são baseadas no conhecimento, treinamento, experiência e experiência do investigador.

4.3.6* Teste o Hipóteses (Raciocínio dedutivo). O investigator não tem uma conclusão válida ou confiável a menos que a hipótese possa resistir ao teste de desafio cuidadoso e sério. O teste da hipótese é feito pelo princípio do raciocínio dedutivo, no qual o investigador compara a hipótese a todos os fatos conhecidos, bem como ao corpo de conhecimento científico associado aos fenômenos relevantes ao incidente específico. O teste de uma hipótese deve ser projetado para refutar ou refutar a hipótese. Isso também pode ser referido como falsificação da hipótese. Trabalhar para refutar uma hipótese é uma tentativa de encontrar todos os dados ou razões pelas quais a hipótese não é suportada ou não é verdadeira, em vez de simplesmente encontrar e confiar em dados que apóiam a hipótese ou por que a hipótese é verdadeira. Este método de testar a hipótese pode evitar "viés de confirmação,*(ver 4.3.10)*. Uma hipótese pode ser testada fisicamente conduzindo experimentos, analiticamente aplicando princípios científicos aceitos ou referindo-se a pesquisas científicas. Ao confiar na pesquisa de outros, o investigador ou analista deve garantir que as condições, circunstâncias e variáveis da pesquisa e da hipótese sejam suficientemente semelhantes. Sempre que o investigador confiar na pesquisa como meio de teste de hipóteses, as referências à pesquisa em que se baseou devem ser reconhecidas e citadas. Se a hipótese for refutada ou não suportada, ela deve ser descartada e hipóteses alternativas devem ser desenvolvidas e testadas. Isso pode exigir a coleta de novos dados ou a reanálise dos dados existentes. O processo de teste precisa ser continuado até que todas as hipóteses viáveis tenham sido testadas e uma seja determinada como exclusivamente consistente com os fatos e com os princípios da ciência. Se nenhuma hipótese pode resistir a um exame por raciocínio dedutivo, a questão deve ser considerada indeterminada.

4.3.6.1* Qualquer hipótese que não possa ser testada física ou analiticamente é uma hipótese inválida. Uma hipótese desenvolvida com base na ausência de dados é um exemplo de hipótese que não pode ser testada. A incapacidade de refutar uma hipótese não significa que a hipótese seja verdadeira.

4.3.7 Selecione a Hipótese Final. O passo final na aplicação do método científico é selecionar a hipótese final. Uma vez que a hipótese tenha sido testada, o investigador deve revisar todo o processo para garantir que todos os dados confiáveis sejam contabilizados e todas as hipóteses alternativas viáveis tenham sido consideradas e eliminadas. Ao usar o método científico, a não consideração de hipóteses alternativas é um erro grave. Uma questão crítica a ser respondida é: "Existem outras hipóteses consistentes com os dados?" O investigador deve documentar os fatos que suportam a hipótese final com a exclusão de todas as outras hipóteses razoáveis.

4.3.8 Evite Presunção. Até que os dados sejam coletados, nenhuma hipótese específica pode ser razoavelmente formada ou testada. Todas as investigações de incidentes de incêndio e explosão devem ser abordadas pelo investigador sem presunção de origem, sequência de ignição, causa, propagação do incêndio ou responsabilidade pelo incidente até que o uso do método científico tenha produzido hipóteses testáveis, que não podem ser refutadas. por testes rigorosos.

4.3.9 Viés de Expectativa. O viés de expectativa é um fenômeno bem estabelecido que ocorre na análise científica quando o(s) investigador(es) chega a uma conclusão prematura sem ter examinado ou considerado todos os dados relevantes. Em vez de coletar e examinar todos os dados de maneira lógica e imparcial para chegar a uma conclusão cientificamente confiável, o(s) investigador(es) usa a determinação prematura para ditar processos investigativos, análises e, em última análise, conclusões, de uma maneira que não é cientificamente válida. A introdução do viés de expectativa na investigação resulta no uso apenas dos dados que suportam essa conclusão previamente formada e muitas vezes resulta na má interpretação e/ou no descarte de dados que não suportam a opinião original.

4.3.10* Viés de confirmação. Diferentes hipóteses podem ser compatíveis com os mesmos dados. Ao usar o método científico, o teste de hipóteses deve ser projetado para refutar uma hipótese (ou seja, falsificação da hipótese), em vez de confiar apenas em dados confirmatórios que apóiam a hipótese. O viés de confirmação ocorre quando o investigador confia exclusivamente em dados que apóiam a hipótese e não procura, ignora ou descarta dados contraditórios ou não comprobatórios. Os mesmos dados podem sustentar hipóteses alternativas e até opostas. A falha em considerar hipóteses alternativas ou opostas, ou descontar prematuramente dados aparentemente contraditórios sem análise e testes apropriados pode resultar em conclusões incorretas. Uma hipótese pode ser considerada válida somente quando testes rigorosos falharam em refutar a hipótese.

4.4 Método Básico de Investigação de Incêndio. O uso do método científico na maioria dos incidentes de incêndio ou explosão deve envolver as etapas mostradas em 4.4.1 a 4.4.6.

4.4.1 Recebimento da Cessão. O investigador deve ser notificado do incidente, informado sobre qual será seu papel e o que ele deve realizar. Por exemplo, o investigador deve saber se é esperado que ele determine o

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

origem, causa e responsabilidade; produzir um relatório escrito ou oral; preparar-se para litígios criminais ou civis; fazer sugestões para aplicação de código, promulgação de código ou alterações; fazer sugestões a fabricantes, associações industriais ou ações de agências governamentais; ou determinar alguns outros resultados.

4.4.2 Preparação para a Investigação.O investigador deve reunir suas forças e recursos e planejar a condução da investigação. O pré-planejamento nesta fase pode aumentar muito a eficiência e, portanto, as chances de sucesso da investigação geral. Estimar quais ferramentas, equipamentos e pessoal (tanto trabalhadores quanto especialistas) serão necessários pode fazer com que a investigação inicial da cena, bem como os exames e análises subsequentes, sejam mais fáceis e produtivos.

4.4.3 Condução da Investigação.

4.4.3.1É durante esta fase da investigação que é realizado um exame da cena do incêndio ou explosão do incidente. O objetivo fundamental de realizar um exame de qualquer cena de incidente é coletar todos os dados disponíveis e documentar a cena do incidente. O investigador deve realizar um exame da cena se estiver disponível e coletar os dados necessários para a análise.

4.4.3.2 The actual investigation may include different steps and procedures, which will be determined by the purpose of the assignment. These steps and procedures are described in detail elsewhere in the document. A fire or explosion investiga- tion may include all or some of the following tasks: a scene inspection or review of previous scene documentation done by others; scene documentation through photography and diagramming; evidence recognition, documentation, and pres- ervation; witness interviews; review and analysis of the investiga- tions of others; and identification and collection of data from other appropriate sources.

4.4.3.3 Em qualquer investigação da cena do incidente, é necessário que pelo menos um indivíduo/organização conduza um exame da cena do incidente para fins de coleta de dados e documentação. Embora seja preferível que todos os investigadores subsequentes tenham a oportunidade de realizar um exame independente da cena do incidente, na prática, nem todas as cenas estão disponíveis no momento da atribuição. O uso de dados previamente coletados de uma cena devidamente documentada pode ser usado com sucesso em uma análise do incidente para chegar a conclusões válidas através do uso adequado do método científico. Assim, a confiança em dados previamente coletados e documentação de cena não deve ser inerentemente considerada uma limitação na capacidade de investigar com sucesso o incidente.

4.4.3.4O objetivo de todos os investigadores é chegar a determinações precisas relacionadas à origem, causa, propagação do incêndio e responsabilidade pelo incidente. A documentação inadequada da cena pode prejudicar a oportunidade de outras partes interessadas obterem o mesmo valor probatório dos dados. Esta deficiência potencial ressalta a importância de realizar uma documentação abrangente da cena e coleta de dados.

4.4.4 Coleta e Preservação de Evidências. Evidências físicas valiosas devem ser reconhecidas, documentadas, coletadas adequadamente e preservadas para testes e avaliações adicionais ou apresentação em tribunal.

4.4.5 Analyzing the Incident. All collected and available data should be analyzed using the principles of the scientific method. Depending on the nature and scope of one's assignment, hipóteses devem ser desenvolvidas e testadas explicando a origem, sequência de ignição, propagação do fogo, causa do fogo ou causas de danos ou vítimas, ou responsabilidade pelo incidente.

4.4.6 Conclusões. As conclusões, que são hipóteses finais, são tiradas como resultado do teste das hipóteses. As conclusões devem ser tiradas de acordo com os princípios expressos neste guia e relatadas adequadamente.

4.5 Nível de Certeza.O nível de certeza descreve o quão forte alguém tem uma opinião (conclusão). Alguém pode ter qualquer opinião com um nível de certeza mais alto ou mais baixo. Esse nível é determinado avaliando a confiança do investigador nos dados, na análise desses dados e testando as hipóteses formadas. Esse nível de certeza pode determinar a aplicação prática do parecer, especialmente em processos judiciais.

4.5.1O investigador deve saber o nível de certeza necessário para fornecer opiniões de especialistas. Dois níveis de certeza comumente usados são prováveis e possíveis:

(1) Provável. Este nível de certeza corresponde a ser mais provável que seja verdade do que não. Nesse nível de certeza, a probabilidade de a hipótese ser verdadeira é maior que 50%.
(2) Possível. Nesse nível de certeza, a hipótese pode ser demonstrada como viável, mas não pode ser declarada provável. Se duas ou mais hipóteses são igualmente prováveis, então o nível de certeza deve ser "possível".

4.5.2 Se o nível de certeza de uma opinião é meramente "suspeito", a opinião não se qualifica como uma opinião de especialista. Se o nível de certeza for apenas "possível", a opinião deve ser expressa especificamente como "possível". Somente quando o nível de certeza for considerado "provável" uma opinião deve ser expressa com razoável certeza.

4.5.3 Opiniões de Especialistas. Muitos tribunais estabeleceram um limite de certeza para que o investigador possa emitir opiniões no tribunal, como "comprovado para um nível aceitável de certeza", "um grau razoável de certeza científica e de engenharia" ou "grau razoável de certeza dentro de minha profissão." Embora esses termos de arte possam ser importantes para a jurisdição ou tribunal específico em que se aplicam, definir esses termos nesses contextos está além do escopo deste documento.

4.6 Procedimento de Revisão. Uma revisão do produto de trabalho de um investigador de incêndio (por exemplo, relatórios, documentação, notas, diagramas, fotos, etc.) por outras pessoas pode ser útil, mas há certas limitações. Esta seção descreve os tipos de revisões e seus usos e limitações apropriados.

4.6.1 Revisão Administrativa. Uma revisão administrativa é normalmente realizada dentro de uma organização para garantir que o produto do trabalho do investigador atenda aos requisitos de garantia de qualidade da organização. Um revisor administrativo determinará se todas as etapas descritas no manual de procedimentos de uma organização, ou exigidas pela política da agência, foram seguidas e se toda a documentação apropriada está presente no arquivo, e pode verificar se há erros tipográficos ou gramaticais. erros.

4.6.1.1 Limitações das Revisões Administrativas. An administrative reviewer may not necessarily possess all of the knowledge, skills, and abilities of the investigator or of a technical reviewer. As such, the administrative reviewer may not be able to provide a substantive critique of the investigator's work product.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

4.6.2 Technical Review. Uma revisão técnica pode ter várias facetas. Se um revisor técnico foi solicitado a criticar todos os aspectos do produto de trabalho do investigador, então o revisor técnico deve ser qualificado e familiarizado com todos os aspectos da investigação de incêndio adequada e deve, no mínimo, ter acesso a toda a documentação disponível para o investigador cujo trabalho está sendo revisado. Se um revisor técnico foi solicitado a criticar apenas aspectos específicos do produto de trabalho do investigador, então o revisor técnico deve estar qualificado e familiarizado com esses aspectos específicos e, no mínimo, ter acesso a toda a documentação relevante para esses aspectos. Uma revisão técnica pode servir como um teste adicional dos vários aspectos do produto de trabalho do investigador.

4.6.2.1 Limitations of Technical Reviews. While a technical review may add significant value to an investigation, technical reviewers may be perceived as having an interest in the outcome of the review. Confirmation bias (attempting to confirm a hypothesis rather than attempting to disprove it) is a subset of expectation bias *(see 4.3.9)*. This kind of bias can be introduced in the context of working relationships or friendships. Investigators who are asked to review a colleague's findings should strive to maintain a level of professional detachment.

4.6.3 Peer Review. A revisão por pares é um procedimento formal geralmente empregado na revisão pré-publicação de documentos científicos ou técnicos e triagem de pedidos de financiamento por agências patrocinadoras de pesquisa. A revisão por pares traz consigo conotações de independência e objetividade. Os revisores não devem ter nenhum interesse no resultado da revisão. O autor não seleciona os revisores, e as revisões geralmente são realizadas de forma anônima. Como tal, o termo "revisão por pares" não deve ser aplicado a revisões do trabalho de um investigador por colegas de trabalho, supervisores ou investigadores de agências que conduzem investigações do mesmo incidente. Tais revisões são mais apropriadamente caracterizadas como "revisões técnicas", conforme descrito acima.

4.6.3.1 As metodologias utilizadas e a ciência do fogo confiada por um investigador estão sujeitas a revisão por pares. Por exemplo, a NFPA 921 é um documento revisado por pares que descreve as metodologias e a ciência associada às investigações adequadas de incêndio e explosão.

4.6.3.2 Limitações das Revisões por Pares. Os revisores pares devem ter experiência para detectar falhas lógicas e aplicações inadequadas de metodologia ou princípios científicos, mas como geralmente não têm base para questionar os dados de um investigador, é improvável que sejam capazes de detectar erros factuais ou dados relatados incorretamente. . Conclusões baseadas em dados incorretos provavelmente também serão incorretas. Devido a essas limitações, uma revisão técnica adequada fornecerá os melhores meios para avaliar adequadamente a validade dos resultados da investigação.

4.7 Procedimento de Relatório.O procedimento de notificação pode assumir muitas formas escritas ou orais, dependendo da responsabilidade específica do investigador. As informações pertinentes devem ser relatadas de forma e fórum adequados para ajudar a evitar a recorrência.

Chapter 5 Basic Fire Science

5.1 Introduction. The fire investigator should have an understanding of ignition and combustion principles and should be able to use them to help in the identification and interpreta- tion of evidence at the fire scene and in the development and teste de hipóteses sobre a origem e causa do incêndio. O corpo de conhecimento associado à combustão e ao fogo poderia facilmente preencher vários livros didáticos. A discussão apresentada neste capítulo deve ser considerada introdutória.*(Consulte o Anexo A e o Anexo C para obter informações adicionais.)*

5.1.1* Fogo e Energia.O fogo é um processo de oxidação rápida, que é uma reação química exotérmica, resultando na liberação de calor e energia luminosa em intensidades variadas. É importante que o investigador de incêndio entenda os conceitos básicos de energia, potência e fluxo de calor e como as unidades de medida de cada um são usadas para descrever o comportamento do incêndio.

Δ **5.1.2 Energia.**A energia é uma propriedade da matéria que se manifesta como uma capacidade de realizar trabalho, seja movendo-se a uma distância contra uma força ou transferindo calor. A energia pode ser alterada na forma (por exemplo, de energia química para mecânica), ou transferida para outra matéria, mas não pode ser criada nem destruída. A energia é medida em joules (J), calorias (cal) ou unidades térmicas britânicas (Btu). Um joule é o calor produzido quando um ampere é passado por uma resistência de um ohm por um segundo, ou é o trabalho necessário para se mover por uma distância de um metro contra uma força de um newton. Uma caloria é a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1 g de água em 1°C (por exemplo, de 14°C para 15°C); uma caloria é igual a 4,184 J. Um Btu é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1 libra de água em 1°F a uma pressão de 1 atmosfera e temperatura de 60°F; uma unidade térmica britânica é igual a 1055 J e 252,15 cal.

5.1.3 Potência. Potência é uma propriedade que descreve a energia liberada por unidade de tempo. A mesma quantidade de energia é necessária para carregar uma carga em um lance de escadas, quer a pessoa que a carrega caminhe ou corra, mas é necessária mais energia para correr porque o trabalho é feito em um período de tempo menor. Aumentar a temperatura de um volume de água requer a mesma quantidade de energia, quer o aumento de temperatura ocorra em 10 segundos ou em 10 minutos. Aumentar a temperatura mais rapidamente requer que a energia seja transferida mais rapidamente. A potência é medida em joules por segundo (J/s) ou watts (W).

5.1.4 Fluxo de Calor. Fluxo de calor é um termo que descreve a quantidade de potência por unidade de área. Um quilowatt espalhado por 1 m_2é aproximadamente igual ao fluxo de calor radiante ao ar livre em um dia ensolarado. Se esse mesmo quilowatt for concentrado usando uma lupa e só se espalham por 0,05 m_2(500 centímetros$_2$), pode haver energia suficiente transferida para aquela área para causar ignição de bles. O fluxo de calor é medido em kW/$m_2$ou W/cm_2.

5.1.5 Tetraedro do Fogo.A reação de combustão pode ser caracterizada por quatro componentes: o combustível, o agente oxidante, o calor e a reação química em cadeia não inibida. Esses quatro componentes foram simbolizados classicamente por uma forma geométrica sólida de quatro lados chamada tetraedro.*(veja a Figura 5.1.5)*. Incêndios podem ser prevenidos ou suprimidos controlando ou removendo um ou mais dos lados do tetraedro.

5.1.5.1 Combustível.A fuel is any substance that can undergo combustion. The majority of fuels encountered are organic, which simply means that they are carbon-based and may contain other elements such as hydrogen, oxygen, and nitrogen in varying ratios. Examples of organic fuels include wood, plastics, gasoline, alcohol, and natural gas. Inorganic fuels contain no carbon and include combustible metals, such as magnesium or sodium. All matter can exist in one of three states: solid, liquid, or gas. The state of a given material depends on the temperature and pressure and can change as

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

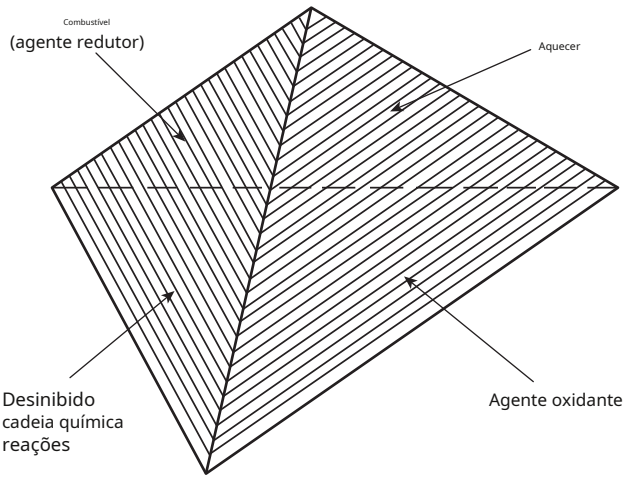


FIGURA 5.1.5 Tetraedro do Fogo.

condições variam. Se estiver frio o suficiente, o dióxido de carbono, por exemplo, pode existir como um sólido (gelo seco). O estado normal de um material é aquele que existe em condições NTP (temperatura e pressão normais): temperatura de 20°C (68°F) e pressão de 101,6 kPa (14,7 psi), ou 1 atmosfera ao nível do mar.

5.1.5.1.1A combustão de combustíveis líquidos e da maioria dos combustíveis sólidos ocorre acima da superfície do combustível em uma região de vapores criada pelo aquecimento da superfície do combustível. O calor pode vir das condições ambientais, da presença de uma fonte de ignição ou da exposição a um incêndio existente. A aplicação de calor faz com que vapores ou produtos de pirólise sejam liberados na atmosfera, onde podem queimar se na mistura adequada com um oxidante e se uma fonte de ignição competente estiver presente ou se a temperatura de autoignição do combustível for atingida. A ignição é discutida na Seção 5.7.

5.1.5.1.2 Combustíveis gasosos não requerem vaporização ou pirólise antes que a combustão possa ocorrer. Apenas a mistura adequada com um oxidante e uma fonte de ignição são necessárias.

5.1.5.1.3 Para os propósitos da discussão a seguir, o termo*combustível* é usado para descrever vapores e gases em vez de sólidos.

5.1.5.2 Agente Oxidante. Na maioria das situações de incêndio, o agente oxidante é o oxigênio na atmosfera terrestre. O fogo pode ocorrer na ausência de oxigênio atmosférico, quando os combustíveis são misturados com oxidantes químicos. Muitos oxidantes químicos contêm oxigênio prontamente liberado. Fertilizante de nitrato de amônio ($NH_4NÃO_3$), nitrato de potássio (KNO_3) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) são exemplos.

5.1.5.2.1 Certos gases podem formar misturas inflamáveis em atmosferas diferentes do arou boi ygen. Um exemplo é uma mistura de gás hidrogênio e cloro.

5.1.5.2.2 Toda mistura ar-combustível tem uma relação ótima na qual o bustio n será maist eficaz iente. Essa proporção ocorrers em ou perto da mistura conhecida porquímica como a razão estequiométrica. Quando a quantidade de ar está em equilíbrio com a quantidade de combustível (ou seja, após a queima não há combustível não utilizado nem ar não utilizado), a queima é denominada estequiométrica. Esta condição raramente ocorre em incêndios, exceto em certos tipos de incêndios a gás.*(Ver 22.8.2.1.)*

5.1.5.3 Calor.O componente de calor do tetraedro representa energia térmica acima do nível mínimo necessário para liberar vapores de combustível e causar ignição. O calor é comumente definido em termos de intensidade ou taxa de aquecimento (quilowatts) ou como a energia térmica total recebida ao longo do tempo (quilojoules). Em um incêndio, o calor produz vapores de combustível, causa ignição e promove o crescimento do fogo e a propagação da chama, mantendo um ciclo contínuo de produção e ignição de combustível.

5.1.5.4 Reação Química em Cadeia Não Inibida.A combustão é um conjunto complexo de reações químicas que resulta na rápida oxidação de um combustível, produzindo calor, luz e uma variedade de subprodutos químicos. A oxidação lenta, como a ferrugem ou o amarelecimento do jornal, produz calor tão lentamente que a combustão não ocorre. A combustão auto-sustentada ocorre quando o excesso de calor da reação exotérmica irradia de volta para o combustível para produzir vapores e causar ignição na ausência da fonte de ignição original. Para uma discussão detalhada sobre ignição, consulte a Seção 5.7.

Δ 5.2 Química.

5.2.1 Mudanças de Fase e Decomposição Térmica.A resposta dos combustíveis ao calor é bastante variada. A Figura 5.2.1 ilustra a ampla gama de processos que podem ocorrer.

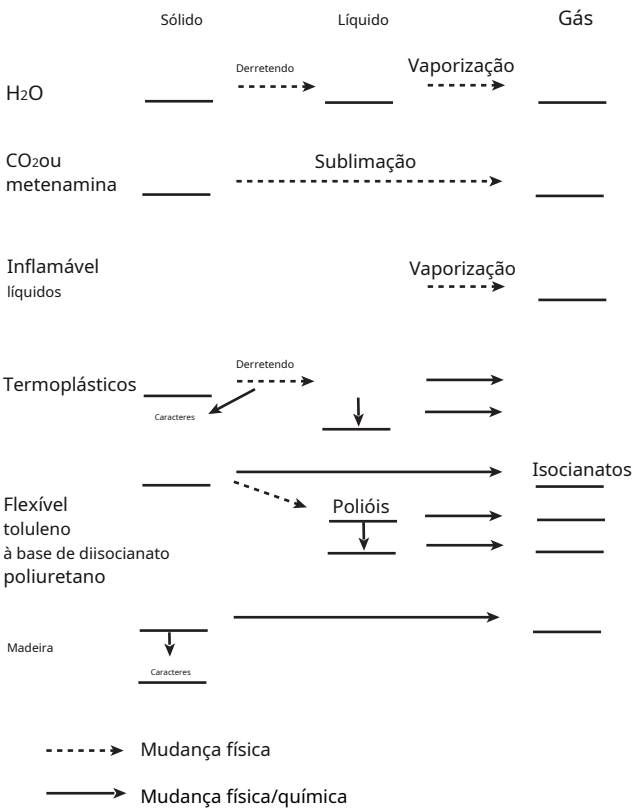


FIGURA 5.2.1 Alterações físicas e químicas durante a decomposição térmica. [*Adotado de Beyler e Hirschler (2002).*]

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

5.2.1.1 As mudanças de fase mais relevantes no fogo são a fusão e a vaporização. Na fusão, o material muda de sólido para líquido sem alteração na estrutura química do material (por exemplo, fusão de cera de vela). Na vaporização, o material muda de líquido para vapor sem alteração na estrutura química do material (por exemplo, evaporação de cera de vela derretida no pavio para formar o vapor que queima na chama da vela). As mudanças de fase são eventos reversíveis, ou seja, após o resfriamento, os vapores retornarão ao estado líquido e os líquidos solidificarão.

5.2.1.2A decomposição térmica envolve mudanças irreversíveis na estrutura química de um material devido aos efeitos do calor (pirólise). A decomposição térmica de um sólido ou líquido geralmente resulta na produção de gases. A madeira decompõe-se para criar carvão e vapores, alguns dos quais são inflamáveis. Sob aquecimento vigoroso, o poliuretano flexível se decompõe para formar um líquido e gases ou vapores inflamáveis. Em condições de aquecimento mais moderadas, o poliuretano flexível decompõe-se em carvão e gases ou vapores inflamáveis.

5.2.2 Combustão. As reações de combustão podem ser caracterizadas pelo tetraedro de fogo*(ver 5.1.5)*e pode ocorrer com o combustível e o oxidante já misturados (queima pré-misturada) ou com o combustível e o oxidante inicialmente separados (queima por difusão). Ambas as chamas pré-misturadas e de difusão são importantes no fogo.

5.2.2.1A queima pré-misturada ocorre quando os vapores do combustível se misturam com o ar na ausência de uma fonte de ignição e a mistura ar-combustível é subsequentemente inflamada. Exemplos de combustível e ar pré-misturados incluem a liberação de gás natural no meio ambiente e a evaporação da gasolina. Após a aplicação de uma fonte de ignição à mistura ar-combustível, uma chama pré-misturada se propaga rapidamente através do volume de ar-combustível. A propagação da chama pré-misturada pode ocorrer como deflagração (combustão subsônica) ou como detonação (combustão supersônica). As velocidades de deflagração normalmente variam de cm/s a m/s, embora sejam possíveis velocidades de centenas de m/s. As velocidades de detonação são normalmente na casa dos milhares de m/s. A propagação de chama pré-misturada em um volume confinado é normalmente chamada de explosão de combustão.

5.2.2.2 Combustíveis Gasosos. Para que gases e vapores inflamáveis de líquidos inflamáveis entrem em ignição, eles devem ser misturados com uma quantidade suficiente de oxidante (tipicamente oxigênio atmosférico) para permitir que a reação de combustão ocorra. A porcentagem da mistura de combustível gasoso ao ar em volume deve estar dentro de uma faixa específica para que ocorra a combustão. Isso é conhecido como o alcance inflamável ou explosivo do combustível.

5.2.2.2.1 Alcance Inflamável/Explosivo.A faixa inflamável ou explosiva de um combustível é expressa em porcentagem de gás ou vapor inflamável no ar por volume. Neste contexto, as palavras "inflamável" e "explosivo" são intercambiáveis. A faixa inflamável ou explosiva é específica para o combustível envolvido. Cada gás ou vapor inflamável tem sua própria faixa ou limites de inflamabilidade.

5.2.2.2.2 Limite Explosivo Inferior (Limite Inflamável Inferior). A porcentagem mínima de combustível no ar (por volume) em que a combustão pode ocorrer é o limite inferior de explosão (LEL) do material. Em uma mistura que está abaixo de seu LEL não ocorrerá combustão. Isso ocorre porque abaixo do LEL há moléculas de combustível insuficientes na mistura. A mistura pode ser considerada "muito magra".

5.2.2.2.3 Limite Explosivo Superior (Limite Superior de Inflamabilidade). Há também uma porcentagem máxima de combustível no ar (por volume) em que a combustão pode ocorrer. Isso é chamado de limite explosivo superior (UEL). Isso ocorre porque acima do UEL a combustão não ocorrerá porque há moléculas de oxigênio insuficientes na mistura. Pode-se dizer que essas misturas são "muito ricas".

5.2.2.2.4 Por exemplo, os limites inflamáveis inferior e superior do metano são 5% e 15%, respectivamente, no ar em temperaturas normais. Em concentrações abaixo de 5% e acima de 15% de metano, o metano não queima no ar em temperaturas normais. Em situações em que o UEL é excedido, muitas vezes há um ponto em que a concentração do gás cai devido à difusão e pode ocorrer a combustão. Conseqüentemente, as considerações do UEL geralmente são relevantes apenas no caso de um recipiente fechado ou um local próximo a uma fonte de combustível antes que ocorra uma mistura significativa com o ar.

5.2.2.2.5A diferença entre os limites inferior e superior é chamada de inflamável ou explosivo.*variar*. A extensão (largura) da faixa inflamável ou explosiva de um material, bem como seu LEL e UEL, estão entre as propriedades que descrevem o risco de incêndio de um material. Por exemplo, a faixa inflamável do hidrogênio é de 71% (4% a 75%). Ao considerar o risco de incêndio de gases e vapores inflamáveis, quanto menor o LEL, quanto maior o UEL e quanto maior a faixa inflamável ou explosiva, maior o risco de incêndio do material combustível.

5.2.2.3A queima de chama por difusão é o modo de queima sustentado comum na maioria dos incêndios. Os vapores do combustível e o oxidante são separados e a combustão ocorre na região onde eles se encontram. Uma chama de difusão é caracterizada por uma chama de vela na qual existe a zona de chama luminosa onde o ar e os vapores de combustível se encontram.

5.2.2.4*As chamas de difusão só podem ocorrer para determinadas concentrações dos componentes da mistura. A concentração mais baixa de oxigênio no nitrogênio é chamada de índice de oxigênio limitante (LOI). Para a maioria dos vapores de combustível, o LOI está na faixa de 10% a 14% em volume em temperaturas normais (Beyler 2002). Da mesma forma, uma corrente de gás combustível pode ser diluída com nitrogênio ou outro gás inerte na medida em que a queima não é mais possível. Por exemplo, metano diluído com nitrogênio abaixo de 14% de metano não queimará com o ar em temperaturas normais. Um incêndio de compartimento mal ventilado pode se comportar como uma grande chama de difusão. Em um incêndio de compartimento controlado por ventilação, as concentrações de oxigênio podem cair para quase zero em locais distantes de fontes de ventilação. Isso limitará a combustão em chamas dentro do compartimento.

5.2.2.5 As transições da queima pré-misturada para a queima por difusão são comuns durante a ignição de combustíveis líquidos e sólidos. Por exemplo, se uma fonte de ignição for aplicada a uma panela de gasolina, a fonte de ignição inflama os vapores de gasolina misturados com o ar acima da panela. Esses vapores são rapidamente consumidos e a queima dos vapores do combustível da panela de gasolina ocorre como uma chama de difusão.

•

5.3* Produtos de Combustão.

5.3.1 Os produtos químicos da combustão podem variar muito, dependendo dos combustíveis envolvidos e da quantidade de ar disponível. A combustão completa de combustíveis de hidrocarbonetos contendo apenas hidrogênio e carbono produzirá dióxido de carbono e água. Materiais contendo nitrogênio, como seda, lã e espuma de poliuretano, podem produzir óxidos de nitrogênio ou hidrogênio

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

cianeto como produtos de combustão em algumas condições de combustão. Literalmente centenas de compostos foram identificados como produtos da combustão incompleta da madeira.

5.3.2 Onde há menos ar disponível para combustão, como em incêndios controlados por ventilação*(ver 5.10.2.8)*, a produção de monóxido de carbono aumenta, assim como a produção de fuligem e combustíveis não queimados.

5.3.3 Os produtos de combustão existem em todos os três estados da matéria: sólido, líquido e gasoso. O material sólido compõe os produtos de cinzas e fuligem que representam a "fumaça" visível. Muitos dos outros produtos da combustão incompleta existem como vapores ou como gotículas de alcatrão extremamente pequenas ou aerossóis. Esses vapores e gotículas geralmente se condensam em superfícies mais frias que a fumaça, resultando em padrões de fumaça que podem ser usados para ajudar a determinar a origem e a propagação do incêndio. Tais superfícies incluem paredes, tetos e vidro. Como a condensação do resíduo resulta de diferenças de temperatura entre o corpo de fumaça e a superfície afetada, a presença de um depósito é evidência de que a fumaça envolveu a superfície, mas a falta de depósito ou a presença de uma linha nítida de demarcação não é evidência de os limites do envolvimento do fumo.

5.3.4 Os produtos de fuligem e alcatrão geralmente se acumulam mais nas superfícies de cerâmica do que em outras superfícies circundantes devido às propriedades de condução de calor da telha cerâmica. As superfícies que permanecem mais frias por mais tempo tendem a coletar mais condensado.

5.3.5 Alguns combustíveis, como álcool ou gás natural, queimam de forma muito limpa, enquanto outros, como óleo combustível ou estireno, produzem grandes quantidades de fumaça de fuligem mesmo quando o fogo é controlado pelo combustível.

5.3.6A fumaça é geralmente considerada a coleção de produtos sólidos, líquidos e gasosos da combustão incompleta.

5.3.7A cor da fumaça não é necessariamente um indicador do que está queimando. Enquanto a fumaça de madeira de um fogo de madeira bem ventilado ou controlado por combustível é de cor clara ou cinza, o mesmo combustível sob condições de baixo oxigênio, ou condições controladas de ventilação em um incêndio pós-flashover, pode ser bastante escuro ou preto. A fumaça preta também pode ser produzida pela queima de outros materiais, incluindo a maioria dos plásticos e líquidos inflamáveis.

5.3.8A ação de combate a incêndio também pode afetar a cor da fumaça que está sendo produzida. A aplicação de água pode produzir grandes volumes de vapor condensado que aparecerá branco ou cinza quando misturado com a fumaça preta do fogo. Este resultado é frequentemente observado por testemunhas no local do incêndio e foi mal interpretado para indicar uma mudança de combustível sendo queimado.

5.3.9 As taxas de produção de fumaça são geralmente menores na fase inicial de um incêndio, mas aumentam muito com o início do flashover, se ocorrer flashover. No início de um incêndio há uma abundância de oxigênio, mas após o flashover o fogo geralmente se torna significativamente pouco ventilado. Isso pode ser demonstrado colocando um copo sobre uma vela e observando o aumento da produção de fumaça devido à redução do oxigênio no volume ao redor da chama.

5.4* Fluxos de Fluidos.

5.4.1 Geral. Os fluxos podem ser gerados por forças mecânicas (como ventiladores) ou por forças de empuxo geradas por diferenças de temperatura. Na maioria dos casos, fluxos flutuantes são mais significativos em incêndios. Fluxos flutuantes importantes no fogo incluem fogo plumas acima de objetos em chamas, jato de teto flui quando os gases da pluma atingem o teto e se movem ao longo do teto, e o fluxo de gases quentes para fora de uma porta ou janela (fluxos de ventilação).

5.4.2 Fluxos Flutuantes. Os fluxos flutuantes ocorrem porque os gases quentes são menos densos que os gases frios. Isso faz com que os gases quentes subam, assim como um balão de ar quente sobe.

5.4.3 Plumas de Incêndio.O motor primário dos fluxos é a criação de gases quentes pelo próprio fogo. Os gases quentes criados pelo fogo sobem acima da fonte de fogo como uma pluma de fogo. À medida que os gases quentes sobem, eles se misturam ou arrastam o ar circundante, de modo que o fluxo de gases na pluma aumenta com a altura acima do fogo e, ao mesmo tempo, a temperatura da pluma é reduzida pela entrada de ar. É a entrada de ar na pluma que faz com que a pluma aumente de diâmetro à medida que sobe.

5.4.4 Jatos de teto. Quando uma nuvem de incêndio atinge o teto de uma sala, os gases se movem lateralmente ao longo do teto como um jato de teto. O jato de teto flui ao longo do teto até que o fluxo encontre uma obstrução vertical, como uma parede. O jato de teto quente é geralmente responsável pela operação de detectores ou sprinklers montados no teto.

5.4.5 Fluxos de Ventilação.A flutuabilidade dos gases em um incêndio no compartimento causa fluxo para dentro e para fora de um compartimento através de aberturas. Em um incêndio de compartimento com uma única abertura de ventilação, os gases quentes fluem pela parte superior da abertura e o ar fresco entra nas partes inferiores da abertura.

5.5* Transferência de calor.

5.5.1 Geral.A transferência de calor é classicamente definida como o transporte de energia térmica de um ponto a outro causado por uma diferença de temperatura entre esses pontos. A taxa de transferência de calor por unidade de área (também conhecida como fluxo de calor) é normalmente expresso em kW/m_2. A transferência de calor é um fator importante nos incêndios e tem efeito na ignição, crescimento, propagação, decaimento (redução na produção de energia) e extinção. A transferência de calor também é responsável por grande parte das evidências físicas usadas pelos investigadores que tentam estabelecer a origem e a causa de um incêndio.

5.5.1.1É importante distinguir entre calor e temperatura. A temperatura é uma medida que expressa o grau de atividade molecular de um material em relação a um ponto de referência, como o ponto de congelamento da água. Calor é a energia necessária para alterar a temperatura de um objeto. Quando a energia térmica é transferida para um objeto, a temperatura aumenta. Quando o calor é transferido para longe de um objeto, a temperatura diminui.

5.5.1.2A menos que o trabalho seja realizado no sistema por forças externas, o calor é naturalmente transferido de uma massa de temperatura mais alta para uma massa de temperatura mais baixa. A transferência de calor é medida em termos de fluxo de energia por unidade de tempo (quilowatts). Quanto maior a diferença de temperatura entre os objetos, mais energia transferida por unidade de tempo e maior a taxa de transferência de calor. A temperatura pode ser comparada à pressão em uma mangueira de incêndio e transferência de calor ou energia para o fluxo de água em galões por minuto.

5.5.1.3A transferência de calor é realizada por três mecanismos: condução, convecção e radiação. Todos os três mecanismos desempenham um papel no incêndio, e uma compreensão de cada um é necessária na investigação de um incêndio.

5.5.2 Condução.A condução é a forma de transferência de calor que ocorre dentro dos sólidos quando uma parte de um objeto é aquecida. A energia é transferida da área aquecida para a área

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

área não aquecida a uma taxa dependente da diferença de temperatura e da condutividade térmica *(k)* do material. A condutividade térmica *(k)* de um material é uma medida da quantidade de calor por unidade de tempo que fluirá através de uma unidade de área com um gradiente de temperatura de 1 grau por unidade de comprimento (W/mK, Btu/hr-ft-°F). A capacidade calorífica (calor específico) de um material é uma medida da quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de uma unidade de massa em 1 grau, sob condições especificadas (J/kg-K, Btu/lb-°F).).

5.5.2.1 Se a condutividade térmica *(k)* é alta, a taxa de transferência de calor através do material é alta. Os metais têm alta condutividade térmica *(k)*, enquanto plásticos e vidros têm baixa condutividade térmica *(k)* valores. Os materiais de alta densidade conduzem o calor mais rapidamente do que os materiais de baixa densidade. Portanto, materiais de baixa densidade são bons isolantes. Materiais com alta capacidade de calor *(c)* requerem mais energia para elevar a temperatura do que materiais com valores de baixa capacidade calorífica.

5.5.2.2* Quando uma porção de um sólido é exposta a uma alta temperatura e outra porção desse sólido está a uma temperatura mais baixa, então a energia térmica será transferida para e através do sólido das áreas de temperatura mais alta para a mais baixa. Inicialmente, a energia térmica que se move através do sólido aumentará a temperatura em todos os pontos internos para algum nível de temperatura entre o extremo alto e o extremo baixo. Quando as temperaturas em todos os pontos internos param de aumentar, diz-se que a temperatura e a transferência de calor dentro do sólido estão em uma condição térmica de estado estacionário. Durante a transferência de calor em estado estacionário, uma condição rara na maioria dos cenários de incêndio, a condutividade térmica *(k)* é a propriedade de transferência de calor dominante. A Figura 5.5.2.2 mostra a temperatura superficial máxima em regime permanente alcançável em função do fluxo radiante incidente. Embora atingir essas temperaturas de estado estacionário possa levar um período de tempo irreal, o gráfico é ilustrativo da temperatura de superfície máxima possível para um determinado fluxo de calor radiante incidente.

5.5.2.3 Inércia Térmica. Durante o aquecimento transitório, uma condição mais comum, o resultado é a alteração das taxas de transferência de calor e temperatura. Durante este período, todas as três propriedades - condutividade térmica *(k)*, densidade (ρ) e capacidade calorífica *(c)*— desempenhar um papel. Multiplicadas como um produto matemático, essas propriedades são chamadas de *inércia térmica*, *kρc*, de um material. A inércia térmica de um material é uma medida da facilidade com que a temperatura da superfície do material aumentará quando o calor fluir para o material. Materiais de baixa densidade, como espuma de poliuretano, têm baixa inércia térmica e a temperatura da superfície aumentará rapidamente após a exposição a um fluxo de calor. Por outro lado,

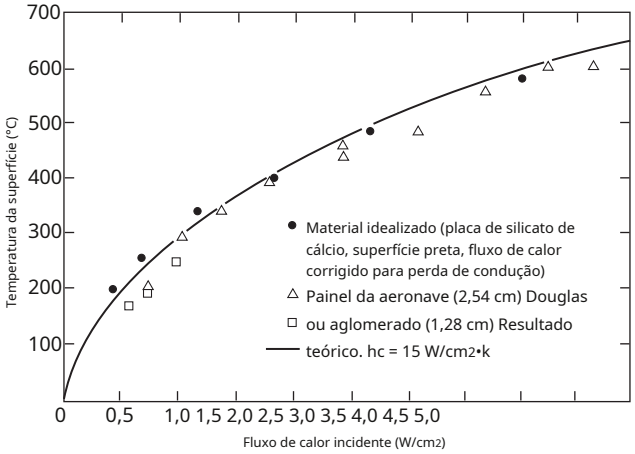


FIGURA 5.5.2.2 Temperatura máxima da superfície alcançável a partir de um fluxo de calor radiante em estado estacionário em um ambiente com temperatura ambiente normal [20°C (68°F)].

os metais têm uma alta inércia térmica devido à sua alta condutividade térmica e alta densidade. Como tal, quando exposto a uma chama, a temperatura da superfície de um objeto de metal aumenta relativamente lentamente em comparação com a temperatura da superfície de um objeto de plástico ou madeira. A Tabela 5.5.2.3 fornece dados para alguns materiais comuns à temperatura ambiente. As propriedades térmicas são geralmente uma função da temperatura.

5.5.2.4 A influência da inércia térmica na temperatura da superfície de um material espesso ocorre principalmente durante o tempo em que a temperatura da superfície está aumentando. Eventualmente, à medida que o material atinge uma temperatura constante, os efeitos da densidade (ρ) e da capacidade calorífica *(c)* tornam-se insignificantes em relação à condutividade térmica. Portanto, a inércia térmica de um material é mais importante no início e nos estágios iniciais de um incêndio.

5.5.2.5 O efeito da condução de calor em um material é um aspecto importante da ignição. A inércia térmica determina a rapidez com que a temperatura da superfície aumentará. Quanto menor a inércia térmica do material, mais rápido a temperatura da superfície aumentará.

5.5.2.6 A condução também é um mecanismo de propagação do fogo. O calor conduzido através de uma parede ou ao longo de um tubo ou viga pode causar ignição de combustíveis em contato com o objeto aquecido. Materiais termicamente finos são aqueles que são fisicamente finos ou têm uma condutividade térmica muito alta. A espessura completa

Δ Tabela 5.5.2.3 Propriedades Térmicas dos Materiais Selecionados

Material	Condutividade térmica (*k*) (W/(mK))	Densidade (ρ) (kg/m³)	Capacidade de calor (*c*) (J/(kg-K))	Inércia Térmica (*kρc*) ($C^2 \times s/k^2m^4$)
Cobre	387	8940	380	1301×10^6
Concreto	0,8–1,4	1900–2300	880	$1,34 \times 10^6$–$2,83 \times 10^6$
Gesso em gesso	0,48	1440	840	$0,581 \times 10^6$
Carvalho	0,17	800	2380	$0,324 \times 10^6$
Pinho (amarelo)	0,14	640	2850	$0,255 \times 10^6$
Polietileno	0,35	940	1900	$0,625 \times 10^6$
Poliestireno (rígido)	0,11	1100	1200	$0,145 \times 10^6$
Policloreto de vinila	0,16	1400	1050	$0,235 \times 10^6$
Poliuretano*	0,034	20	1400	$0,000952 \times 10^6$

* Valores e propriedades típicos variam com a temperatura . *Fonte:* Drysdale (2011).

cópia de direito National Fire Protection Association
Provisão ded por IHS Markit sob licença com NFPA

A densidade do material está aproximadamente na mesma temperatura durante o aquecimento. A taxa de aumento de temperatura depende da massa térmica do material, que é a massa por unidade de área multiplicada pela capacidade calorífica do material. Sujeito à mesma fonte de calor, uma cortina fina aquece mais rapidamente do que uma cortina grossa. Este efeito tem um impacto direto na igni- tibilidade e na propagação da chama.

5.5.3 Convecção.A convecção é a transferência de energia térmica pelo movimento de líquidos ou gases aquecidos da fonte de calor para uma parte mais fria do ambiente. Na maioria dos casos, a convecção estará presente em qualquer ambiente onde existam diferenças de temperatura, embora em alguns casos possa ser encontrada uma condição estratificada estável que não cause movimento de fluido.

5.5.3.1O calor é transferido por convecção para um sólido quando gases quentes passam sobre superfícies mais frias. A taxa de calor absorvida pelo sólido é uma função da diferença de temperatura entre o gás quente e a superfície, a inércia térmica do material que está sendo aquecido, a área da superfície exposta ao gás quente e a velocidade do gás quente. Quanto maior a velocidade do gás, maior a taxa de transferência de calor por convecção. Como a própria chama é um gás quente, o contato da chama envolve a transferência de calor por convecção.

5.5.3.2 Na parte inicial de um incêndio, a convecção desempenha um papel importante no aquecimento das superfícies expostas aos gases aquecidos pelo fogo. À medida que a temperatura ambiente aumenta, a convecção continua, mas o papel da radiação aumenta rapidamente e se torna o mecanismo dominante de transferência de calor.

5.5.3.3A transferência de calor por convecção ocorre por dois mecanismos, convecção natural e forçada. Na convecção forçada, a velocidade do gás que flui sobre o material é imposta externamente (por exemplo, por um ventilador). Na convecção natural, a velocidade do gás que flui sobre o material é o resultado de fluxos induzidos por empuxo associados à diferença de temperatura entre a superfície e o gás. A transferência de calor de uma superfície quente em um ambiente quiescente é por convecção natural. A pluma de gás quente acima da superfície quente resulta da alta temperatura da superfície quente em relação ao ambiente.

Δ **5.5.4 Radiação.**A radiação é a transferência de energia térmica de uma superfície ou gás quente, o radiador, para um material mais frio, o alvo, por ondas eletromagnéticas sem a necessidade de um meio intermediário. Por exemplo, a energia térmica do sol é irradiada para a terra através do vácuo do espaço. A energia radiante pode ser transferida apenas pela linha de visão e será reduzida ou bloqueada por materiais intermediários. Alguns intervenientes materiais não bloqueie todo o calor radiante. Por exemplo, o calor radiante é reduzido em cerca de 50% por alguns materiais de vidro. Radiadores e alvos não estão limitados a sólidos, mas também podem ser líquidos e gases. Por exemplo, a fumaça e os gases quentes que se acumulam no nível do teto em um incêndio de compartimento são a fonte de calor radiante que pode levar à ignição de materiais.

5.5.4.1A taxa de transferência de calor de um material radiante é proporcional à temperatura absoluta desse material elevada à quarta potência. Por exemplo, dobrar a temperatura absoluta de um material radiante resultará em um aumento de 16 vezes na radiação desse material. A Figura 5.5.4.1 ilustra esta relação. Como todos os materiais emitem energia radiante proporcional à quarta potência de suas temperaturas absolutas, então a radiação líquida de calor entre dois materiais separados no espaço é proporcional à diferença nas quartas potências da temperatura absoluta.

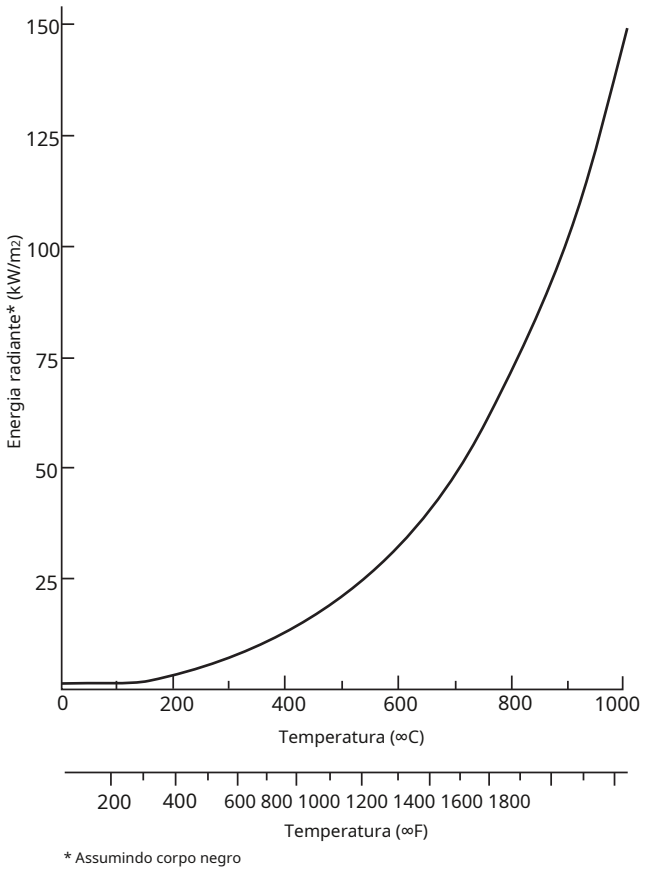


FIGURA 5.5.4.1 Relação da Radiação com a Temperatura.

temperaturas. As temperaturas absolutas são medidas em Kelvins (°C + 273).

5.5.4.2A taxa de transferência de calor radiante também é fortemente afetada pela distância entre o radiador e o alvo. À medida que a distância aumenta, a quantidade de energia que cai em uma unidade de área diminui de uma maneira relacionada ao tamanho da fonte radiante e à distância do alvo. Por exemplo, quando a distância entre o radiador e o alvo dobra, a quantidade de transferência de calor radiante líquida pode não mudar significativamente ou pode cair para apenas um quarto de seu valor original, dependendo do tamanho do radiador em relação ao a distância envolvida. A Tabela 5.5.4.2 fornece informações gerais sobre os efeitos dos fluxos de calor radiante.

5.5.5* Termometria.Termometria é o estudo da ciência, metodologia e prática da medição de temperatura. Embora a termometria raramente seja necessária no local do incêndio, ela é frequentemente usada durante a análise ou em casos de segurança contra incêndio ou conformidade com o código em que as várias fórmulas físicas ou termodinâmicas se apresentam.

5.5.5.1 Existem vários sistemas para medir graus de temperatura e o calor e o frio relativos de uma substância. Esses sistemas podem ser descritos em duas categorias gerais: escalas de temperatura empíricas e escalas de temperatura termodinâmicas.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Δ Tabela 5.5.4.2 Efeito do fluxo de calor radiante

Aproximado Calor radiante Fluxo (kW/m2)	Comentário ou efeito observado
170	Fluxo de calor máximo como atualmente medido em um incêndio pós-flashover compartimento.
80	Fluxo de calor para roupas de proteção Desempenho de proteção térmica (TPP) Teste.[uma]
52	O painel de fibra acende espontaneamente após 5 segundos.[b]
29	A madeira inflama-se espontaneamente após exposição prolongada.[b]
20	Fluxo de calor em um piso de uma sala de família residencial no início do flashover.[c]
20	A pele humana sente dor com uma exposição de 2 segundos e bolhas no 4 segundos com queimadura de segundo grau.[d]
15	A pele humana experimenta dor com uma exposição de 3 segundos e bolhas no 6 segundos com queimadura de segundo grau.[d]
12,5	Os voláteis da madeira inflamam com exposição prolongada[e]e ignição pilotada. A
10	pele humana experimenta dor com uma exposição de 5 segundos e bolhas no 10 segundos com queimadura de segundo grau.[d]
5	A pele humana experimenta dor com uma exposição de 13 segundos e bolhas no 29 segundos com queimadura de segundo grau.[d]
2,5	A pele humana experimenta dor com uma exposição de 33 segundos e bolhas no 79 segundos com queimadura de segundo grau.[d]
2,5	Exposição comum à radiação térmica durante o combate a incêndios.[f]Este nível de energia pode causar queimaduras com exposição prolongada.
1,0	Constante solar nominal em um dia claro de verão.[g]

Nota: A unidade kW/m2define a quantidade de energia térmica ou fluxo que atinge uma área de superfície conhecida de um objeto. A unidade kW representa 1000 watts de energia e a unidade m2representa a área da superfície de um quadrado medindo 1 m de comprimento e 1 m de largura. Por exemplo, 1,4 kW/m2representa 1,4 multiplicado por 1000 e é igual a 1400 watts de energia. Esta área de superfície pode ser a da pele humana ou qualquer outro material.

[uma]Da NFPA 1971.

[b]De Lawson, “Fogo e a Bomba atômica."

[c]De Fang e Breese, “Desenvolvimento de Incêndios em Salas de Caves Residenciais”.

[d]A partir de SFPE *Guia de Engenharia: Previsão e Grau de Queimaduras na Pele por Radiação Térmica*. março de 2000.

[e]De Lawson e Simms, “A ignição da madeira por radiação”, pp. 288–292.

[f]Da US Fire Administration, “Minimum Standards on Structural Fire Fighting Protective Clothing and Equipment”, 1997.

[g]*SFPE Manual de Engenharia de Proteção contra Incêndios*, 2ndedição.

5.5.5.2 Escalas Empíricas de Temperatura. As escalas Fahrenheit e Celsius (Centígrados) são as escalas de temperatura empíricas mais familiares. O tamanho de um grau de temperatura em cada sistema empírico é baseado nas temperaturas relativas nas quais a água ferve e congela e outras comparações empíricas.

5.5.5.2.1 Fahrenheit.A escala Fahrenheit é baseada em uma diferença de 180 graus entre as temperaturas de congelamento e ebulição da água pura. Na escala Fahrenheit, a água congela a 32 graus Fahrenheit e ferve a 212 graus Fahrenheit. O zero absoluto é -459,67 graus Fahrenheit.

5.5.5.2.2 Celsius (Centígrados).A escala Celsius ou Centígrada é baseada no ponto de congelamento da água pura sendo 0 graus Celsius e o ponto de ebulição de 100 graus Celsius. O zero absoluto é -273,15 graus Celsius.

5.5.5.2.2.1 As escalas Celsius e Kelvin são unidades do SI.

5.5.5.3 Escalas de Temperatura Termodinâmicas (Absolutas). As escalas de temperatura termodinâmicas são baseadas na temperatura mais baixa possível do zero absoluto e, portanto, são chamadas de escalas de temperatura absolutas. A definição mais simples de *zero absoluto*é: uma característica teórica de temperatura mais baixa viável pela ausência de calor e movimento molecular. As escalas de temperatura termodinâmicas diferem das escalas empíricas por se basearem nas leis fundamentais da termodinâmica ou da mecânica estatística em vez da escala das propriedades da água. Onde as medições são feitas em unidades SI, a temperatura termodinâmica é medida em Kelvins (símbolo: K). Muitos campos de engenharia nos Estados Unidos, no entanto, medem a temperatura termodinâmica usando a escala Rankine (símbolo: R).

5.5.5.3.1*Kelvin.*Um Kelvin de temperatura é do mesmo tamanho que um grau Celsius, mas a escala começa no zero absoluto (0 Kelvin) e a água congela em 273,15 Kelvin.

5.5.5.3.2*Rankine.*A escala Rankine usa incrementos do mesmo tamanho relativo que a escala de graus Fahrenheit, mas a escala começa no zero absoluto (0 Rankine) e a água congela em 491,67 Rankine.

5.5.5.3.3O tamanho de um grau Fahrenheit ou Rankine é menor que o de um grau Celsius ou Kelvin. As fórmulas para conversão entre escalas de temperatura são apresentadas na Tabela 5.5.5.3.3.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Tabela 5.5.5.3.3 Conversões entre as várias escalas de temperatura

Para converter entre as escalas de temperatura Fahrenheit, Celsius, Rankine e Kelvin, são usadas as seguintes fórmulas:	
Para converter de Fahrenheit para Celsius:	$°C = {}_5/_9(°F - 32)$
Para converter de Celsius para Fahrenheit:	$°F = ({}_9/_5°C) + 32$
Para converter de Fahrenheit para Rankine:	$R = °F + 460$
Para converter de Rankine para Fahrenheit:	$°F = R - 460$
Para converter de Fahrenheit para Kelvin:	$K = {}_5/_9(°F - 32) - 273$
Para converter de Kelvin para Fahrenheit:	$°F = {}_9/_5(K - 273) + 32$
Para converter de Celsius para Kelvin:	$K = °C - 273$
Para converter de Kelvin para Celsius:	$°C = K + 273$
Para converter de Celsius para Rankine:	$R = {}_9/_5°C + 492$
Para converter de Rankine para Celsius:	$°C = {}_5/_9(R - 492)$
Para converter de Rankine para Kelvin:	$K = {}_5/_9R$
Para converter de Kelvin para Rankine:	$R = {}_9/_5K$

5.5.5.3.4* A maioria dos cálculos da ciência do fogo envolvendo temperatura exige que sejam usadas unidades específicas de temperatura - normalmente Kelvins ou graus Celsius. É importante entender a equação específica e saber quais unidades são necessárias para garantir resultados precisos.

5.6* Carga de Combustível, Pacotes de Combustível e Propriedades das Chamas. Esta seção trata das propriedades de combustão de combustíveis e coleções de combustíveis.

5.6.1 Carga de Combustível.

5.6.1.1 O termo *carga de combustível* é usado para descrever a quantidade de combustível presente, geralmente dentro de um compartimento. Por exemplo, uma sala cheia de estantes contendo registros armazenados em caixas de papelão é considerada um compartimento de alta carga de combustível. É comumente expresso em termos de massa equivalente de combustível de madeira (kg ou lb) ou a energia potencial de combustão (MJ) associada a essa massa de combustível.

5.6.1.2 A energia potencial de combustão é determinada pela multiplicação da massa de combustível pelo calor de combustão dos combustíveis. Os calores de combustão variam tipicamente de 10 a 45 MJ/kg. Embora a carga total de combustível para um compartimento seja uma medida do calor total disponível se todo o combustível queimar, ela não determina a rapidez com que o fogo se desenvolverá quando o fogo começar. A carga de combustível pode ser usada em conjunto com o tamanho das aberturas de ventilação para estimar a duração da queima totalmente desenvolvida em um compartimento.

5.6.1.3 O termo *densidade de carga de combustível* é a saída potencial de energia de combustão por unidade de área útil [MJ/m_2($Btu/pés_2$)] ou o massa de combustível por unidade de área útil [kg/m_2($lb/pés_2$)]. As densidades de carga de combustível são mais frequentemente associadas a ocupações particulares ou usadas como meio para caracterizar as características de carga de incêndio do conteúdo da sala. A carga de combustível de um compartimento é determinada multiplicando a densidade da carga de combustível pela área do piso do compartimento.

5.6.2 Itens de Combustível e Pacote de Combustível.

5.6.2.1 Um item combustível é qualquer artigo que seja capaz de queimar. Um pacote de combustível é uma coleção ou conjunto de itens de combustível próximos uns dos outros, de modo que as chamas podem se espalhar por todo o conjunto. Pacotes de combustível de item único são possíveis quando o item de combustível está localizado longe de outros itens de combustível. Uma cadeira localizada longe de outros combustíveis é um exemplo de um pacote de combustível de item único. Os pacotes de combustível são geralmente identificáveis pela separação do conjunto de itens de combustível de outros itens de combustível. Os pacotes de combustível típicos incluem o seguinte:

(1) Um grupo de estações de trabalho de escritório adjacentes separadas de outras matrizes de combustível por corredores
(2) Uma coleção de móveis de sala de estar próximos uns dos outros, separados de outras matrizes de combustível por espaço
(3) Um rack de duas fileiras em um armazém, separado de outras prateleiras por corredores
(4) Uma empilhadeira com um palete de mercadorias localizado longe de outros combustíveis

5.6.2.2 A propagação do fogo de um pacote de combustível para outro é geralmente por ignição radiativa do pacote de combustível alvo.

5.6.3 Taxa de Liberação de Calor.

Δ5.6.3.1 Geral. A carga total de combustível na sala não tem influência sobre a taxa de crescimento de um determinado incêndio em sua fase de pré-flashover. Durante este período de desenvolvimento, a taxa de crescimento do fogo é determinada pela taxa de liberação de calor (HRR) da queima de matrizes de combustível individuais. O HRR descreve como a energia disponível em um determinado material ou grupo de materiais é liberada. Esta quantidade caracteriza a potência ou taxa de liberação de energia [watts (joules/s) ou quilowatts] de um incêndio e é uma medida quantitativa do tamanho do incêndio. Uma curva HRR generalizada pode ser caracterizada por um estágio inicial de crescimento, um período de queima em estado estacionário e um estágio de decaimento, conforme mostrado na Figura 5.6.3.1(a) até a Figura 5.6.3.1(c). A Equação 5.6.3.1 pode ser usada para calcular o HRR de um item em chamas. O calor de combustão é geralmente considerado uma propriedade do material e, portanto, uma constante para um combustível específico. Os valores para combustíveis específicos geralmente podem ser obtidos na literatura. A taxa de queima em massa de um

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

combustível depende de vários fatores, incluindo área de superfície, tipo de combustível e configuração do combustível. Os valores da taxa de queima de estado estacionário para muitos combustíveis foram estudados e estão disponíveis nas fontes que seguem a Tabela 5.6.3.1. O maior valor da HRR medido é definido como a HRR de pico. As HRRs de pico representativas para vários itens de combustível estão listadas na Tabela 5.6.3.1. Esses valores devem ser considerados apenas como valores representativos para fins comparativos. Itens de combustível com a mesma função (por exemplo, sofás) podem ter HRRs significativamente diferentes. A HRR de pico real para um item de combustível específico é melhor determinada por teste. A HRR durante a fase de crescimento geralmente aumenta como resultado do aumento das taxas de propagação da chama sobre o pacote de combustível. O pico ou período constante de liberação de calor é caracterizado pelo envolvimento total da superfície do combustível do pacote em chamas. A fase de decaimento reflete a redução no combustível restante e na área de combustível disponível para queima ou alguma outra interrupção da reação em cadeia desinibida, incluindo o consumo de oxigênio disponível ou atividades de supressão. O início, a duração e a gravidade desses estágios dependem de uma variedade de fatores, incluindo o fluxo de calor incidente para o item em chamas, as propriedades químicas e físicas do combustível, a área de superfície do combustível, o substrato no qual o combustível é aplicado. queimando e se está ou não queimando em ambiente fechado. incluindo consumo de oxigênio disponível ou atividades de supressão. O início, a duração e a gravidade desses estágios dependem de uma variedade de fatores, incluindo o fluxo de calor incidente para o item em chamas, as propriedades químicas e físicas do combustível, a área de superfície do combustível, o substrato no qual o combustível é aplicado. queimando e se está ou não queimando em ambiente fechado. incluindo consumo de oxigênio disponível ou atividades de supressão. O início, a duração e a gravidade desses estágios dependem de uma variedade de fatores, incluindo o fluxo de calor incidente para o item em chamas, as propriedades químicas e físicas do combustível, a área de superfície do combustível, o substrato no qual o combustível é aplicado. queimando e se está ou não queimando em ambiente fechado.

[5.6.3.1]

$$Q_J = m_J'' \, UMA \Delta H_c$$

Onde:

Q_J = taxa de liberação de calor (kW)

m_J'' = perda de massa por unidade de área por segundo (kg/m$_2$• s)

UMA=área em m$_2$

ΔH_c=calor de combustão do combustível (kJ/kg)

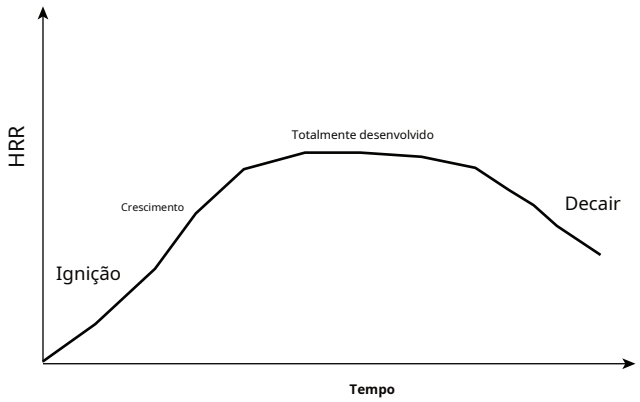


FIGURA 5.6.3.1(a) **Curva HRR idealizada para um combustível-Fogo Controlado.**

5.6.3.1.1 Dados de experimentos realizados pelo NIST em estruturas adquiridas demonstram o impacto da ventilação sobre as temperaturas no incêndio da estrutura. À medida que o oxigênio contido na estrutura é reduzido, a HRR do incêndio diminui e, como resultado, as temperaturas do gás dentro dos compartimentos em a estrutura diminui. À medida que o oxigênio adicional é disponibilizado para o fogo devido a uma mudança na ventilação, como a abertura de uma porta ou janela, o HRR e a temperatura começam a aumentar novamente. Este modelo idealizado de ventilação controlada precisa ser entendido como uma curva potencial de crescimento de incêndios em incêndios estruturais por bombeiros e investigadores de incêndio.

5.6.3.1.2 Enquanto a taxa de crescimento do fogo em um compartimento é determinada pela THR da matriz de combustível, a taxa de crescimento de um determinado item de combustível e sua THR máxima é uma função de suas propriedades, incluindo a área do combustível, a taxa de massa perda e o calor efetivo de combustão. A orientação de um

Tabela 5.6.3.1 RFCs de pico representativas (queima não confinada)

Combustível	Massa kg	Massa Libra	Pico de TRH (kW)
Cesto de lixo, pequeno	0,7–1,4	1,5–3	4-50
Sacos de lixo, 42 L (11 gal) com plástico misturado e lixo de papel	2,5	7,5	140–350
Colchão de algodão	12–13	26-29	40-970
aparelhos de TV	31–33	69–72	120 a mais de 1500
Sacos de lixo de plástico/lixo de papel pvc cadeira	1,2-14	2,6-31	120–350
de sala de espera, armação de metal cadeira fácil	15	34	270
de algodão	18–32	39–70	290–370
Gasolina ou querosene em 0,2 m$_2$(2 pés$_2$) árvores de	19	42	400
Natal de piscina, secas	6–20	13–44	3000–5000
Colchão de poliuretano	3–14	7–31	810–2630
poltrona de poliuretano	12–28	27-61	1350–1990
sofá de poliuretano	51	113	3120
Guarda-roupa, construção em madeira	70–121	154–267	1900–6400

*Fontes:*Os valores são das seguintes publicações:

Babrauskas, V. e Krasny, J.,*Comportamento ao fogo de móveis estofados*, NBS Monografia 173 Comportamento de fogo de móveis estofados.

Babrauskas, V., "Taxas de Liberação de Calor", em*SFPE Manual de Engenharia de Proteção contra Incêndios*, 3rded., Associação Nacional de Proteção contra Incêndios.

Lee, BT,*Características da taxa de liberação de calor de algumas fontes de combustível combustível em usinas nucleares*, NBSIR 85-3195. *NFPA 72.*

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

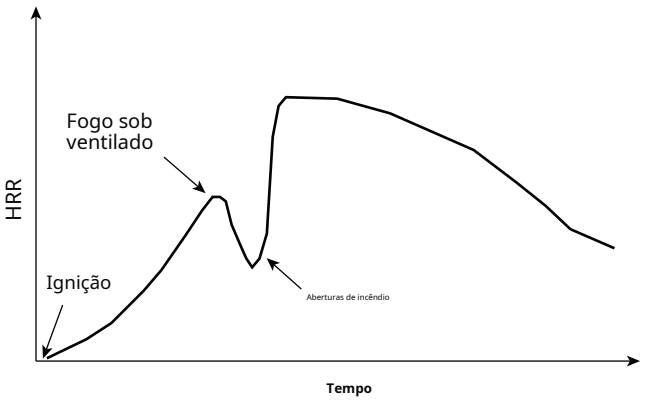


FIGURA 5.6.3.1(b) Curva de HRR idealizada para uma ventilação-Fogo Controlado.

determinado item de combustível também pode afetar a taxa em que atinge seu HRR máximo. Por exemplo, um colchão em uma configuração horizontal normalmente leva mais tempo para atingir a HRR máxima do que um colchão similar em uma configuração vertical.

Δ **5.6.3.2* Incêndios de Compartimento.** A carga total de combustível em um compartimento não tem influência na taxa de crescimento de um determinado incêndio em sua fase de pré-flashover. Durante este período de desenvolvimento, a taxa de crescimento do fogo é determinada pela HRR da queima de matrizes individuais de combustível. Em um incêndio de compartimento, à medida que itens adicionais inflamam, seus HRRs individuais se combinam e se tornam o HRR do compartimento. Testes para medir o HRR de itens ou pacotes de combustível geralmente são realizados a céu aberto, onde os efeitos radiantes de um compartimento não estão presentes. No entanto, quando um conjunto de combustível é exposto a aquecimento radiante, como da camada superior quente de uma sala, isso pode aumentar significativamente o HRR para esse pacote de combustível em comparação com a queima ao ar livre. Os dois fatores primários que afetam a TRH de objetos queimando em um espaço fechado são o feedback radiante dos limites circundantes e da camada superior de gás quente e a disponibilidade de ar de combustão (ou seja, ventilação para o espaço fechado). Com fluxo de ar suficiente disponível, o primeiro pode produzir condições de queima aprimoradas e HRRs gerais mais altos. O fluxo de ar restrito pode produzir condições de ventilação insuficiente dentro do espaço fechado e reduzir a HRR dos objetos queimando em comparação com a queima aberta.

5.6.3.2.1 Além desses fatores, dados experimentais mostram que, embora os estágios incipientes dos incêndios possam variar drasticamente, as taxas de crescimento que levam ao flashover são geralmente semelhantes para um determinado combustível, independentemente da presença de um acelerador. As curvas HRR para incêndios em sofás estofados são mostradas na Figura 5.6.3.2.1(a) e na Figura 5.6.3.2.1(b) para um sofá em chamas; ao ar livre, dentro de uma estrutura de apartamento sem ventilação e dentro de um apartamento ventilado usando dois cenários de ignição diferentes (pequeno incêndio de 10 kW e gasolina derramada no sofá). Essas figuras ilustram as diferenças de tempo associadas aos estágios iniciais do desenvolvimento do fogo em vários cenários [Figura 5.6.3.2.1(a)] e também mostram a semelhança no estágio de crescimento do fogo para todos os quatro cenários quando comparados em um tempo comum - estrutura [Figura 5.6.3.2.1(b)].

5.6.3.3 Incêndios de Combustível Líquido. A HRR de um incêndio de combustível líquido depende de dois fatores primários: as características físicas da liberação (ou seja, área de superfície e profundidade) e as propriedades de combustão do combustível. As características físicas de um incêndio de combustível líquido dependerão do volume de líquido liberado, da extensão do confinamento e do substrato no qual o combustível é liberado.

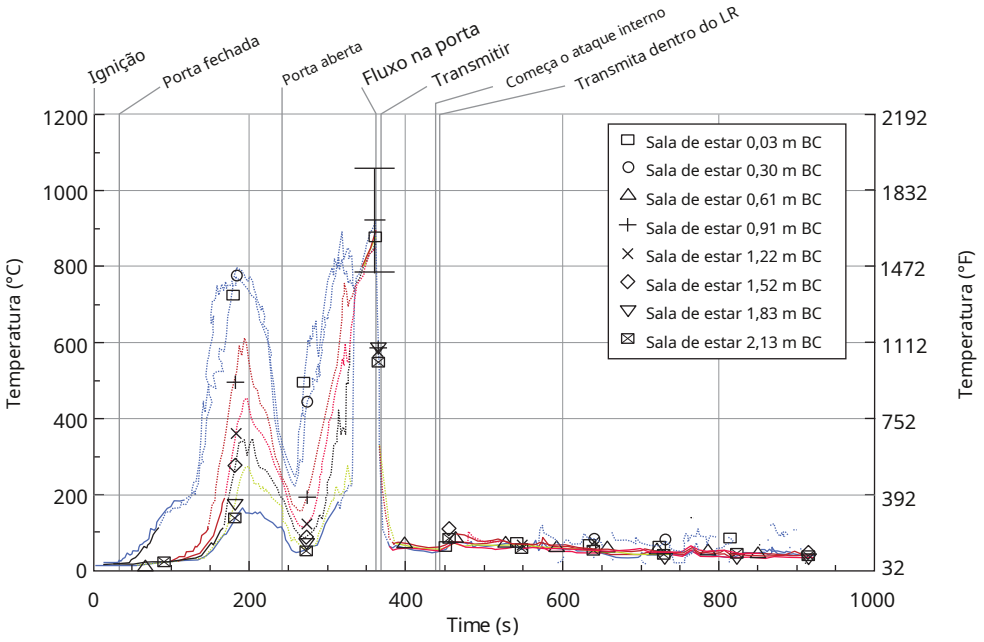


FIGURA 5.6.3.1(c) Agir você em temperatura Measumentos f rom um teste F ira que se tornou vodê rventilar ed uma ntão Became ventilar d pela Abertura da Porta.

Direitos autorais Nati Proteção contra Incêndios A sócio ução
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

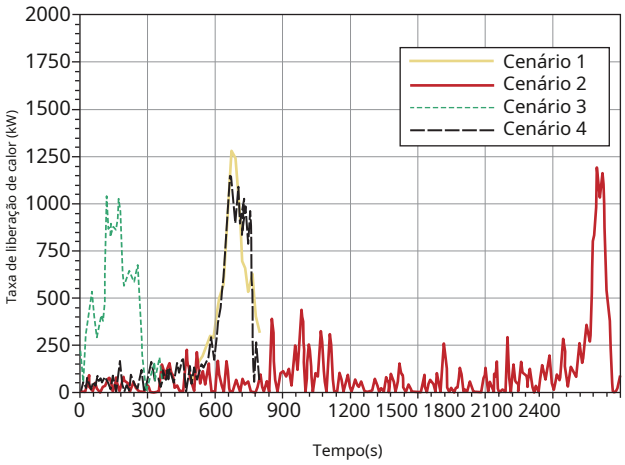


FIGURA 5.6.3.2.1(a) Comparação das taxas de liberação de calor Medido em quatro cenários de teste diferentes envolvendo o mesmo modelo de sofá estofado. O Cenário 1 foi um incêndio a céu aberto, o Cenário 2 foi um incêndio de compartimento inicialmente não ventilado que acabou sendo ventilado, o Cenário 3 foi um incêndio de compartimento não ventilado iniciado com gasolina e o Cenário 4 foi um incêndio de compartimento ventilado. [*Adotado de Mealy (2007)*]

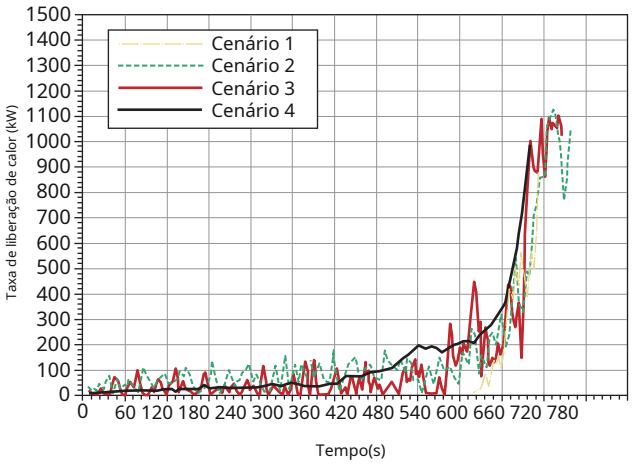


FIGURA 5.6.3.2.1(b) Comparações de deslocamento temporal do estágio de crescimento exponencial do fogo medido nos quatro cenários de teste diferentes envolvendo o mesmo modelo de sofá estofado conforme mostrado na Figura 5.6.3.2. O Cenário 1 foi um incêndio a céu aberto, o Cenário 2 foi um incêndio de compartimento inicialmente não ventilado que acabou sendo ventilado, o Cenário 3 foi um incêndio de compartimento não ventilado iniciado com gasolina e o Cenário 4 foi um incêndio de compartimento ventilado. [*Adotado de Mealy (2007)*]

5.6.3.3.1* Incêndios de Combustíveis Líquidos Confinados. Em cenários confinados o que antes a liqu fi ds a avalabeu euma a, volume de líquido re eases CC orrelates direct y para the dep opés depths grener n a 5 mm (0.2 eu), the mu ma mãs burna g rate fou the combustí ls hould sernós thum 5mm (0.2 em), telem bvorn rate se eu substancialmente ess b ecause e fir not hu ficient thj para chegar ao mãXI mhunsteudyatu a ve você

5.6.3.3.2* Incêndios de Combustível Líquido Derramado em Superfícies Não Porosas. Em não confinado se nareus, e areumoth es pll é p r urrim ditado pelo volume de combustível derramado e secundariamente pelas características do líquido e do substrato sobre o qual é derramado. A profundidade da camada de combustível será de aproximadamente 0,7 mm, mas pode variar em até 30% com base no substrato e no tipo de combustível. Conforme descrito em 5.6.3.3.1, em profundidades inferiores a 5 mm, as taxas de queima de massa são significativamente menores do que o valor máximo em regime permanente. Reduções na ordem de 50 a 80 por cento foram relatadas dependendo do tipo de combustível e do cenário de liberação. Ao considerar esses tipos de cenários, os conjuntos de dados disponíveis que descrevem o impacto de profundidades rasas de combustível devem ser consultados. Os incêndios de derramamento de combustível normalmente queimam apenas 90 segundos ou menos antes que o combustível seja consumido devido à profundidade rasa.

5.6.3.3.3* Incêndios de Combustível Líquido Não Confinado em Tapete. Para incêndios de combustível líquido não confinado em carpete, o incêndio se comportará como um incêndio de combustível confinado (ou seja, cenário de camada de combustível profunda) devido à porosidade e estrutura complexa da superfície do carpete. Dados experimentais mostraram que derramamentos não confinados de combustível líquido em carpetes se comportam de forma semelhante a piscinas confinadas, tanto no tamanho do incêndio quanto na duração da queima.

5.6.4 Propriedades das Chamas. O objetivo desta seção é fornecer informações sobre a relação entre a taxa de liberação de calor e o tamanho do fogo visível, sobre as temperaturas e velocidades alcançadas dentro da chama visível e sobre os fluxos de calor do fogo para as superfícies adjacentes.

5.6.4.1 Cor da Chama. A cor da chama não é necessariamente um indicador preciso do que está queimando ou da temperatura da chama.

5.6.4.2 O tamanho visível de uma chama é normalmente expresso como a altura da chama e as dimensões do fogo (comprimento e largura do pacote de combustível envolvido). Observar um incêndio ao longo do tempo revela que a altura da chama flutua ao longo do tempo. As três medidas visuais da altura da chama a seguir são frequentemente empregadas:

(1) Altura da chama contínua - a altura sobre a qual as chamas são visíveis em todas as instâncias
(2) Altura média da chama - a altura sobre a qual as chamas são visíveis 50% do tempo
(3) Altura da ponta da chama - a maior altura sobre a qual as chamas são visíveis a qualquer momento

5.6.4.3 As seguintes definições de altura de chama definem as três regiões de um incêndio:

(1) Região continuamente flamejante (parte inferior da chama visível)
(2) Região intermitentemente flamejante (parte superior da chama visível)
(3) Região da pluma (acima da chama visível)

5.6.4.4 Essas alturas são melhor determinadas a partir da análise quadro a quadro de uma fita de vídeo do incêndio. As determinações da altura da chama observadas casualmente tendem a ser mais consistentes com a altura da ponta da chama, pois nossos olhos parecem focar na ponta da chama. A altura da chama mais amplamente relatada na literatura científica do fogo é a altura média da chama.

5.6.4.5 Altura da Chama. A Figura 5.6.4.5 mostra a altura da chama de uma fonte de fogo circular com taxas de liberação de calor por unidade de área de 250, 500 e 1000 kW/m$_2$. As alturas das chamas foram calculadas a partir da correlação de Heskestad amplamente utilizada. A figura ilustra que a altura da chama não é estritamente uma função da taxa de liberação de calor. Além disso, fica claro pela figura que, mesmo para uma dada taxa de liberação de calor por unidade de área, pequenas variações observadas

Copyright t País final Fira Protegerti como em sociável eu n
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

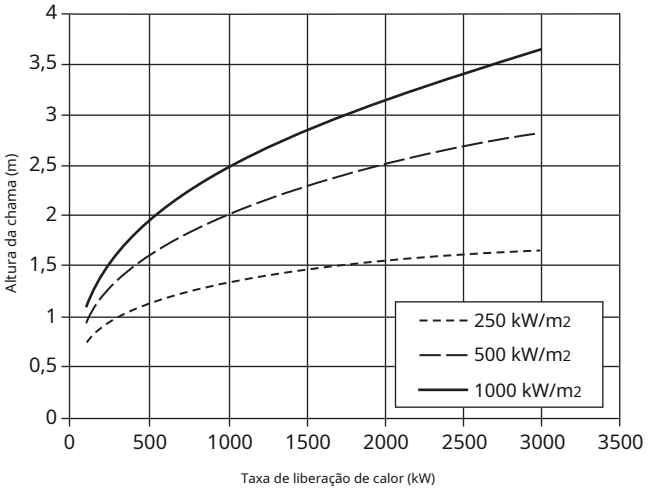


FIGURA 5.6.4.5 Altura média da chama (50 por cento Intermitência) como uma função da taxa de liberação de calor para uma faixa de taxas de liberação de calor por unidade de área do pacote de combustível.

altura da chama produz variações muito maiores na taxa de liberação de calor estimada.

5.6.4.6* Localização do Pacote de Combustível.

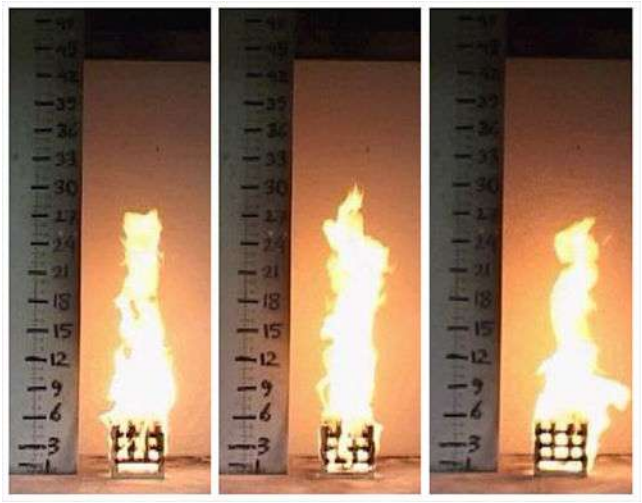
5.6.4.6.1 Arrasto. Quando um pacote de combustível em chamas é posicionado longe de uma parede, o ar fica livre para fluir na pluma de todas as direções e se misturar com os gases combustíveis. Se o pacote de combustível for colocado contra uma parede ou em um canto (formado pela interseção de duas paredes), a entrada de ar na pluma pode ser restringida, criando um desequilíbrio no fluxo de ar. Como resultado do desequilíbrio no fluxo de ar, a chama e as plumas térmicas se curvarão em direção à(s) superfície(s) restritiva(s).

5.6.4.6.2 Anexo de Chama e Pluma. Nos casos em que a chama ou a pluma térmica se dobra o suficiente para se fixar à(s) parede(s), a entrada de ar é reduzida. O pacote de combustível deve estar suficientemente próximo da(s) parede(s) para fazer com que a chama ou a pluma térmica se prenda à(s) parede(s) para que ocorram os efeitos da entrada de ar restrita. A extensão da curvatura da chama em direção e fixação na(s) parede(s) depende da geometria do combustível e da posição do pacote de combustível em relação à(s) parede(s).

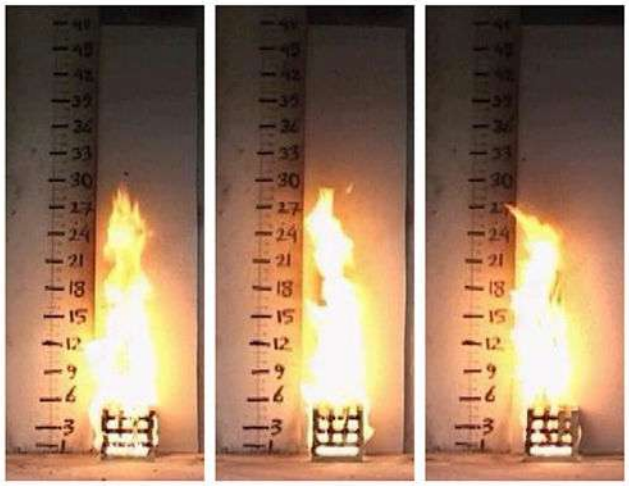
5.6.4.6.3 Efeito de Arrasto de Ar Reduzido. Uma diminuição na entrada de ar tem um efeito nas temperaturas da pluma e da camada superior, bem como na altura da chama.

5.6.4.6.3.1 Temperaturas da Pluma e da Camada Superior. Uma redução no ar ambiente sendo arrastado para a pluma térmica diminui a quantidade de mistura do ar ambiente mais frio com a pluma térmica, resultando em menor diluição e temperaturas mais altas. Como a pluma transporta energia térmica para a camada superior, um aumento na temperatura da pluma também produzir um aumento na temperatura da camada superior.

5.6.4.6.3.2 F coxo H oito. Para diferenças uso flames, tele mistura de combustível vapor a nd ar c o controles tele loca ção que ere fla ming combus- ção o ocorre; t assim, th e chama altura em qualquer ge u vou eu representa o V erótico distance (ou seja, t ele mistura ing len gth) ov er qual o combustível um a deve b e trans ported t o com p apague o e combustão process. o portanto, uma reduzir tíon em uma uma ens t pode resultar em excelente er flam e altura ts, desde o fu e eu vapor deve b e transportado ao longo de um comprimento de mistura mais longo para misturar completamente com a quantidade reduzida de ar.



Δ **FIGURA 5.6.4.6.4(a) Alturas médias de chama para réplica Incêndios de berço de madeira ao ar livre. A faixa de taxas de liberação de calor medidas e as alturas médias estimadas das chamas foram de 24 kW a 26 kW e 27 pol. a 30 pol., respectivamente.**

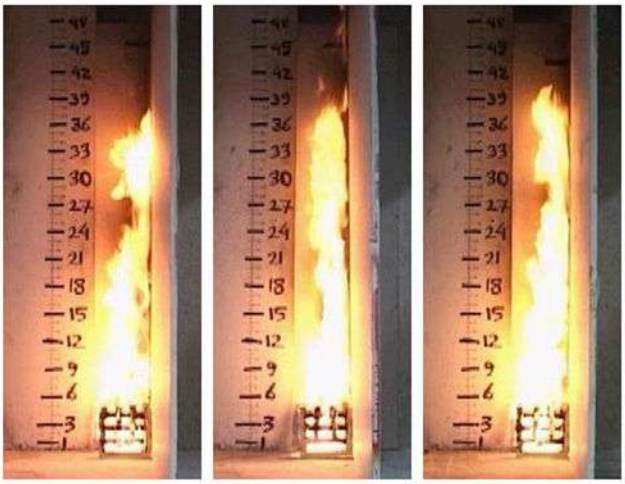


Δ **FIGURA 5.6.4.6.4(b) Alturas médias das chamas para fogos de berço de madeira replicados contra a parede. A faixa de HRRs medidos e as alturas médias estimadas das chamas foram de 21 kW a 25 kW e 27 pol. a 30 pol., respectivamente.**

5.6.4.6.4 Efeito das Paredes. Se o conjunto de combustível for posicionado adjacente a uma parede de maneira suficiente para reduzir a entrada de ar, haverá um aumento na temperatura absoluta da camada superior quando comparada com o mesmo fogo posicionado longe da parede. Em contraste, os resultados experimentais
não mostraram aumento significativo no comprimento da chama para fogo Contra uma parede. A Figura 5.6.4.6.4(a) e a Figura 5.6.4.6.4(b) fornecem um exemplo dessa descoberta para um incêndio longe e contra uma parede.

5.6.4.6.5 Efeito dos Cantos. Quando o mesmo pacote de combustível é colocado em um canto suficiente para reduzir ainda mais a entrada de ar

Copyri luta nacional F Proteção contra ira Associação
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



Δ **FIGURA 5.6.4.6.5 Alturas médias de chama para fogos de berço de madeira replicados em uma configuração de canto. A faixa de taxas de liberação de calor medidas e as alturas médias estimadas das chamas foram de 25 kW a 26 kW e 37 pol. a 40 pol., respectivamente.**

mento, haverá também um aumento da temperatura absoluta da camada superior quando comparada com o mesmo fogo posicionado longe dos cantos. Da mesma forma, um aumento significativo na altura da chama é observado quando as chamas são fixadas nas paredes em uma configuração de canto. A Figura 5.6.4.6.5 fornece um exemplo do aumento da altura da chama para um incêndio em uma configuração de canto.

5.6.4.6.6 Análise de Efeitos de Parede. O possível efeito da localização da(s) parede(s) em relação ao incêndio deve ser considerado na análise do incêndio e/ou na interpretação dos padrões de danos produzidos pelo incêndio.

5.6.4.6.7 Incêndios Externos. Deve-se notar que efeitos semelhantes aos descritos acima para incêndios internos também serão observados para incêndios externos.

5.6.4.7* Chamas com alturas de chama superiores à altura do teto resultam em extensões de chama ao longo do teto. Se a altura da chama livre for muito maior que a altura do teto, a extensão da chama geralmente resulta em chamas mais longas do que existiriam na ausência de um teto *(veja a Figura 5.6.4.7)*. O comprimento total de uma chama se torna maior ($H+h_r$) quando cortado por um teto, em relação à sua altura livre (h_f).

5.6.4.8 Fatores como altura do teto, localização do detector e localização do aspersor e sua distância da pluma pode têm efeitos significativos no tempo de resposta dos dispositivos de proteção contra incêndio, como detectores de calor e fumaça e sprinklers automáticos. Para um determinado dispositivo e tamanho de incêndio (conforme determinado pelo HRR), o reapadrinhar me do dispositivo aumentará com tetos mais altos e com o aumento da distância da pluma. Dito de outra forma, quanto mais alto o teto ou mais longe o dispositivo, maior será a saída de calor do fogo no tempo em que o dispositivo responde. Esses fatores devem ser considerados ao tentar entender por que um incêndio parece ser maior do que o esperado no momento do alarme ou operação do sprinkler.

5.6.5 Estrutura Térmica de uma Chama.

5.6.5.1 Região Flamejante Contínua. As temperaturas médias máximas de chama em altura ocorrem na linha central do incêndio. Na região de chama contínua, as temperaturas da linha central são aproximadamente constantes em torno de 1000°C (1832°F). Conforme indicado pelos dados da Tabela 5.6.5.1, há pouca variação dessa temperatura com o combustível. As chamas de metanol têm temperaturas mais altas devido à baixa emissão de radiação da chama, enquanto as chamas mais fuligem e mais radiativas têm uma temperatura um pouco mais baixa. Em incêndios em piscinas muito grandes, as chamas com fuligem podem atingir temperaturas de 1200°C (2192°F) porque as perdas radiativas são relativamente menores. As temperaturas da chama para aceleradores não são mais altas do que para combustíveis comuns, como madeira ou plástico.

5.6.5.2 Região de chama intermitente. As temperaturas médias da linha central na região intermitente caem de cerca de 1000°C (1832°F) na região da chama contínua para cerca de 300°C (572°F) na região da pluma. A temperatura média do tempo na altura média da chama (50 por cento de intermitência) é de cerca de 500°C (932°F).

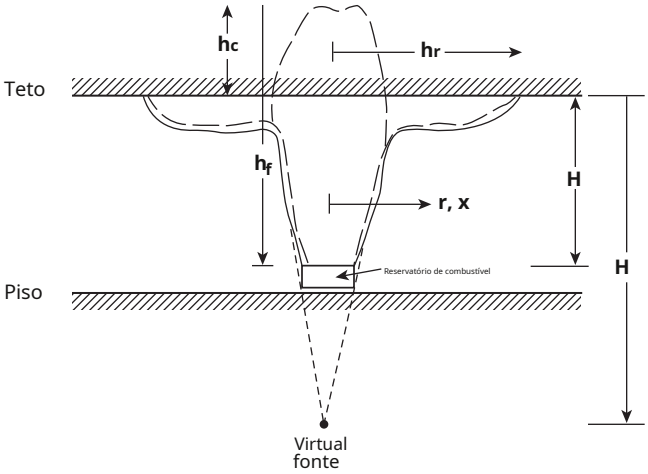


FIGURA 5.6.4.7 Representação da Chama Teórica Alturas em um quarto com teto.

Tabela 5.6.5.1 Temperaturas Médias Máximas de Chamas Medidas na Linha Central de Incêndios Envolvendo uma Faixa de Combustíveis

Fonte	Temperatura °C	Temperatura °F
Chamas		
Benzeno[uma]	920	1690
Gasolina[uma]	1026	1879
JP-4[b]	927	1700
Querosene[uma]	990	1814
Metanol[uma]	1200	2190
Madeira[c]	1027	1880

[uma] De Drysdale, *Uma Introdução à Dinâmica do Fogo.*

[b] De Hagglund, B., Persson, LE (1976), Heat Radiation From Petroleum Fires, National Defense Research Inst., Estocolmo, Suécia, FOA Report C20126-D6(A3).

[c] De Hagglund, B., Persson, L.E (1974), *Um Estudo Experimental do Radiação de chamas de madeira*, National Defense Research Inst., Estocolmo, Suécia, FOA Report C4589-D6(A3).

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

5.6.5.3 Região da Pluma. As temperaturas médias na linha central na região da pluma caem de cerca de 300°C (572°F) na região da chama intermitente para temperaturas ambientes bem acima da chama visível.

5.6.6 Fluxos de Calor das Chamas. O impacto térmico de uma chama em materiais próximos (combustíveis ou não combustíveis) e superfícies é medido em termos do histórico de fluxo de calor para essas superfícies. Por exemplo, a decomposição térmica e a ignição de combustíveis e a calcinação do gesso são governadas pelo histórico do fluxo de calor incidente. Como tal, a propagação do fogo e os padrões gerados pelo fogo são diretamente governados pela distribuição do fluxo de calor das chamas para as superfícies adjacentes.

5.6.6.1 Fluxos de Calor das Chamas para as Superfícies Contatadas.

5.6.6.1.1 Paredes. A Figura 5.6.6.1.1(a) mostra a distribuição do fluxo de calor de um incêndio em um canto da sala até a superfície da parede. A fonte de fogo tinha uma taxa de liberação de calor de 300 kW e as chamas atingiram o teto. A Figura 5.6.6.1.1(b) mostra a mesma condição, mas na ausência de teto. As formas dos contornos do fluxo de calor são claramente diferentes, com a caixa de teto mostrando uma natureza de padrão em V mais pronunciada do que a caixa sem teto.

5.6.6.1.2 Tetos. A Figura 5.6.6.1.2 mostra os contornos do fluxo de calor em um teto. O fluxo de calor máximo ocorre na área de impacto da chama e os fluxos são reduzidos com o aumento da distância da área de impacto.

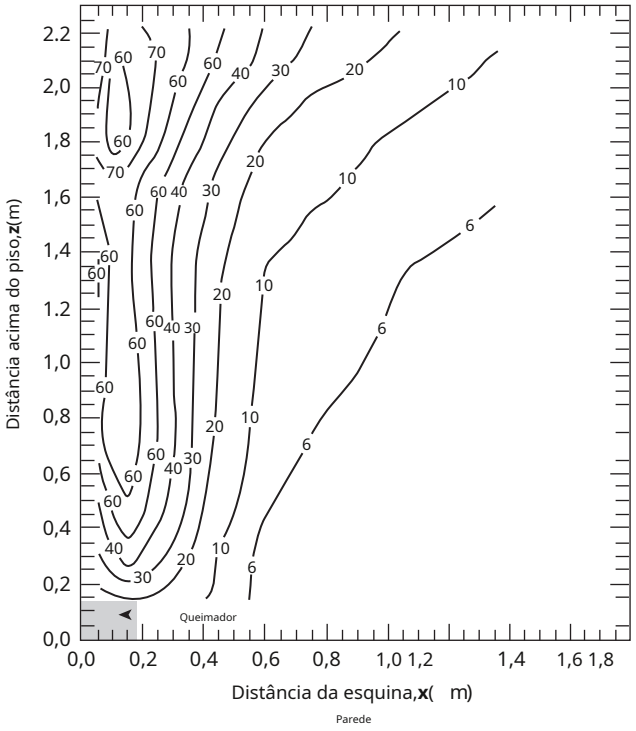
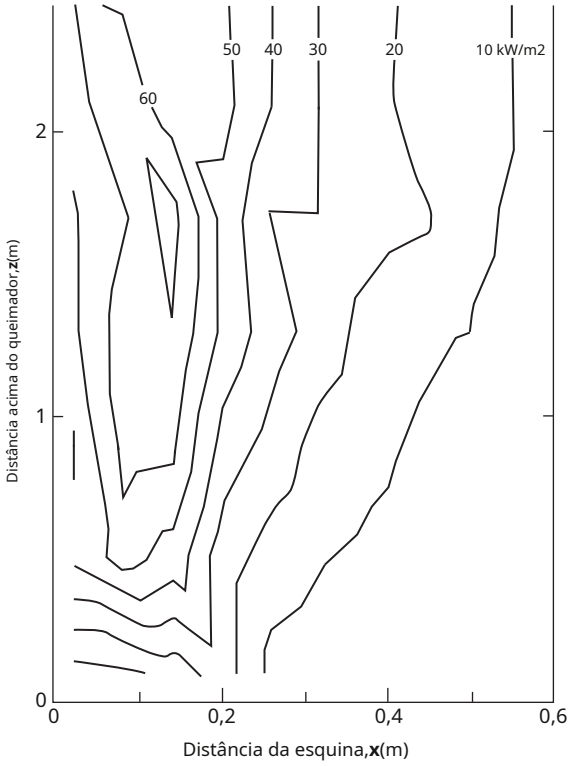
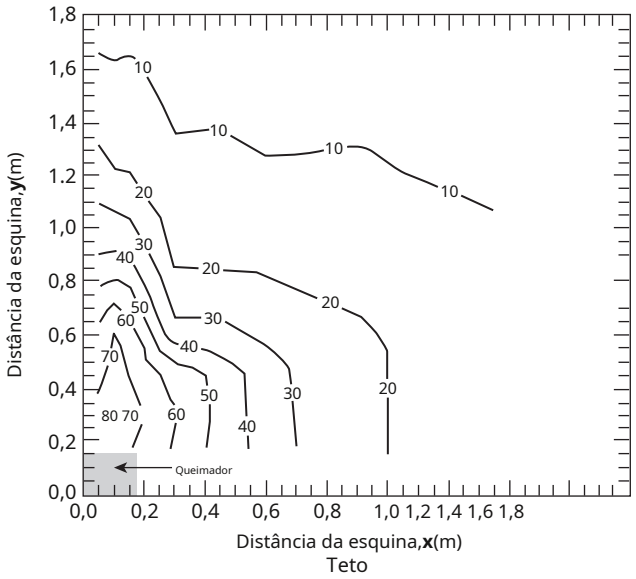


FIGURA 5.6.6.1.1(a) Fluxo de Calor da Parede (kW de /m2) C em passeios um Incêndio de 300 kW em um Canto Configurati On. UMAc eiling é presente a 2,3 m acima do piso e do combustível eu queimoe d era propano. ***[Adotado de Lattimer (2016).]***



Δ **FIGURA 5.6.6.1.1(b) Fluxo de Calor da Parede (kW/m2) Contornos de um incêndio de 300 kW em configuração de canto. Não há teto e o combustível queimado foi propano. [** ***Adotado de Lattimer ( ) . 2016*** **]**



Δ **FIGURA 5.6.6.1.2 Fluxo de calor no teto (kW/m2) Contornos de um incêndio de 300 kW em configuração de canto. Um teto está presente a 2,3 m acima do piso e o combustível queimado foi propano. [** ***Adotado de Lattimer ( ) . 2016*** **]**

Copyright Associação Nacional de Proteção contra Incêndios
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

5.6.6.2* Fluxos de Calor de Chamas para Superfícies Remotas. Os fluxos de calor das chamas para uma superfície remota diminuem rapidamente com a distância. A Figura 5.6.6.2(a) mostra o fluxo máximo de calor em função da distância de uma cadeira ou sofá a alvos em várias alturas. incêndio. A Figura 5.6.6.2(b) mostra os históricos de fluxo de calor para várias distâncias do alvo com o alvo 0,4 m acima do piso. A Figura 5.6.6.2(c) mostra o fluxo de calor em função de eu/D, a distância do alvo ao nível do solo de um incêndio de poça no centro de um incêndio de poça circular dividido pelo diâmetro da poça (por exemplo, eu/D=0,5 é a borda da piscina). Ambas as figuras ilustram que os fluxos de calor são marcadamente reduzidos em distâncias do alvo comparáveis ao diâmetro do fogo.

5.7* Ignição. As formas e mecanismos de ignição variam com a forma do material (gás, líquido, sólido), as propriedades químicas do material e a forma e intensidade do aquecimento. As classificações de ignição incluem ignição sem chama versus ignição por chama, e ignição pilotada versus autoignição. A ignição pilotada ocorre quando uma fonte de ignição externa atua para inflamar vapores inflamáveis. As fontes piloto incluem pequenas chamas, faíscas e superfícies quentes. A seguir, uma introdução geral.

5.7.1 Geral. Para que a maioria dos materiais seja inflamada, eles geralmente devem estar em estado gasoso ou vapor. Alguns materiais podem queimar diretamente em estado sólido ou forma de combustão incandescente, incluindo algumas formas de carbono (como carvão) e magnésio. Gases ou vapores de combustíveis comuns devem estar presentes na atmosfera em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável. Líquidos com pontos de inflamação abaixo da temperatura ambiente não necessitam de calor adicional para produzir uma mistura inflamável. A temperatura dos vapores de combustível produzidos deve então ser elevada à sua temperatura de ignição. O tempo e a energia necessários para que ocorra a ignição é uma função da energia da fonte de ignição, a inércia térmica (k, ρ, c) do combustível, a energia mínima de ignição e a geometria do combustível. Se a temperatura do combustível aumentar, a taxa de transferência de calor para o combustível deve ser maior que a soma das perdas por condução, perdas por convecção, perdas por radiação, energia associada às mudanças de fase (como o calor de vaporização), e energia associada a mudanças químicas (como pirólise). Em alguns casos, alterações químicas no combustível durante o aquecimento também podem produzir calor antes da combustão (reação exotérmica). Para que o combustível atinja sua temperatura de ignição, a própria fonte de calor deve ter uma temperatura superior à temperatura de ignição do combustível. A ignição espontânea é uma exceção.

5.7.1.1 A Tabela 5.7.1.1 mostra a temperatura das fontes de ignição selecionadas. Alguns materiais, como cigarros, móveis estofados, serragem e isolamento celulósico, são permeáveis e permitem facilmente a infiltração de ar. Esses materiais podem sofrer combustão de fase, conhecida como smolderin g. Este é um ce sem forma de combustão cujo principal calor ção. A azedo chama é char oxida- combustão lenta produz uma combustão mais ompo unds do que flam- tóxica por unidade de massa queimada, e a d isso pr oferece uma chance combustão por chama de um calor produz fonte e muito fraco para chama diretamente.

5.7.2 Ignição de Gases Inflamáveis.

5.7.2.1 Os gases inflamáveis só podem ser gdito dentro de específico faixas de concentração de gás i. Estes, limites são normalmente expressos como o menor inflamável/ ive li mit (LFL/LEL), explosão, a menor concentração por mmab le gás no ar que volume de fla suportará a propagação da e acima por inflamável/ chama, e o limite explosivo (UFL/UEL), o gás uma vez ntração de chamas mais inflamável no ar que suportará a flame e própagação. Esses

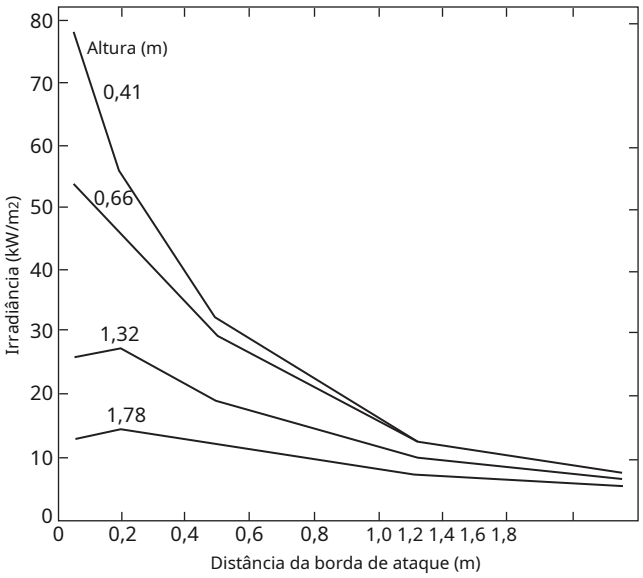


FIGURA 5.6.6.2(a) Fluxo Máximo de Calor Radiante para Alvos que Enfrentam um Fogo em Sofá de Vime. [*Adotado de Krasny, Parker e Babrauskas (2001)*.]

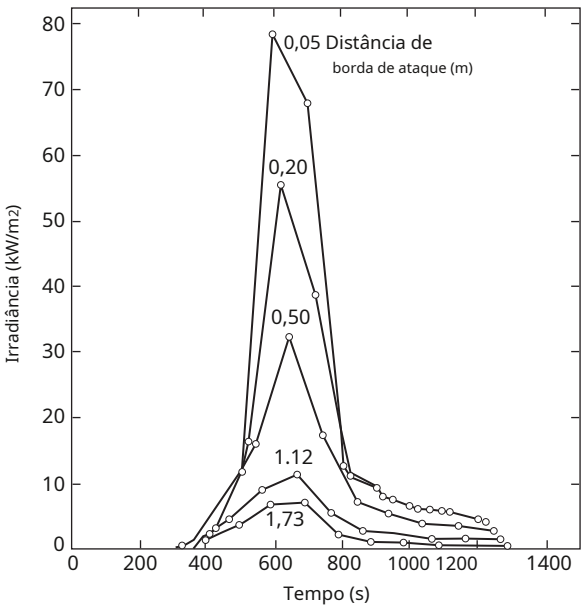


FIGURA 5.6.6.2(b) **Históricos de fluxo de calor radiante para alvos a uma altura de 0,41 m de frente para um fogo de sofá de vime. [*Adotado de Krasny, Parker e Babrauskas (2001)*.]**

as concentrações-limite flutuam com as mudanças de temperatura e pressão, e com as mudanças na concentração de oxigênio.

5.7.2.2 Na ausência de uma faísca ou chama piloto, uma mistura inflamável de gás-ar pode se auto-inflamar se a temperatura da mistura for suficientemente alta. A temperatura mais baixa na qual uma mistura gás-ar inflamável pode ser inflamada sem um piloto é denominada temperatura de autoignição (AIT). O AIT é fortemente dependente do tamanho e geometria do volume de gás e da concentração de gás inflamável. Normalmente, grandes

cópia de domínio público da National Fire Protection Association d
Provisão de por IHS Markit sob licença com NFPA

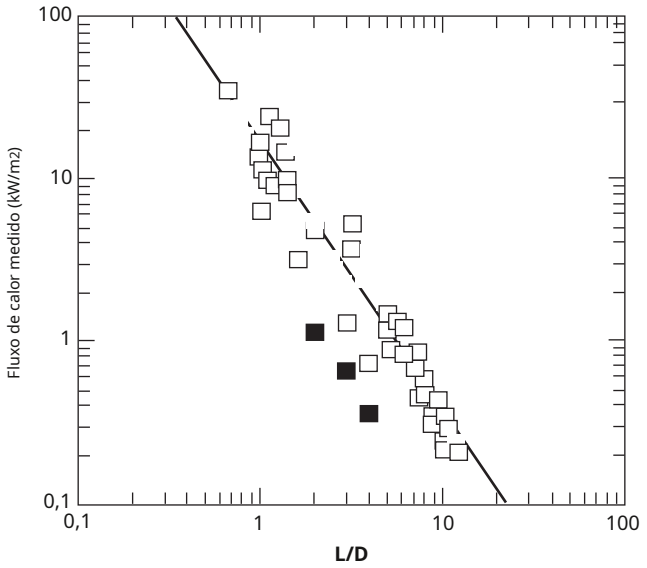


FIGURA 5.6.6.2(c) Fluxo de calor radiante para um alvo no solo Nível Enfrentando Incêndios em Piscinas. Dados de testes de incêndio em piscinas de 1 m a 30 m de diâmetro são mostrados; os dados de testes de incêndio em piscinas de diâmetro maior não seguem a correlação e são omitidos aqui.

Δ **Tabela 5.7.1.1 Temperaturas de combustão e centelhamento relatadas de fontes de ignição selecionadas**

Fonte	Temperatura °C	Temperatura °F
Chamas		
Benzeno[uma]	920	1690
Gasolina[uma]	1026	1879
JP-4[b]	927	1700
Querosene[uma]	990	1814
Metanol[uma]	1200	2190
Madeira[c]	1027	1880
Brasas[d]		
Cigarro (traga)	830–910	1520–1670
Cigarro (queima livre)	500–700	930–1300
Faíscas mecânicas[e]		
Ferramenta de aço	1400	2550
Liga de cobre-níquel	300	570

[uma]De Drysdale, *Uma Introdução à Dinâmica do Fogo.*

[b]De Hagglund, B., Persson, LE (1976), Heat Radiation From Petroleum Fires, National Defense Research Inst., Stockholm, Suécia, FOA Relatório C20126-D6(A3).

[c]De Hagglund, B., Persson, L.E (1974), *Um Experimental Estudo do Radiação de Wood Fogo chamas*, National Defense Research Inst., Estocolmo, Suécia, FOA Relatório C4589-D6(A3).

[d]De Krasny, J., *Cigarro Ignição de Soft Furnishings — Uma Revisão da Literatura com Comentários*, NBSIR 87-3509; Center for Fire Research, National Bureau of Standards, Washington, DC, junho de 1987.

[e]Da NFPA *Incêndio Detector Manual*, 15ª ed., Seção 4, p. 167.

volumes e misturas estequiométricas inflamáveis de gás-ar favorecem a ignição em temperaturas mais baixas. Como o AIT depende das condições, um manual de AIT determinado usando métodos de teste padrão é principalmente útil para comparar diferentes gases. Comparações de gases diferentes devem ser feitas no mesmo aparelho e condições para serem significativas. Nuvens abertas de misturas de gás-ar inflamáveis podem inflamar em superfícies quentes, com a ignição ocorrendo em temperaturas mais baixas para áreas de superfície quente maiores.

5.7.3 Ignição de Líquidos.

5.7.3.1 Ponto de inflamação. A ignição de um líquido em um teste de ponto de fulgor ocorre quando uma concentração de vapor suficiente é gerada acima da superfície do líquido para permitir a ignição dos vapores inflamáveis acima da superfície do líquido por uma fonte piloto. A concentração de vapor inflamável na superfície deve atingir o limite inferior de inflamabilidade *(ver 5.7.2, Ignição de Gases Inflamáveis)*. A temperatura do líquido acima da qual uma concentração inflamável de vapores inflamáveis é gerada é conhecida como ponto de fulgor. Na temperatura do ponto de fulgor, os vapores acima do líquido podem ser inflamados, mas normalmente a queima sustentada do líquido não ocorre. O líquido deve ser aquecido a uma temperatura um pouco mais alta, conhecida como ponto de incêndio, na qual a queima do combustível líquido em vaporização pode ser sustentada como um incêndio em poça. Para alguns líquidos, as temperaturas do ponto de fulgor e do ponto de fogo são as mesmas.

5.7.3.2 Líquidos em temperaturas abaixo da temperatura do ponto de incêndio não podem ser inflamados por uma chama piloto ou faísca. No entanto, os líquidos podem ser aquecidos localmente para atingir a ignição e o fogo pode se espalhar para envolver a piscina. Os mecanismos de aquecimento local podem incluir o impacto da chama na superfície do líquido ou a queima do líquido acumulado em um pavio formado pelo material umedecido pelo líquido. A aplicação local e a ignição de um líquido acima do seu ponto de fulgor para um líquido abaixo do seu ponto de fulgor é outro método que pode causar a ignição de um líquido que está abaixo da temperatura do seu ponto de fulgor.

5.7.3.3 Líquidos atomizados ou névoas (aqueles com uma alta relação área de superfície em massa) podem ser inflamados mais facilmente do que o mesmo líquido na forma a granel. No caso de sprays ou névoas, a ignição pilotada pode ocorrer em temperaturas abaixo do ponto de fulgor publicado do líquido a granel, e mesmo líquidos com ponto de fulgor muito alto (várias centenas de graus °C) demonstraram ser inflamáveis quando na forma de um spray.

5.7.3.4 Alguns líquidos são capazes de serem oxidados na fase líquida. Na maioria das vezes, isso só leva à ignição quando o líquido é suportado em um substrato poroso (por exemplo, óleo de linhaça em trapos). Este assunto é tratado na seção de combustíveis sólidos sobre autoaquecimento abaixo. No entanto, em algumas situações industriais o contato entre duas fases líquidas pode resultar em uma reação exotérmica (não necessariamente oxidação) suficiente para causar uma explosão.

5.7.3.5 A auto-ignição de um líquido pode ocorrer se os vapores inflamáveis produzidos acima da superfície do líquido forem suficientemente quentes para suportar a auto-ignição da fase gasosa, conforme discutido acima na seção Ignição de Gases. Os AITs para um determinado líquido variam com a escala e a configuração, assim como para os gases. As determinações quantitativas de AIT no mesmo aparelho são úteis para comparar o comportamento de diferentes líquidos.

5.7.4 Ignição de Sólidos. Existem três formas de ignição que ocorrem com combustíveis sólidos: ignição por combustão lenta ou, mais geralmente, início de queima em fase sólida; ignição flamejante pilotada; e auto-ignição flamejante.

Copyright Associação Nacional de Proteção contra Incêndios
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

5.7.4.1 Ignição por combustão latente e início da queima de fase sólida.

5.7.4.1.1 Geral. Smoldering é um processo de queima em fase sólida, que normalmente inclui uma etapa de decomposição térmica para criar um carvão, seguido pela queima em fase sólida do carvão produzido.

5.7.4.1.1.1O processo de decomposição térmica, muitas vezes chamado de pirólise, pode ser um processo puramente térmico ou pode envolver interação com o oxigênio. Quando se sabe que o oxigênio está envolvido, isso é muitas vezes referido como pirólise oxidativa. O processo inicial de decomposição térmica é normalmente endotérmico [isto é, requer ou usa energia em vez de produzir calor ou energia (o que seria exotérmico)].

5.7.4.1.1.2 Enquanto alguns materiais virgens são capazes de oxidação em fase sólida (por exemplo, carbono ou magnésio), a maioria dos materiais que ardem lentamente devem ser pirolisados para formar um carvão carbonáceo, que subsequentemente oxida na fase sólida. A classe mais comum de materiais que ardem dessa maneira inclui madeira, papel e outros produtos lignocelulósicos.

5.7.4.1.1.3 Materiais que não são capazes de queimar em fase sólida como combustível virgem, nem capazes de ser pirolisados para formar um carvão que pode queimar não podem arder. Como tal, a maioria dos materiais termoplásticos não é capaz de arder lentamente. Alguns polímeros termofixos (por exemplo, espuma de poliuretano), muitas vezes se decompõem para formar um produto líquido quando aquecidos vigorosamente, mas formam um carvão sob condições de aquecimento mais modestas.

5.7.4.1.1.4O termo *fumegante* às vezes é usado inadequadamente para descrever uma resposta não flamejante de um combustível sólido a um fluxo de calor externo. Combustíveis sólidos, como termoplásticos, quando submetidos a um fluxo de calor suficiente, se degradam, gaseificam e liberam vapores. Geralmente há pouca ou nenhuma oxidação envolvida neste processo de gaseificação e, portanto, é endotérmico. Este processo é pirólise, e não latente. A combustão lenta deve envolver um processo exotérmico de fase sólida (ou seja, deve ser autossustentável).

5.7.4.1.1.5A combustão espontânea devido ao autoaquecimento é uma forma especial de ignição latente que não envolve um processo de aquecimento externo. Uma reação exotérmica dentro do material é a fonte de energia que leva à ignição e queima. O conceito chave na ignição por autoaquecimento é a capacidade do material de dissipar o calor gerado pelas reações exotérmicas internas. Se o calor gerado pela reação não puder ser dissipado para o ambiente, a temperatura do material aumentará a tal ponto que as taxas de reação aceleram (ou seja, descontroladas), e uma frente de combustão lenta é formada. As principais variáveis no autoaquecimento incluem a temperatura ambiente, o tamanho da pilha e a cinética da reação do processo exotérmico. À medida que a temperatura ambiente aumenta, a taxa de reação da linha de base aumenta e, à medida que o tamanho da pilha aumenta, a capacidade de dissipar calor para o ambiente diminui. Tanto as altas temperaturas ambientes quanto os grandes tamanhos de pilha favorecem os processos de autoaquecimento. Consulte a seção a seguir para obter informações mais detalhadas sobre o autoaquecimento em pilhas.

5.7.4.1.1.6 Embora o autoaquecimento seja mais frequentemente associado a processos de ignição em pilhas devido à incapacidade do material de dissipar o calor de reações exotérmicas internas, todos os mecanismos de ignição por combustão lenta podem ser entendidos no contexto dos fundamentos da teoria do autoaquecimento. Iniciação de combustão lenta por aquecimento radiativo, iniciação de combustão lenta por contato com uma superfície quente, ignição latente por contato com objetos quentes (por exemplo, contato com escória de solda quente, brasas ou um cigarro), a ignição latente de camadas ou outros acúmulos de poeira em um secador são todos governados pelas leis fundamentais da teoria do autoaquecimento. Se o calor da oxidação do material não puder ser dissipado adequadamente, ocorrerá uma fuga térmica, resultando em combustão lenta.

5.7.4.1.1.7 Como todos os mecanismos de ignição latente são regidos por leis de autoaquecimento, não há temperatura de ignição "padrão" geral ou amplamente aplicável que possa ser atribuída. Para um tamanho de pilha específico de um material específico, há uma temperatura ambiente crítica (CAT) acima da qual se espera que ocorra a ignição. Para uma superfície de madeira aquecida por radiação, existe uma temperatura superficial específica acima da qual ocorrerá a combustão lenta. No entanto, estas temperaturas de ignição são aplicáveis apenas às condições sob as quais foram determinadas experimentalmente. Eles não são geralmente ou amplamente aplicáveis.

5.7.4.1.2 Autoaquecimento e Autoignição.

5.7.4.1.2.1O autoaquecimento é um processo pelo qual um material sofre uma reação química e aumenta de temperatura apenas devido a reações exotérmicas entre o material (normalmente um sólido) e a atmosfera circundante (normalmente ar).

5.7.4.1.2.2A maioria dos materiais orgânicos e metais capazes de reagir com o oxigênio irá oxidar em alguma temperatura crítica com a evolução do calor. A evolução do calor não se restringe às reações de oxidação, mas também pode ser devido a várias outras reações químicas, por exemplo, a polimerização, onde os líquidos reagem para formar sólidos. Geralmente, o autoaquecimento e a combustão espontânea (autoignição) são comumente encontrados em materiais orgânicos, como gorduras e óleos animais e vegetais, porque esses materiais contêm ácidos graxos poliinsaturados. Esses ácidos graxos reagem com o oxigênio para gerar calor. Moléculas insaturadas contêm ligações duplas carbono-carbono, que são reativas.

5.7.4.1.2.3O autoaquecimento e a combustão espontânea (autoignição) de óleos contendo principalmente hidrocarbonetos saturados, como óleo de motor ou óleo lubrificante, ocorrem apenas sob condições de temperatura elevada (por exemplo, um pano encharcado de óleo enrolado em um tubo de vapor) ou em pilhas muito grandes em temperaturas mais baixas. Os hidrocarbonetos saturados contêm ligações simples carbono-carbono, que são muito menos reativas do que os óleos insaturados. Ao contrário dos óleos altamente insaturados, como o óleo de linhaça, não se espera que as quantidades de consumo de óleo de motor ou óleo lubrificante em trapos se autoaqueçam até a ignição.

5.7.4.1.2.4 Certos materiais inorgânicos, como pós metálicos, podem sofrer oxidação rápida, autoaquecimento e autoignição para formar óxidos metálicos, dadas as condições apropriadas.

5.7.4.1.3 Mecanismo de Autoaquecimento para Ignição.A combustão espontânea requer certas etapas para que ocorra. Em primeiro lugar, o material deve ser capaz de auto-aquecimento e deve ser submetido a condições em que o auto-aquecimento seja obtido. Em seguida, o autoaquecimento deve proceder ao descontrole térmico (ou seja, o calor gerado supera as perdas de calor para o ambiente). A fuga térmica, em teoria, significa um aumento de temperatura tão grande que as condições estáveis não podem mais existir. Na prática, isso significa que o material sofrerá um aumento de temperatura interna (geralmente no meio ou próximo dele) da ordem de várias centenas de graus Celsius. Em seguida, a fuga térmica deve resultar em combustão lenta auto-sustentada. O oposto disso é uma condição em que o material chara localmente, mas não consegue estabelecer uma frente latente de propagação.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

5.7.4.1.3.1A fuga térmica é uma instabilidade que ocorre quando a geração de calor excede a perda de calor dentro do material. É uma disputa entre a química exotérmica e a perda de calor para o ambiente. A geração de calor tem sua melhor chance de vencer nas partes mais isoladas do pacote de combustível, ou seja, no centro, e geralmente é onde se encontram as temperaturas mais altas. O quão bem isolado é o interior do pacote de combustível depende da distância até o limite e da temperatura lá. Durante o autoaquecimento, a temperatura central é tipicamente mais alta do que as temperaturas ao redor.

5.7.4.1.3.2O autoaquecimento até a ignição requer um material poroso, permeável e oxidável – o material deve ter todas as três propriedades. Durante a combustão lenta, o combustível deve carbonizar sem derreter, caso contrário as qualidades porosas e permeáveis serão perdidas e o autoaquecimento será inibido. O sólido pode servir inicialmente como substrato inerte, como no caso de trapos com óleo de linhaça, ou o substrato também pode atuar como combustível. Os substratos de autoaquecimento mais comuns são sólidos orgânicos derivados de materiais vegetais, como tecidos de algodão, madeira e produtos de madeira, produtos agrícolas e carvão. O autoaquecimento pode ocorrer quando o ambiente está em condições ambientais normais, por exemplo, uma pilha de panos com óleo de linhaça, ou pode exigir uma temperatura elevada.

5.7.4.1.3.3A tendência ao autoaquecimento depende do tamanho e formato do pacote de combustível e das condições do ambiente. Esta tendência não é exclusivamente uma propriedade material. Portanto, a avaliação do potencial de auto-ignição de um material é incompleta (exceto pela eliminação de pacotes de combustível não auto-aquecidos) sem considerar as particularidades do tamanho, forma e arredores do material. Para um determinado volume, formas de baixa área superficial, como esferas ou cubos, promovem o autoaquecimento mais do que formas de alta área superficial, como folhas finas. A pequena superfície externa reduz a perda de calor e as partes externas do pacote de combustível isolam o interior, promovendo o aumento da temperatura interna por autoaquecimento. Por exemplo, trapos com óleo de linhaça em uma pilha são mais propensos a se autoaquecer do que os mesmos trapos em um varal ou deitados. Figura 5.7.

5.7.4.1.3.4A temperatura inicial do pacote de combustível pode ser o fator crucial para a ocorrência de ignição. Isso às vezes é encontrado na secagem industrial de materiais derivados de plantas, como produtos de madeira e produtos agrícolas, e na secagem de tecidos oleados em secadoras de roupas. Se os pacotes de combustível forem montados em formas simétricas suficientemente grandes enquanto estiverem muito quentes, eles podem prosseguir para fuga térmica e ignição. Se o material for seco até um teor de umidade inferior ao equilíbrio, parte da geração interna de calor resulta do calor latente da absorção de umidade – o oposto do resfriamento evaporativo.

5.7.4.1.3.5O autoaquecimento e a combustão latente resultante dentro de uma pilha podem não ser perceptíveis até que a frente latente atinja a superfície. As primeiras indicações visuais de autoaquecimento podem ser uma mancha úmida na superfície da pilha resultante da condensação da água ou de outros produtos das reações. A redeposição de fumaça dentro da pilha geralmente leva a pouca ou nenhuma fumaça observável acima ou ao redor da pilha. Odores de mofo podem ser percebidos primeiro onde as pilhas estão em áreas fechadas.

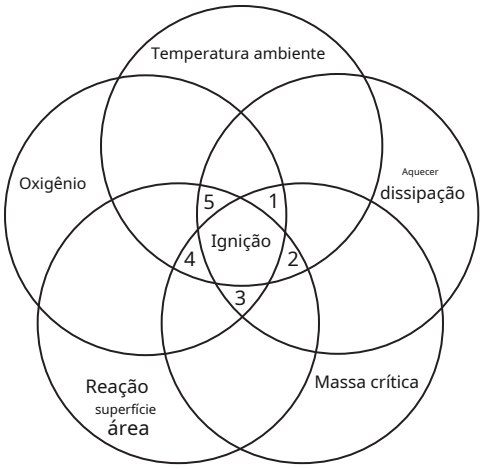
5.7.4.1.3.6O fechamento do combustível em um recipiente ou invólucro selado pode impedir o autoaquecimento, pois o invólucro elimina uma das condições necessárias para a permeabilidade ao autoaquecimento, que permite a difusão do oxigênio no sólido. Sem um suprimento de oxigênio, a oxidação e a geração de calor são inibidas, a menos que o oxidante está presente dentro do material. Por exemplo, panos com óleo de linhaça em uma lata de tinta fechada podem não se autoaquecer significativamente antes de consumir o oxigênio na lata. O uso de recipientes ou barreiras de vapor tem sido empregado com sucesso para mitigar os riscos de autoaquecimento, embora dependendo da quantidade de oxidante presente no recipiente e das propriedades físicas e integridade do recipiente ou barreira, o autoaquecimento até a ignição pode ocorrer. A investigação dos detalhes do recipiente de armazenamento de material é necessária para avaliar o potencial de autoaquecimento dentro do recipiente.

5.7.4.1.3.7A temperatura ambiente ou de exposição mínima necessária para a ignição por autoaquecimento é geralmente inferior à temperatura mínima de ignição para o mesmo material sem autoaquecimento. Por exemplo, o óleo de linhaça em um substrato de algodão pode inflamar quando o ambiente está em temperatura ambiente normal (20°C ou 68°F), mas na forma líquida puro seu ponto de fulgor é relatado como 222°C (428°F) e seu AIT é 343°C (585°F).

5.7.4.1.3.8 Palheiros e outros grandes pacotes de biomassa que são montados à temperatura ambiente podem começar a se auto-aquecer com atividade biológica. Se o teor de umidade do combustível for adequado, este autoaquecimento biologicamente acionado pode ser suplantado pela oxidação e pode resultar em fuga térmica seguida de ignição.

5.7.4.1.3.9* Ignição de Madeira.A madeira, como muitos outros materiais celulósicos, está sujeita ao autoaquecimento quando exposta a temperaturas elevadas abaixo de sua temperatura de ignição. No entanto, as temperaturas nas quais ocorrerá o autoaquecimento da madeira não são uma propriedade intrínseca do material. Em vez disso, depende de fatores como a natureza da exposição ao calor, tamanho da pilha e geometria. Para aquecimento de curta duração (menos de um dia), a madeira requer uma temperatura mínima de aproximadamente 250°C (°F) para inflamar, embora esse valor aumente à medida que o fluxo de calor aumenta. Para madeira submetida a aquecimento de longa duração e baixa temperatura, a exotermicidade devido ao autoaquecimento é cada vez mais importante. Fatores como a natureza da exposição ao calor, a

480



(1) Área de superfície de reação insuficiente
(2) Concentração ou difusão insuficiente de oxigênio
(3) Temperatura ambiente muito baixa
(4) Isolamento insuficiente - dissipa o calor
(5) Material insuficiente

FIGURA 5.7.4.1.3.3 Condições necessárias para a ocorrência de ignição espontânea em materiais capazes de autoaquecimento.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

tamanho da amostra de madeira e a geometria da amostra desempenham um papel decisivo. A comunidade científica não chegou a um consenso sobre a ignição por autoaquecimento de madeira submetida a aquecimento de longa duração.

5.7.4.1.3.10* Briquetes de Carvão Vegetal. Os briquetes de carvão são suspeitos de auto-aquecimento até a ignição, mesmo quando embalados em sacos de tamanho doméstico [<9 kg (<20 lb)] em temperaturas ambientes normais. De particular suspeita é o efeito de molhar briquetes com água seguido de evaporação. No entanto, testes de laboratório rigorosos mostraram que sacos de briquetes de tamanho comum nem sequer se aproximam da auto-ignição, mesmo quando colocados em temperaturas ambiente excepcionalmente altas, como em um automóvel fechado ao sol. Os briquetes de carvão não têm maior tendência ao autoaquecimento do que outros materiais comuns, como serragem ou feno, mesmo após umedecimento. A combustão espontânea de briquetes de carvão ensacados em tamanhos disponíveis comercialmente não é possível sob quaisquer condições ambientais normais. O efeito de contaminantes no autoaquecimento de briquetes de carvão não foi estudado.

5.7.4.1.3.11* Contaminantes. Contaminantes em madeira ou outros materiais celulósicos são conhecidos por terem um efeito na decomposição térmica e oxidação. Os contaminantes identificados incluem ácidos graxos, óleos vegetais, ferro, óxido de ferro, sulfetos de ferro, cobalto, cobre, magnésio, carbonato de chumbo, carbonato de potássio, acetato de chumbo, acetato de sódio e pentóxido de vanádio. Trabalho quantitativo para deduzir o efeito de tais contaminantes no comportamento de ignição ainda precisa ser feito.

5.7.4.1.4* Materiais Comuns Sujeitos ao Autoaquecimento.

5.7.4.1.4.1 As formas mais comumente encontradas de autoaquecimento e autoignição pelos investigadores de incêndio são as seguintes:

(1) Polimerização de ácidos graxos (gorduras animais, óleos de cozinha e óleos de secagem) em materiais celulósicos (madeira, tecido e papel)

(2) Oxidação de materiais carbonáceos (carvão e carvão)
(3) Oxidação biologicamente induzida (fardos de feno e composto)
(4) Oxidação induzida pelo calor de lignocelulose materiais (geralmente fibra de madeira e tecido)
(5) Reações de polimerização (plásticos, borrachas, adesivos e partículas de excesso de tinta) *(Consulte NFPA 33.)*

5.7.4.1.4.2 Devido às muitas combinações possíveis desses fatores de controle ou influência, é difícil prever quando o material se autoaquecerá. Anexo A da NFPA *Manual de proteção contra incêndio*, 19ª edição, inclui uma lista de materiais suscetíveis à ignição espontânea. A omissão de qualquer material não indica necessariamente que ele não esteja sujeito a autoaquecimento.

5.7.4.1.5 Incêndios Oxidantes. Um agente oxidante é uma substância química que, embora não necessariamente combustível por si só, pode aumentar rapidamente a taxa de queima de outras substâncias ou resultar em combustão espontânea quando combinada com outras substâncias. Muitos destes oxidantes só são encontrados em situações industriais, mas os sanitizantes de piscinas, como o hipoclorito de cálcio e os sais de ácido dicloroisocianúrico ou tricloroisocianúrico (cloro estabilizado) sofrem aquecimento espontâneo ou combustão espontânea quando contaminados com determinados materiais orgânicos, substâncias particularmente hipergólicas, ou com outros oxidantes. Uma vez iniciado o fogo do oxidante, pode ocorrer uma reação de decomposição dentro da massa do oxidante, que, embora não seja tecnicamente combustão, libera grandes quantidades de calor e luz. Essas reações podem ser bastante violentas. Para uma lista de substâncias oxidantes e os regulamentos que regem sua classificação e requisitos de armazenamento, consulte NFPA 400.

5.7.4.1.6 Materiais Pirofóricos. Certos elementos, particularmente fósforo branco, sódio, potássio e alguns metais finamente divididos, como o zircônio, inflamam-se espontaneamente quando expostos ao ar. Os materiais que sofrem combustão espontânea quando expostos ao ar são conhecidos como *pirofórico*.

5.7.4.1.7 Transição para Combustão Flamejante.

5.7.4.1.7.1 A combustão lenta pode passar para a combustão se a combustão lenta criar vapores inflamáveis suficientes para a ignição por chama pilotada. Isso normalmente ocorre quando a combustão lenta se torna vigorosa como resultado do fluxo de ar aprimorado para a região de combustão lenta. Isso pode ocorrer como resultado da propagação da combustão lenta para gerar fluxos de ar adicionais, a criação de um buraco ou canal por combustão lenta que então atua como uma chaminé ou pela imposição externa de um fluxo de ar. Quando uma concentração inflamável de vapores é desenvolvida, o carvão incandescente pode atuar como fonte de ignição para a ignição dos vapores.

5.7.4.1.7.2* O tempo necessário desde o início da combustão lenta até a transição para a chama não é previsível. Transições para chamas em móveis estofados foram observadas em tempos que variam de 20 minutos a muitas horas. Os tempos de transição para chamas em grandes pilhas podem ser medidos em dias ou meses. Como a transição para a combustão é governada por mudanças no fluxo de ar e pela criação de buracos ou canais, o tempo para a transição para a combustão em chamas, se acontecer, parece ser em grande parte aleatório.

5.7.4.1.7.3 Quando a combustão em chamas é iniciada por uma fonte fumegante, como um cigarro, ou por autoaquecimento, o processo que leva ao aparecimento da primeira chama pode ser bastante lento. Uma vez iniciada a combustão com chama, no entanto, o desenvolvimento do fogo pode ser mais rápido do que se a fonte de ignição original fosse uma chama, devido ao pré-aquecimento do combustível.

5.7.4.2 Ignição por Flama Piloto de Combustíveis Sólidos. Para que os combustíveis sólidos queimem com chama, a substância deve ser derretida e vaporizada (por exemplo, termoplásticos) ou pirolisada em gases ou vapores (por exemplo, madeira ou plásticos termofixos). Em ambos os casos, o calor deve ser fornecido ao combustível para gerar os vapores inflamáveis. Na ignição pilotada, esses vapores inflamáveis são inflamados por uma fonte piloto, na forma de uma pequena chama, uma faísca, uma brasa ou uma superfície quente.

Δ **5.7.4.2.1*** Embora o conceito de temperatura de ignição pilotada para sólidos seja uma aproximação de engenharia e não uma propriedade mensurável reproduzível, o princípio é suficientemente robusto para permitir a aplicação geral de temperaturas de ignição determinadas experimentalmente. A faixa de temperatura para sólidos variar de cerca de °C a °C (°F a °F). 250 450 480 840 A ignição temperatura para a madeira varia com as condições de aquecimento. Por madeira ou produtos à base de madeira, a temperatura de ignição é 250°C (480°F) quando aquecido no menor fluxo de calor para o qual ignição ocorre, e isso independentemente de a pilotagem ser presente. Ao contrário de muitos outros combustíveis, quando a madeira é exposta a fluxos de calor mais elevados, a temperatura de ignição aumenta e um efeito de pilotagem começa a ser visto. A madeira pode incendiar-se sob condições pilotadas de 300°C a 350°C (570°F a 660°F) para fluxos de calor mais altos e cerca de 400°C (750°F) sem piloto. As temperaturas de ignição para plásticos não retardantes de fogo tendem a variar de 270°C a 360°C (520 a 680°F), e à base de madeira produtos tendem a variar de 330°C a 375°C (6 30°F a °F) 10 As temperaturas de ignição acima de 400°C (750 F) são geralmente

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

observado apenas em materiais inerentemente retardadores de fogo ou materiais significativamente carregados com retardadores de fogo.

5.7.4.2.2 Associado ao conceito de temperatura de ignição está o conceito de fluxo radiante mínimo para ignição pilotada. Com base em uma superfície traseira espessa e bem isolada (não exposta), a temperatura de ignição, juntamente com conceitos simples de transferência de calor em estado estacionário, podem ser aplicados para deduzir o fluxo de calor radiante mínimo que pode causar ignição. Para a maioria dos materiais, o fluxo de calor radiante crítico está na faixa de 10 a 15 kW/m2com alguns materiais exibindo valores mais altos. Isso contrasta com fluxos de calor mínimos para ignição sem chama de 7 a 8 kW/m2.

5.7.4.2.3O valor do fluxo de calor mínimo determinado experimentalmente depende da duração do teste, com períodos de teste mais curtos resultando em valores de fluxo de calor mínimo mais altos. Ignições pilotadas foram observadas até cerca de uma hora de aquecimento radiante. A maioria dos testes de fluxo de calor mínimo usa uma duração de teste de 15 a 20 minutos. Isso pode aumentar o mini-
fluxo de calor de 10 a 12 kW/m2.

5.7.4.2.4 Conforme discutido na seção Transferência de calor por condução, o aumento transitório da temperatura superficial em um material espesso durante a exposição a um fluxo de calor específico é governado pela inércia térmica do material. Como as inércias térmicas variam amplamente e as temperaturas de ignição variam estreitamente, as variações no comportamento do material resultam em grande parte das variações na inércia térmica. Geralmente, a condutividade e a inércia térmica são proporcionais à densidade do material. Materiais de alta densidade do mesmo tipo genérico (madeiras, plásticos) conduzem energia para longe da área da fonte de ignição mais rapidamente do que materiais de baixa densidade, que atuam como isolantes e permitem que a energia permaneça na superfície. Por exemplo, dada a mesma fonte de ignição, o carvalho leva mais tempo para inflamar do que um pinho macio, e o plástico de espuma de baixa densidade inflama mais rapidamente do que o plástico de alta densidade. É relativamente fácil acender uma pilha de aparas finas de pinho, enquanto a ignição de um bloco sólido de madeira de meio quilo é mais difícil.

5.7.4.2.5A espessura do material também afeta marcadamente a inflamabilidade de uma amostra. Por exemplo, um pedaço de papel ou apara de madeira é muito mais fácil de acender do que um bloco grosso de madeira. À medida que a espessura aumenta, o tempo de ignição aumenta até que o comportamento de espessura térmica domine e espessura tem pouco impacto adicional. Materiais finos também são mais fáceis de inflamar porque o aquecimento em dois lados em uma borda também é possível. É mais fácil acender a borda de um pedaço de papel do que o centro da folha.

Δ **5.7.4.3* Autoignição Flamejante de Sólidos.**Onde não há fontes piloto disponíveis, a ignição de sólidos depende de ignição automática do os gases inflamáveis gerados pelo aquecimento. Embora as temperaturas de autoignição não sejam bem definidas, pois são altamente dependentes das condições ambientais, é comum encontrar AITs relatados na faixa de 400°C a 600°C (°F a °F). Em fluxos de calor médios, a madeira pode se auto-inflamar em cerca de 400°C (750°F). Para que a autoignição ocorra como resultado da radiação transferência de calor, os voláteis liberados da superfície precisam ser quentes o suficiente para produzir uma mistura inflamável acima de sua temperatura de autoignição quando se mistura com ar não aquecido. Com o aquecimento convectivo, por outro lado, o ar já está em alta temperatura e os voláteis não precisam estar tão quentes.

5.8* Propagação da Chama.

5.8.1 Geral.O crescimento de um incêndio normalmente inclui a propagação da chama sobre as superfícies de combustível envolvidas. A rapidez do crescimento do fogo depende das propriedades do combustível e da orientação das superfícies do combustível. Em termos gerais, a propagação da chama pode ser classificada como propagação de chama concorrente ou propagação de chama em contrafluxo. Esses termos relacionam a direção da propagação da chama em comparação com a direção do fluxo de gás. Exemplos desses tipos de propagação de chama são mostrados na Figura 5.8.1.

5.8.1.1 Propagação da Chama de Contrafluxo.A propagação de chama de contrafluxo, também conhecida como propagação de chama de fluxo oposto, ocorre quando a direção de propagação da chama é contrária ou oposta ao fluxo de gás. Exemplos notáveis disso são a propagação lateral em uma superfície horizontal (Figura 5.8.1) ou propagação de chama para baixo em uma superfície vertical. A propagação da chama em contrafluxo é geralmente lenta como resultado da capacidade limitada da chama de aquecer o combustível antes da frente da chama.

5.8.1.2 Propagação de Chama Concorrente.A propagação de chama simultânea, também conhecida como propagação de chama auxiliada pelo vento, ocorre quando a direção de propagação da chama é a mesma que o fluxo de gás ou a direção do vento. Exemplos notáveis de propagação de chama de fluxo simultâneo incluem propagação de chama ascendente em uma parede. A propagação simultânea da chama é

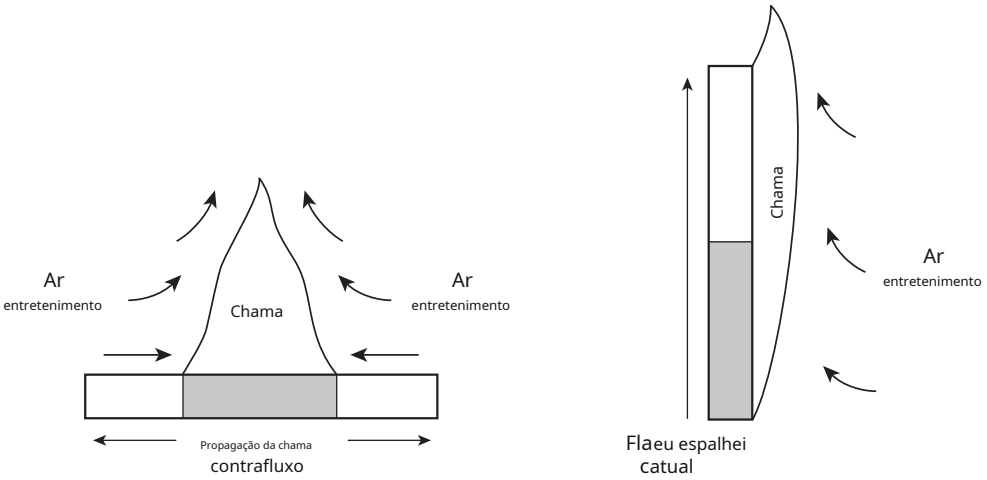


FIGURA 5.8.1 Exemplos de Contrafluxo e Simultaneidade *e*t Flame Espalhe. [*Adotado de Beyler DiNenno (1994).*]

Copyright t Incêndio Nacional P associação de proteção
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

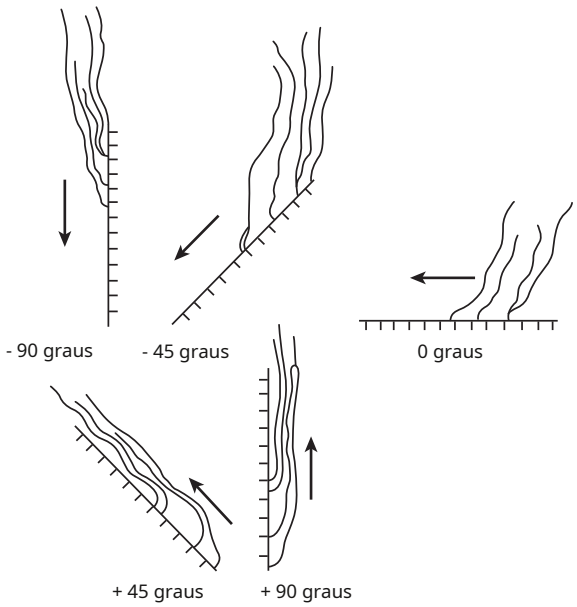


FIGURA 5.8.1.3 Interação entre a Chama e o Combustível para Propagação da Chama em Diferentes Ângulos de Inclinação. Contrafluxo: -90 graus, -45 graus, 0 graus; fluxo concorrente: +45 graus +90 graus.

geralmente bastante rápido como resultado do contato direto da chama com o combustível à frente da frente da chama.

5.8.1.3 Propagação do Fogo em Superfícies Inclinadas.A Figura 5.8.1.3 ilustra o contrafluxo e o fluxo concorrente em superfícies com diferentes inclinações. Incêndios em superfícies inclinadas, como paredes combustíveis inclinadas, rampas ou escadas, exibem os efeitos de propagação de incêndios de fluxo simultâneo*(veja a Figura 5.8.1.3)*. A maioria dessas construções de rampas ou escadas em estruturas são inclinadas de 30 a 50 graus em relação à horizontal. A propagação inclinada do fogo é um efeito combinado do pré-aquecimento da superfície combustível acima da chama por mecanismos de transferência de calor por condução, convecção e radiante e o efeito radiante exponencialmente aumentado na superfície acima da chama pela entrada de ar concorrente do lado voltado para o fogo. inclinação “dobrando” a chama em direção à superfície.

5.8.1.3.1* Propagação do Fogo em Vala Inclinada.O incêndio da escada rolante da estação de metrô King's Cross em 1987 em Londres chamou a atenção para um mecanismo anteriormente não reconhecido (pelo menos para incêndios em edifícios), a “trincheira inclinada”. Uma “vala inclinada” é uma superfície combustível inclinada que é limitada lateralmente por paredes laterais verticais. O melhor exemplo é uma escada fechada, com paredes de cada lado. A propagação ascendente da chama (fluxo concorrente) em superfícies verticais é rápida, mas isso pode ser aprimorado pela geometria local. Se houver duas superfícies combustíveis voltadas para dentro, como em um canto ou dentro do paredes laterais de uma escada combustível propagação ascendente é fechada, reforçada pela radiação cruzada ligado) entre o (superfícies de queima de radiação de ele superfícies podem feedback. A radiação cruzada entre t aumenta te de queima. UMA muito a taxa de propagação e a mudança o ar pode ganhar relativamente simples na maneira como o a taxa de calor h acesso às chamas tem um enorme efeito sobre pode resultar em transferência da chama para a superfície, com orante para sub propagação extremamente rápida da chama seu comportamento. Por para cima. e a disseminação chamas podem ter um efeito dramático. O incêndio na estação de metrô King's Cross, em Londres, em novembro de 1987, envolveu uma escada rolante de madeira inclinada em um ângulo de 30 graus. Um incêndio se estabeleceu em toda a largura da escada rolante e as chamas se espalharam pela “trincheira” da escada rolante também em um ângulo de 30 graus, em vez de subir verticalmente. Isso foi causado pelo confinamento proporcionado pelas laterais da escada rolante. A taxa de expansão ascendente foi totalmente inesperada e provavelmente igual à taxa que teria sido experimentada se a escada rolante fosse vertical. O efeito é ilustrado na Figura 5.8.1.3.1, que mostra como a taxa de propagação da chama (para cima) nas placas de polimetilmetacrilato (PMMA) muda à medida que o ângulo da placa é aumentado de 0 graus (horizontal) para 60 graus. Sem paredes laterais, a taxa de propagação permaneceu inalterada até cerca de 20 graus, e depois aumentou lentamente. No entanto, com paredes laterais no lugar (imitando as paredes laterais da escada rolante), a taxa de propagação aumentou dramaticamente em declives acima de 15 graus.

5.8.2 Propagação da Chama em Líquidos.

5.8.2.1A propagação da chama em combustíveis líquidos depende da temperatura do líquido em relação ao ponto de fulgor. Abaixo do ponto de fulgor, a propagação da chama ocorre por meio do fluxo de líquido e, acima do ponto de fulgor, a propagação da chama ocorre por meio de mecanismos de propagação da fase gasosa.

5.8.2.2 Propagação da Chama da Fase Líquida.A maior parte da propagação de chamas em fase líquida é propagação de chamas em contrafluxo, embora a propagação de chamas a favor do vento em um incêndio em piscina ou a propagação de chamas ascendentes em um combustível em cascata por uma parede sejam exemplos de propagação de chamas simultâneas. A propagação da chama em contrafluxo em líquidos é auxiliada por fluxos de líquido acionados por tensão superficial dentro da piscina, que aceleram o combustível aquecido pela chama à frente da frente da chama. Para espessuras de camada de combustível muito finas, os fluxos acionados por tensão superficial são retardados. Vários investigadores observaram que a propagação da chama na fase líquida não ocorre em espessuras de combustível inferiores a 2 mm. Derramamentos livres de combustível em superfícies planas e horizontais geralmente têm cerca de 1 mm de profundidade, embora sejam esperados derramamentos mais profundos em superfícies de piso niveladas de forma realista. As taxas de propagação da chama acionada por líquido geralmente estão na faixa de 1 a 10 cm/s. Veja a Figura 5.8.2.2 para dados em JP-8,

5.8.2.3 Propagação da Chama da Fase Gasosa. Quando o líquido está acima de seu ponto de fulgor, concentrações inflamáveis de vapores de combustível existem perto de

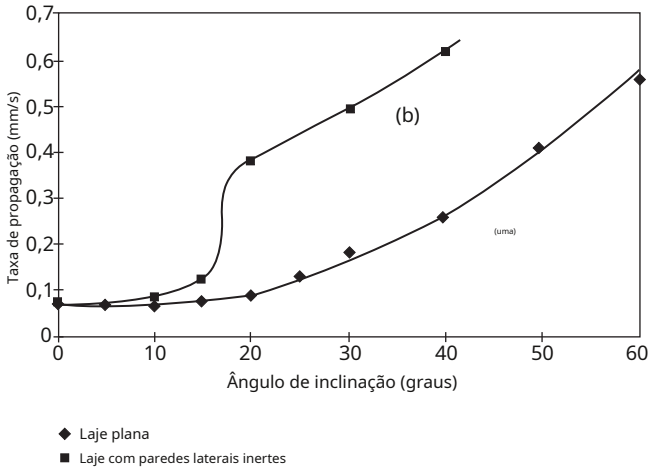


FIGURA 5.8.1.3.1 Variação da taxa de propagação ascendente da chama em placas de PMMA de 60 mm de largura em ângulos diferentes. [*De “Fire Dynamics”, ISFI (2006).*]

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

a superfície do combustível. A propagação da chama ocorre através da camada de ar/vapor de combustível pré-misturado em velocidades típicas de chamas pré-misturadas, 1 a 2 m/s*[veja a Figura 5.8.2.2 para dados sobre JP-8, um combustível militar semelhante ao combustível de aviação comercial (Jet A).]*

5.8.3 Propagação da Chama em Sólidos.

5.8.3.1A propagação da chama em combustíveis sólidos pode ser pensada em termos de um processo de ignição contínuo. Em cada local, o combustível precisa ser aquecido a condições em que possa inflamar e queimar. Como tal, todos os fatores que afetam a ignição de um combustível sólido também afetam as taxas de propagação da chama. As taxas de propagação da chama em sólidos dependem do mecanismo de propagação da chama (concorrente vs. contrafluxo), bem como da espessura e propriedades térmicas do combustível.

5.8.3.2 Propagação da Chama de Contrafluxo em Combustíveis Finos.A propagação de chama em contrafluxo em combustíveis finos normalmente ocorre para propagação de chama descendente. A chama adere à superfície do combustível em ambos os lados da folha e a região de queima ativa do combustível é geralmente bastante curta. Chama espalhada por um palito de fósforo ou chama espalhada por um pedaço de papel são exemplos típicos desse tipo de comportamento. As taxas de propagação da chama estão geralmente na faixa de 0,2 a 2 mm/s, com as taxas mais altas ocorrendo para o combustível mais fino.

5.8.3.3 Propagação de Chama Concorrente em Combustíveis Finos.A propagação simultânea de chama em combustíveis finos normalmente ocorre para propagação de chama ascendente. A chama adere à superfície do combustível em ambos os lados da folha. Como a taxa de propagação da chama é mais rápida do que a propagação da chama no contrafluxo, a região de queima ativa do combustível é maior. Chamas espalhadas por uma cortina ou cortinas ou chamas espalhadas por um pedaço de papel são exemplos típicos de chamas simultâneas espalhadas em combustíveis finos. As taxas de propagação da chama estão geralmente na faixa de dezenas de cm/s, com as taxas mais altas ocorrendo para o combustível mais fino. Nenhuma tendência geral de taxa de propagação de chama com combustível

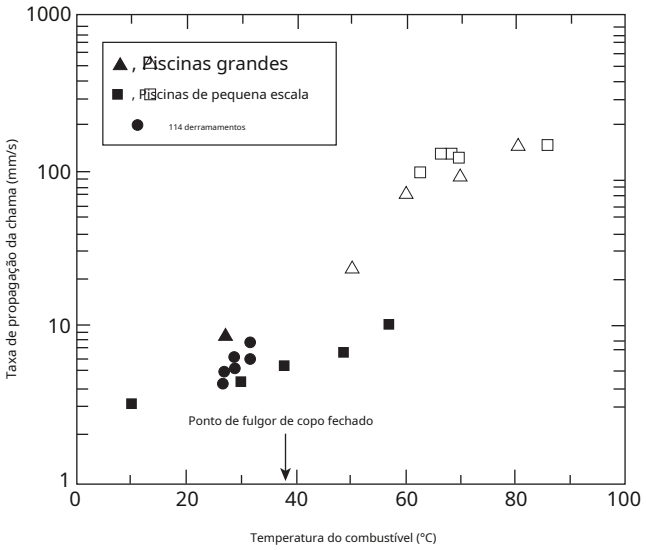


**FIGURA 5.8.2.2 Propagação da Chama de Contrafluxo Rates sobre JP-8 de profundidade de 5 mm (0,2 pol.) em função do temperatura. combustível Te JP-8 é um combustível militar muito comercial semelhante ao Jet A usado em aviões a jato c. Os dados ol 5 pés por em grande escala são de testes em um po 40 pés, piscina de 8 polegadas por enquanto os dados em pequena escala são de testes emé em direção ao um 5 pés.c escala de reajuste. [*Adotado de Gott (2016).*] *Reino Unido e Branco*

espessura são possíveis porque combustíveis mais finos inflamam mais rápido, mas também queimam mais rápido (produzindo comprimentos de chama mais curtos).

5.8.3.4* Propagação da Chama de Contrafluxo em Combustíveis Espessos.A propagação de chama em contrafluxo em combustíveis espessos normalmente ocorre para propagação de chama descendente em uma parede ou propagação horizontal em uma superfície horizontal voltada para cima (consulte a Figura 5.8.3.4). A transferência de calor do pé de chama (consulte a Figura 5.8.3.4 inserção) é feita tanto pela fase gasosa quanto pela fase sólida. As taxas de aquecimento são limitadas pela região muito pequena de transferência de calor, normalmente um comprimento de aquecimento medido em milímetros. O calor também é perdido no material espesso. As taxas de propagação de chama não aprimoradas são geralmente da ordem de 0,1 mm/s. Taxas de espalhamento de espuma de poliuretano de 2 a 4 mm/seg resultam da densidade muito baixa. Muitos materiais espessos não suportam a propagação de chamas em contrafluxo sem aquecimento externo. Um exemplo comum disso é a madeira grossa. Com pré-aquecimento de 100–200°C, a maioria dos produtos de madeira suportará a propagação de chamas em contrafluxo. Fontes de tal pré-aquecimento incluem radiação de gases quentes do compartimento ou de uma chama próxima. As geometrias do espaço de chaminé são adequadas para fornecer suporte radiativo mútuo para queima de superfície e propagação de chamas. Com aquecimento externo, as taxas de propagação de chama em combustíveis sólidos espessos podem se aproximar das taxas de propagação de chama da fase gasosa de combustíveis líquidos.

5.8.3.5* Propagação de Chama Concorrente em Combustíveis Espessos.A propagação simultânea da chama em combustíveis espessos normalmente ocorre para a propagação de chama ascendente nas paredes ou na parte inferior de tetos combustíveis. Com um combustível espesso, o comprimento da chama que aquece o material

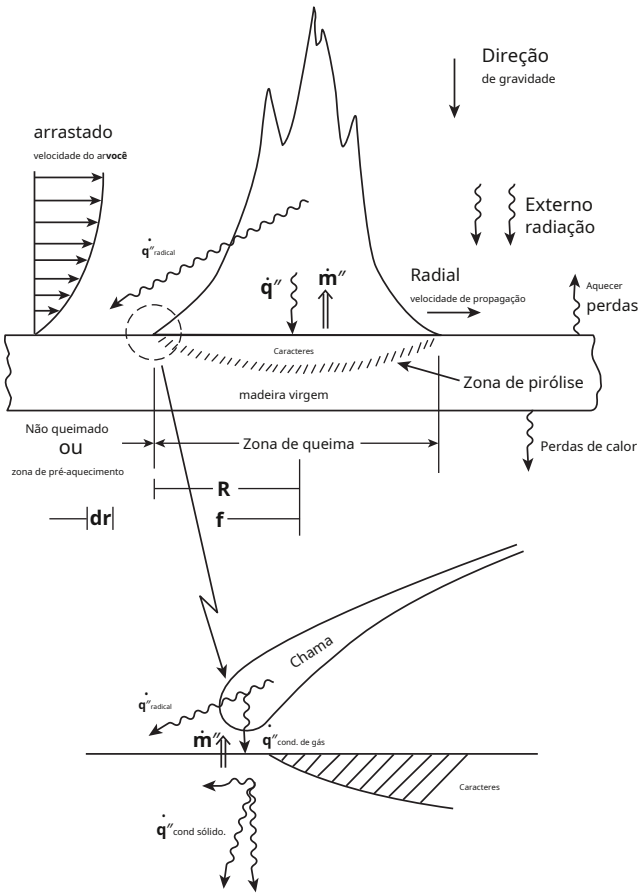


FIGURA 5.8.3.4 Propagação da Chama em uma Superfície Horizontal de Madeira. [*Adotado de Atreya (1984).*]

Copyrig ht Associação Nacional de Proteção contra Incêndios
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

à frente da área de queima está aumentando continuamente. Isso permite a possibilidade de taxas de propagação de chama aceleradas ilimitadas. A medição da taxa de propagação da chama em paredes de PMMA de 1,6 m produz taxas de propagação da chama de até 6 mm/s e medições em paredes de 3,5 m taxas de rendimento de até 10 mm/s [Orloff et al. (1974), Wu et ai. (1996)]. Medidas semelhantes em uma parede de papelão ondulado de 1,3 m de altura produziram taxas de propagação de chama de até 6 a 9 mm/s [Grant e Drysdale (1995)]. Taxas de propagação de chama mais rápidas são observadas nos espaços de chaminé de armazenamento em rack de mercadorias em caixas de papelão. De um ignitor no nível do chão no tempo zero, as chamas podem envolver combustível a uma altura de 2 m em 30 segundos e envolver papelão a 5 m de altura em 42 segundos [McGrattan et al. (1998)]. O aumento das taxas de propagação da chama não ocorre para todos os materiais e todas as chamas expostas. Se o fogo que expõe uma parede não for suficientemente grande, a propagação da chama para cima pode não ocorrer ou pode crescer até uma altura limite antes que a propagação cesse [Saito et al. (1986)].

5.8.3.6 Papel da Fusão e Gotejamento na Propagação da Chama. As chamas podem se espalhar de forma diferente em diferentes partes do mesmo pacote de combustível, por exemplo, uma chama pode se espalhar lentamente pela superfície horizontal de uma almofada de cadeira com a propagação aumentando rapidamente à medida que a parte de trás da cadeira é envolvida. Se um material derreter, é provável que pinge e se acumule em superfícies horizontais. O gotejamento de espuma de poliuretano liquefeito de móveis pode formar um incêndio em piscina sob esses móveis. A ignição da parte inferior do móvel pelo fogo da piscina aumenta a taxa de queima do móvel e resulta na rápida propagação da chama. O derretimento e o gotejamento do material também podem resultar na remoção de combustível da frente de propagação da chama. Isso pode prejudicar significativamente a capacidade da frente de chama se propagar pela superfície do material.

5.8.3.7 Papel do Aquecimento Externo na Propagação da Chama. O aquecimento externo de uma superfície de combustível por uma chama próxima ou por radiação de gases quentes da camada superior que se acumulam em um compartimento pode aumentar significativamente as taxas de propagação da chama.

5.9* Propagação do Fogo em um Compartimento.

5.9.1 A taxa de liberação de calor de um incêndio geralmente é uma função da quantidade e do tipo de combustível envolvido em um determinado momento e das condições de ventilação. Um aumento na taxa de liberação de calor pode ocorrer pela propagação da chama em um pacote de combustível individual, pela ignição de combustíveis adicionais ou por mudanças na ventilação. À medida que o fogo cresce em tamanho, aumenta o potencial de propagação do fogo para outros compartimentos ou áreas dentro do edifício. A propagação da chama é o movimento das chamas em um pacote de combustível individual (por exemplo, sofá ou parede combustível), e a propagação do fogo é descrita como a ignição de pacotes de combustível adicionais que podem espalhar o fogo por um compartimento ou edifício.

5.9.2 Propagação do Fogo. A propagação do fogo, ao contrário da propagação da chama, envolve a ignição de pacotes de combustível mais remotos. Os pacotes de combustível podem estar localizados dentro do mesmo ou em compartimentos adjacentes. O fogo pode se espalhar por impacto direto de chamas ou por ignição remota de pacotes de combustível adjacentes.

5.9.2.1 Propagação do Fogo por Impacto de Chama. À medida que um incêndio cresce, a propagação da chama pode ser auxiliada pelo fluxo criado pelos gases quentes que sobem dentro do compartimento. Por exemplo, as chamas de um incêndio de piscina no centro de um compartimento podem ser desviadas pelo fluxo de ar ambiente para dentro do compartimento através de uma porta. A deflexão dessas chamas de um pacote de combustível pode colidir com um segundo pacote de combustível localizado adjacente ao primeiro. Além disso, devido à falta de simetria do fluxo de ar em um incêndio pluma, chamas de pacotes de combustível localizados contra uma parede ou em um canto podem se prender a superfícies verticais. Se essas superfícies forem combustíveis, elas podem ser inflamadas através do contato direto com a chama.

5.9.2.2 Propagação do Fogo por Ignição Remota. A ignição remota pode ocorrer através dos três modos de transferência de calor. Uma transferência de calor por condução que resulta em ignição pode ocorrer através de tetos e paredes. Um exemplo comum seria a ignição de pinos de madeira atrás de paredes ou divisórias de alvenaria incombustíveis devido ao calor de um incêndio do compartimento sendo conduzido através da alvenaria para os membros estruturais combustíveis.

5.9.2.2.1 A transferência de calor radiante térmico que resulta em ignição pode ocorrer a partir de radiação de chama ou radiação de camada de gás quente para pacotes de combustível remotos. O método dominante de propagação do fogo de um local remoto para outro local remoto é através da radiação. A camada de fumaça quente transmitirá radiação térmica para outros pacotes de combustível, que podem inflamar. Se o fogo inicial em um compartimento crescer o suficiente e envolver combustível suficiente, a saída radiativa do fogo pode se tornar grande o suficiente para aquecer superfícies de outros pacotes de combustível remotos até o ponto em que ocorre a autoignição e a propagação da chama começa no combustível remoto. Este efeito é observado no ponto em que um compartimento transita para flashover. Alguns dos fatores que podem afetar esse fenômeno são o tamanho do incêndio, a quantidade de energia irradiada, a geometria entre os dois objetos combustíveis (ou seja,

5.9.2.2.2 A propagação do fogo também pode ocorrer como resultado do "drop down". Isso ocorre quando um material em chamas cai e inflama os combustíveis em que ele cai ou próximo. Quando uma chama está queimando em uma estrutura ou material elevado dentro de um compartimento, existe a possibilidade de que antes que o combustível seja completamente consumido, os elementos percam a integridade e façam com que o combustível caia para outras áreas dentro do compartimento ou para um nível ou piso inferior de um edifício. Se isso ocorrer, o combustível ainda em chamas pode estar próximo a um material combustível que ainda não se inflamou. A queda também ocorre com a queima de materiais termoplásticos, cortinas, cortinas ou outros itens de combustível fino.

Δ **5.10 Desenvolvimento do Fogo do Compartimento.** A seguir está uma lista de referências que dizem respeito ao desenvolvimento de incêndio no compartimento:

(1) Custer, R. (2003), "Dinâmica do Crescimento do Fogo em Compartimento", NFPA *Manual de proteção contra incêndio*, 19ª ed., Seção 2.4.
(2) Thomas, P. (1995), "O Crescimento da Ignição do Fogo ao Envolvimento Pleno", *Fundamentos da Combustão do Fogo*, ed. Cox, G., Academic Press, Londres.
(3) Quintiere, JG e Wade, CA (2016), "Modelagem de incêndio em compartimentos", *SFPE Manual de Engenharia de Proteção contra Incêndios*, 5ª ed., Gaithersburg, MD.
(4) Walton, WD., Tomás, PH. (2016), "Estimativa de Temperatura em Incêndios de Compartimento", *SFPE Manual de Engenharia de Proteção contra Incêndios*, 5ª ed., Gaithersburg, MD.
(5) Mowrer, FW (2016), "Arquivamento de Fumaça de Gabinete e Condições Ambientais Geradas por Incêndios", *SFPE Manual de Engenharia de Proteção contra Incêndios*, 5ª ed., Gaithersburg, MD.

5.10.1 Geral.

5.10.1.1 A taxa e o padrão de desenvolvimento do fogo dependem de uma relação complexa entre o combustível queimado e o ambiente circundante.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

5.10.1.2 Em um incêndio de compartimento, a coleta de calor no topo da sala pode aumentar a temperatura no teto e produzir um grande corpo de fumaça de alta temperatura e gases quentes. A radiação desta parte superior do espaço pode aumentar significativamente a taxa de propagação do fogo e a liberação de calor de um item em chamas. Isso pode resultar em taxas de liberação de calor significativamente maiores do que as observadas na queima aberta.

5.10.1.3 Os compartimentos também podem restringir a taxa de liberação de calor, limitando a entrada de ar para apoiar a combustão. Esta seção resume o desenvolvimento de um incêndio em um compartimento.

5.10.1.4A taxa de crescimento do fogo determinada por depoimentos de testemunhas é altamente subjetiva. Muitas vezes as testemunhas relatam o crescimento do fogo desde o momento da descoberta, o que não pode ser diretamente correlacionado com o tempo de ignição. A taxa de crescimento do fogo depende de muitos fatores além da carga de combustível, incluindo configuração do combustível, tamanho do compartimento, propriedades do compartimento, ventilação, fonte de ignição e primeiro combustível inflamado. Testemunhas oculares relatando uma rápida taxa de crescimento de incêndios não devem ser interpretadas como dados que apoiam uma causa de incêndio incendiário.

5.10.2 Fenômenos de Incêndio de Compartimento.

5.10.2.1 Quando uma pluma de incêndio atinge o teto de um compartimento, o fluxo de fumaça e gases quentes e o crescimento do incêndio serão afetados. A Figura 5.10.2.1 mostra uma sala com uma abertura de porta. Existem vários itens de combustível na sala; um é o primeiro item inflamado e os outros são combustíveis "alvo". A pluma de incêndio atinge o teto e o fluxo é desviado para fluir sob o teto como um jato de teto. Os gases de jato do teto fluem em todas as direções até que os gases atinjam as paredes do compartimento. À medida que o fluxo do jato do teto atinge as paredes e não pode mais se espalhar horizontalmente, os gases se voltam para baixo e iniciam a criação de uma camada de gases quentes abaixo do teto.

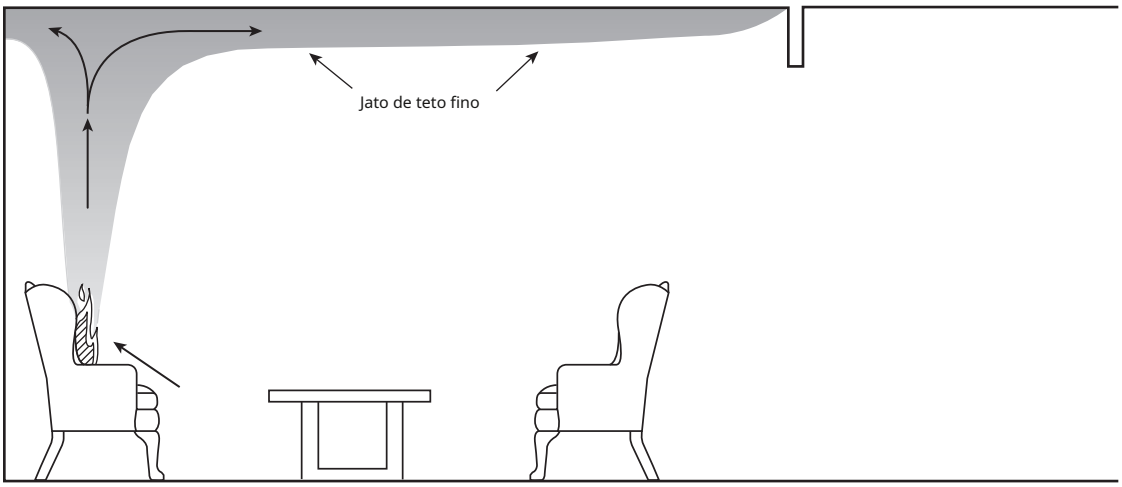
5.10.2.2 Enchimento de Fumaça.O fogo atua como uma "bomba", adicionando massa (gases quentes) e energia à camada superior. Esta adição contínua de gases quentes à camada faz com que a camada superior cresça em profundidade. A profundidade da camada superior de gases quentes continuará até que a camada superior de gás quente atinja a base do fogo ou até que a camada seja preenchida até o topo de uma abertura.

5.10.2.3 Quando a camada de fumaça quente atingir o topo da abertura da porta, conforme ilustrado na Figura 5.10.2.3, ela começará a fluir para fora do compartimento. A descida da camada de gás quente será interrompida quando o fluxo de gases quentes para fora da abertura for igual à taxa de adição de gás quente à camada pela pluma.

5.10.2.4 Se o fogo aumentar de tamanho, o fundo da superior camada, da interface da camada, continuará a descer, a temperatura da fumaça e dos gases quentes aumentará e o calor radiante da camada começará a aquecer o combustível alvo não inflamado, conforme mostrado na Figura 5.10.2.4. Um padrão de fluxo bem definido será estabelecido na abertura, com os produtos de combustão quentes saindo pela parte superior e o ar frio entrando no compartimento sob a camada de fumaça.

5.10.2.5 No estágio inicial da queima, há ar suficiente para queimar todos os materiais que estão sendo pirolisados. Isto é referido como *queima controlada por combustível*. À medida que a queima progride, a disponibilidade de ar pode continuar e o fogo pode ter oxigênio suficiente mesmo à medida que cresce. Normalmente, este seria um compartimento que tivesse uma grande abertura de porta ou janela. Nesses casos, os gases coletados na parte superior da sala conterão oxigênio significativo e quantidades relativamente pequenas de combustível não queimado.

5.10.2.6À medida que o fogo continua a aumentar, o superior camada de gás a temperatura e a intensidade da radiação sobre os conteúdos combustíveis expostos na sala aumentam. A Figura 5.10.2.6 mostra a evolução da importância relativa da transferência de calor por convecção e radiação. À medida que o fogo se desenvolve, os fluxos de calor convectivo e radiativo aumentam, mas a radiação passa a dominar a transferência global de calor. A temperatura da superfície desses conteúdos combustíveis aumenta e os gases de pirólise são produzidos. Quando a temperatura da camada superior atinge aproximadamente 590°C (1100°F), o conteúdo combustível inflama, envolvendo todas as superfícies combustíveis expostas à radiação da camada superior. Este fenômeno, conhecido como flashover, é ilustrado na Figura 5.10.2.6. Os termos *chama* e *rolar* são frequentemente usados para descrever a condição em que as chamas se propagam através ou através da camada apenas e não envolvem o superfícies dos combustíveis alvo. Flameover ou rollover geralmente precede o flashover, mas nem sempre pode resultar em flashover. À medida que o fogo se desenvolve, o significado relativo da transferência de calor por radiação passa a dominar sobre a transferência de calor por convecção.



Δ **FIGURA 5.10.2.1 Desenvolvimento Inicial do Fogo no Compartimento.**

Copyright National Fire Protection Association n
Fornecido por IHS Markit sob licença com NF PA

5.10.2.7* Se o fluxo de ar no compartimento não for suficiente para queimar todos os combustíveis pirolisados pelo fogo, o fogo passará do controle de combustível (ou seja, onde a taxa de liberação de calor do fogo depende da quantidade de combustível envolvido) para ventilação controlada (ou seja, onde a taxa de liberação de calor é controlada pela quantidade de oxigênio disponível). Em um incêndio controlado por ventilação, a camada de gás quente conterá níveis reduzidos de oxigênio. Incêndios que atingem o envolvimento total da sala podem produzir altos níveis de produtos de pirólise não queimados e monóxido de carbono, e baixos níveis de oxigênio (por exemplo, 0-5 por cento). *(Veja a Figura 5.10.2.7 para um exemplo de um incêndio controlado por ventilação.)*

5.10.2.8 Durante a queima pós-flashover, a posição da parte inferior da superior camada e a existência e tamanho de chamas sobre ou associado a combustíveis alvo dentro da camada pode variar entre as condições mostradas na Figura 5.10.2.6 e na Figura 5.10.2.7. Embora a queima de pisos ou revestimentos de piso seja comum, essa queima nem sempre pode se estender sob os combustíveis alvo ou outras superfícies de proteção. Este estágio de incêndio totalmente desenvolvido é tipicamente uma queima controlada por ventilação.

5.10.3 Fluxos de ventilação do compartimento.

5.10.3.1 Os fluxos de ar necessários para suportar um incêndio no compartimento podem ser fornecidos por ventilação mecânica (fluxos HVAC) ou por ventilação natural através de aberturas (respiros). Exceto onde as aberturas de ventilação natural são extremamente limitadas, a ventilação natural geralmente domina sobre a ventilação mecânica.

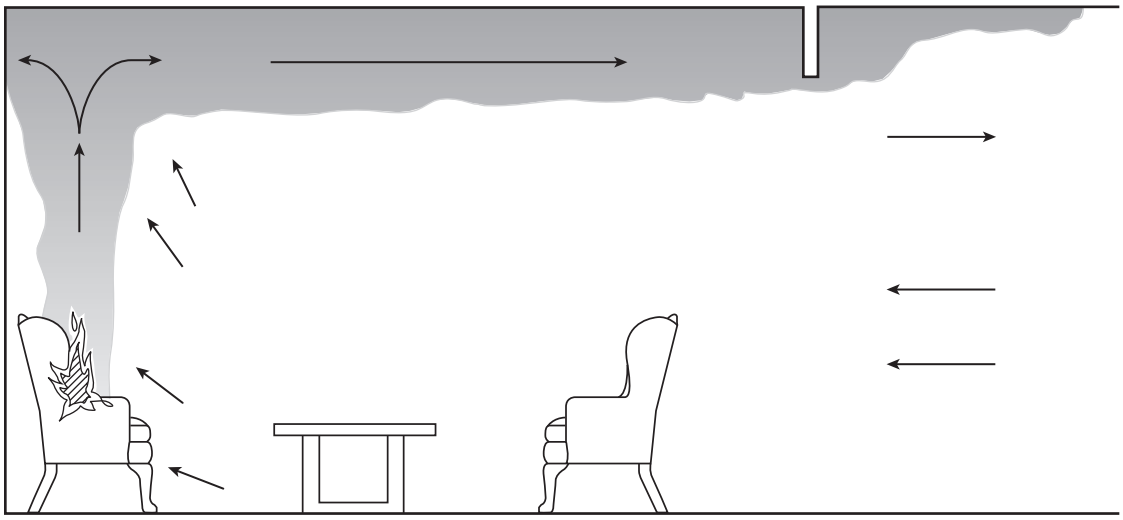


FIGURA 5.10.2.3 Desenvolvimento da Camada Superior em Incêndio de Compartimento.

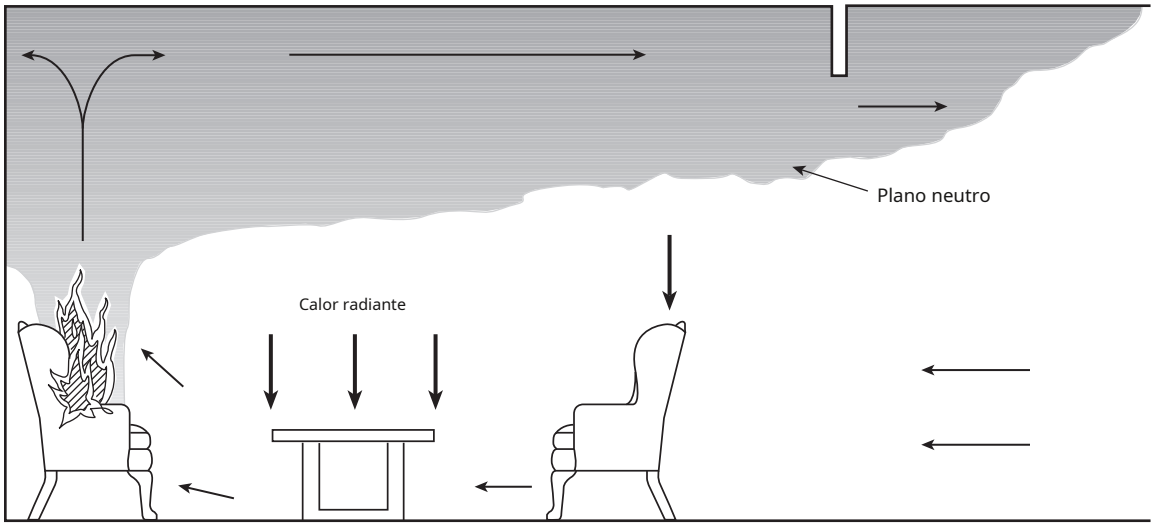


FIGURA 5.10.2.4 Condições de Pré-Flashover em Incêndio de Compartimento.

Copyright National Fire Protection Association n
Fornecido por IHS Markit sob licença com NF PA

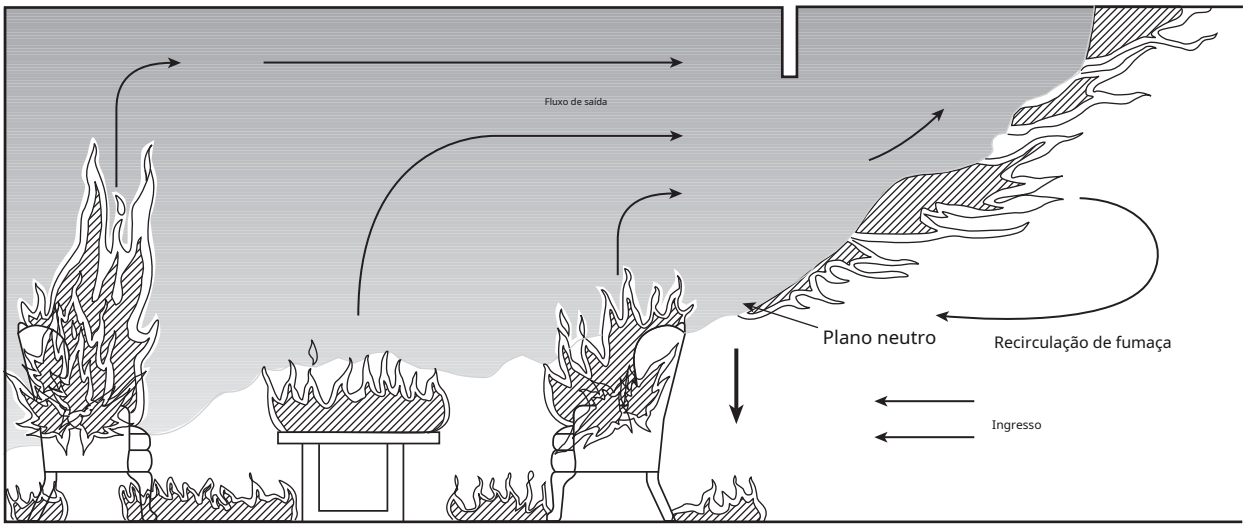
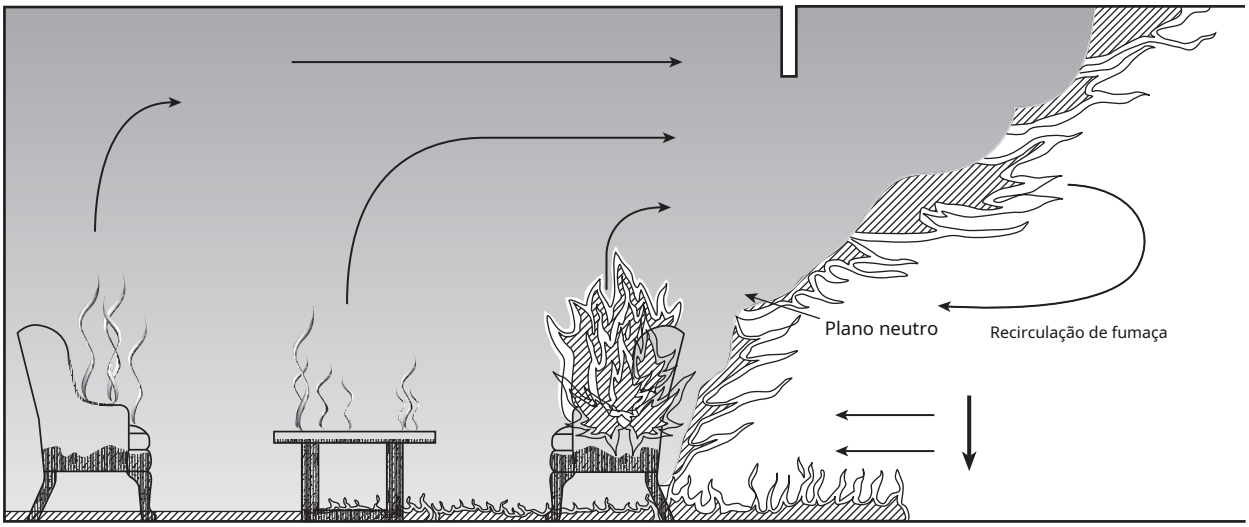


FIGURA 5.10.2.6 Condições de Flashover em Incêndio de Compartimento.



Δ **FIGURA 5.10.2.7 Envolvimento Pós-flashover ou Sala Cheia em um Incêndio de Compartimento Típico. Embora a pirólise possa continuar em todo o compartimento, a combustão em chamas só ocorrerá quando houver oxigênio suficiente presente. Dependendo do momento do ar entrante, a combustão em chamas pode ocorrer dentro do fluxo de ventilação em várias profundidades no compartimento.**

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido por IHS Markit sob licença com NF PA

5.10.3.2A ventilação natural através de uma porta ou janela aberta existente ocorre devido à flutuabilidade associada ao fogo e à camada de gás quente no compartimento de incêndio. Os gases quentes, de densidade muito inferior à do ar ambiente, saem pela parte superior da abertura e o ar que substitui os gases perdidos flui para a parte inferior da abertura. A altura na qual o fluxo muda de direção é conhecida como "plano neutro". Esta demarcação é muitas vezes visível nos padrões de incêndio na moldura da porta. Uma região ascendente de dano térmico em uma porta aberta registra o fluxo de gases quentes.

5.10.3.3 Fluxos de Abertura Única.

5.10.3.3.1 Quando a interface da camada quente superior está próxima ao topo da abertura, a saída de gases através da abertura ocorre na altura da interface e acima dela. Nestas condições, a interface da camada e o plano neutro estão na mesma altura.

5.10.3.3.2 Quando a interface da camada quente se move para baixo perto da base da abertura, o plano neutro não está mais na altura da interface. Quando a camada superior de gás quente dentro da sala se estende abaixo da parte inferior da abertura, o plano neutro está normalmente em$_{1}/_{3}$para$_{1}/_{2}$da altura de abertura.

Δ **5.10.3.3.3**Para uma única abertura de ventilação, o fluxo de ar para o compartimento é proporcional ao fator de ventilação, $UMA\sqrt{H}$, Onde UMAé a área de abertura e Hé a altura da abertura (ou seja, da parte inferior da abertura até o topo da abertura). o HA dependência surge do aumento da pres- certezas que são alcançadas com uma maior altura da abertura. A taxa máxima de liberação de calor suportada pelo fluxo de ar (suposição estequiométrica de que o combustível será queimado completamente com base no ar disponível) no compartimento com uma única ventilação é dada pelo seguinte:

[kW, m] [5.10.3.3.3]

$$Q\dot{}_{impassível} = 1500 A_o \sqrt{H_o}$$

Onde:

$Q\dot{}_{impassível}$ = taxa máxima de liberação de calor com base no fluxo de ar (kW)

UMA_o=área de abertura (m^2)

H_o=altura de abertura (m)

5.10.3.3.4 Uma abertura de porta de 0,9 m (3 pés) de largura e 2,1 m (7 pés) de altura pode suportar uma taxa de liberação de calor de cerca de 4.000 kW ou 4 MW. Se bloquearmos o 1 metro inferior da porta para torná-la uma janela, a altura da abertura é reduzida para 1,1 metro e a taxa de liberação de calor que a abertura da janela pode suportar é de apenas 1600 kW ou 1,6 MW.

5.10.3.4 Fluxos de Abertura Múltipla.

5.10.3.4.1 Um compartimento de incêndio tem apenas uma altura plana neutra, mesmo que tenha várias aberturas em diferentes elevações. Acima da altura do plano neutro, os fluxos estão fora do compartimento. Abaixo do plano neutro, os fluxos estão no compartimento.

5.10.3.4.2 Como algumas aberturas podem existir apenas acima do plano neutro, tais aberturas serão totalmente aberturas de saída. Outras aberturas podem estar totalmente abaixo do plano neutro e atuar apenas como aberturas de entrada. Essas aberturas de entrada obviamente não terão nenhuma fumaça externa ou danos causados pelo calor.

5.10.3.4.3 Mudanças na altura do plano neutro ocorrerão como resultado da abertura de aberturas adicionais durante um incêndio. Por exemplo, uma janela pode mostrar dois fluxos direcionais durante uma parte do incêndio. Mais tarde, esse respiradouro pode fazer a transição para apenas um respiradouro de entrada quando o fogo romper o teto do compartimento. Nesse momento, a pluma da janela desapareceria e a fumaça do respiradouro do teto sairia para um andar superior. Se o teto for o telhado, uma pluma aparecerá no telhado.

5.10.3.5 Aberturas de Ventilação.

5.10.3.5.1 Alguns compartimentos possuem aberturas de ventilação existentes (por exemplo, janelas e/ou portas abertas). Janelas fechadas tornam-se aberturas de ventilação quando o vidro falha. Enquanto o vidro racha quando o vidro atinge 60–100°C, o vidro geralmente não cai até o flashover, exceto quando as chamas atingem diretamente o vidro. Os respiros também podem ser criados pela destruição de portas ou barreiras.

5.10.4 Flashover.

5.10.4.1 Flashover representa uma transição de uma condição onde o fogo é dominado pela queima do primeiro item inflamado (e itens próximos sujeitos à ignição direta) para uma condição onde o fogo é dominado pela queima de todos os itens no compartimento. Essa transição é geralmente caracterizada como a transição de "um incêndio em uma sala" para "uma sala em chamas". É importante que os investigadores estejam cientes do fato de que o flashover é uma condição desencadeante, não um evento fechado. A condição pós-flashover é chamada de*envolvimento completo da sala*. O início do flashover ocorre quando a camada de gás quente impõe níveis de energia radiante (fluxo) em combustíveis não inflamados suficientes para incendiá-los. Um calor fluxo da camada de gás quente de aproximadamente 20 kW/m^{2}ao nível do piso é geralmente considerado suficiente para causar flashover. Nesse fluxo de calor, o papel de jornal amassado acenderá em segundos. Os níveis de fluxo no envolvimento da sala cheia são consideravelmente mais altos do que no flashover. Fluxos de calor no nível do piso de 170 kW/m^{2}foram registrados.

5.10.4.2 Uma vez que as condições de flashover tenham sido alcançadas, o envolvimento total da sala ocorrerá na maioria dos incêndios, a menos que o combustível esteja esgotado, o fogo seja privado de oxigênio ou o fogo seja extinto. No envolvimento total da sala, a camada quente pode estar no nível do piso, mas testes e incêndios reais mostraram que a camada quente nem sempre está no nível do piso. O envolvimento total da sala pode ser alcançado pelo crescimento do fogo que não envolve o flashover.

5.10.4.3 Nem todos os compartimentos podem atingir o envolvimento total da sala. Compartimentos mal ventilados ou compartimentos muito grandes podem ser totalmente consumidos sem nunca envolver todos os pacotes de combustível ao mesmo tempo. Grandes incêndios em armazéns geralmente se espalham e queimam como uma chama de uma ponta à outra, em vez de queimar toda a área do armazém de uma só vez. Compartimentos muito alongados com uma ventilação em uma extremidade também tendem a queimar da extremidade da ventilação até a parte de trás do compartimento ao longo do tempo, mesmo que a ignição inicial não esteja próxima à ventilação.

5.10.4.4 Abertura de Ventilação.O tamanho mínimo (em quilowatts) de um incêndio que pode causar um flashover em uma determinada sala é função da ventilação fornecida por uma abertura. Essa função é conhecida como*fator de ventilação*e é calculado como a área da abertura (UMA_o)vezes a raiz quadrada do altura da abertura (H_o).

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Δ **5.10.4.5*** Uma aproximação da taxa mínima de liberação de calor necessária para o flashover para um compartimento com uma única abertura pode ser encontrada a partir da seguinte relação:

[5.10.4.5]

$$Q_{para} = 750 UMA_o \sqrt{H_o}$$

Onde:

Q_{para} = taxa de liberação de calor para flashover (kW)

UMA_o = área de abertura (m^2)

H_o = altura de abertura (m)

5.10.4.5.1 Para uma abertura de porta de 0,9 m (3 pés) de largura e 2,1 m (7 pés) de altura, seria necessária uma taxa de liberação de calor de cerca de 2000 kW ou 2 MW para causar flashover. A relação acima é independente do tempo, mas estudos mostram que um valor de taxa de liberação de calor mais alto é necessário para causar flashover se a taxa de liberação de calor de pico for de curta duração.

5.10.4.6 Tempos de flashover de 3 a 5 minutos não são incomuns em testes de incêndio em ambientes residenciais e tempos ainda mais curtos de flashover foram observados em incêndios em ambientes não acelerados.

5.10.5 Incêndios de Compartimento Totalmente Desenvolvidos. Em um incêndio totalmente desenvolvido, a porta do compartimento normalmente se torna uma restrição à quantidade de ar disponível para combustão dentro do compartimento, e quantidades significativas dos produtos de pirólise queimarão fora do compartimento. Flameover ou capotamento geralmente ocorre antes do flashover, mas nem sempre pode resultar em condições de flashover em todo o compartimento, particularmente quando há um grande volume ou teto alto envolvido, ou há pouco combustível presente.

5.10.6 Efeitos dos recintos no crescimento do fogo. Para um incêndio em um determinado pacote de combustível, o tamanho da abertura de ventilação, o volume do compartimento, a altura do teto e a localização do incêndio em relação às paredes e cantos afetarão a taxa geral de crescimento do incêndio no compartimento.

5.10.6.1 Volume da Sala e Altura do Teto. O desenvolvimento de uma superior camada de temperatura suficiente para causar ignição radiante de combustíveis combustíveis expostos é necessário para o flashover. Tetos altos ou grandes volumes de compartimentos atrasarão esse acúmulo de temperatura e, portanto, atrasarão ou possivelmente impedirão a ocorrência de flashover. A distância entre o fundo da camada quente e o combustível combustível também é um fator, mas de menor importância.

5.10.6.2* Localização do Fogo no Compartimento. Quando um pacote de combustível em chamas está longe de uma parede, o ar fica livre para fluir na pluma de todas as direções e se misturar com os gases combustíveis. Isso traz ar para combustão na zona da chama e resfria a parte superior da pluma por arraste. *(Consulte 5.4.3.)* Se o pacote de combustível ou a pluma de incêndio estiver contra uma parede (não em um canto), um determinado tamanho de incêndio levará a uma temperatura absoluta da camada quente 30% maior do que o mesmo tamanho de fogo longe da parede. Quando o mesmo pacote de combustível é colocado em um canto, um determinado tamanho de incêndio levará a uma temperatura absoluta da camada quente 70% maior do que o mesmo tamanho de incêndio longe de paredes ou cantos.

5.11 Propagação do Fogo entre Compartimentos. A propagação do fogo entre compartimentos pode ocorrer através de uma abertura de ligação ou através da barreira (parede ou tecto) que liga dois compartimentos.

5.11.1 Propagação do Fogo por Aberturas. A propagação do fogo através de aberturas pode ocorrer por vários mecanismos, como segue:

(1) Contato direto de uma chama da abertura do compartimento de queima com combustíveis no compartimento alvo
(2) Ignição radiante de combustíveis na sala-alvo devido à radiação da abertura da sala de queima, da chama na abertura e da camada de gás quente formada por fluxos para o compartimento-alvo do compartimento de queima
(3) Ignição de combustíveis no compartimento alvo por brasas transportadas do compartimento de queima para o compartimento alvo através da abertura

5.11.2 Propagação do Fogo através de Barreiras. A propagação do fogo através de barreiras pode ocorrer por vários mecanismos, como segue:

(1) Condução de calor através da barreira do compartimento de queima para combustíveis adjacentes à barreira no compartimento alvo.
(2) Penetração física da barreira pelo fogo para criar uma abertura entre o compartimento em chamas e o compartimento alvo (a propagação real ocorre através dos mecanismos de abertura mencionados acima). A penetração da barreira pode ser causada pela degradação dos materiais da parede (por exemplo, placa de gesso em ruínas) ou pela criação de rachaduras na barreira.
(3) Colapso estrutural da barreira devido aos efeitos do fogo na barreira ou em elementos estruturais cuja deformação cause danos à barreira.

5.12 Caminhos de Propagação de Fumaça em Edifícios. O fluxo de gases através de uma abertura é o resultado de diferenças de pressão. Portanto, a fumaça pode fluir através de portas, janelas e outras aberturas. Como nenhum compartimento é hermeticamente fechado, existem áreas de vazamento onde a fumaça pode fluir entre os compartimentos. Os espaços plenum acima dos tetos falsos também são um caminho significativo para o deslocamento da fumaça. O movimento do fumo por diferença de temperatura pode resultar do calor do fogo. Em edifícios altos, a fumaça à distância do fogo pode ter a mesma temperatura do ar ambiente, mas pode estar se movendo devido ao "efeito chaminé do edifício". As pressões de efeito empilhamento resultam de diferenças entre as temperaturas no interior e no exterior do edifício. A pressão dos sistemas HVAC também pode transportar fumaça de um compartimento para outro.

Capítulo 6 Fogo Efeitos e fogo Padrões

6.1 Introdução.

N **6.1.1** O objetivo principal de qualquer inspeção de cena de incêndio é coletar dados conforme estabelecido no método científico.

N **6.1.2** A coleta de dados começa com a observação básica dos efeitos do fogo feita pelo investigador. Essas observações incluirão coisas como descoloração, deposição, deformação e perda de massa. O investigador deve observar esses efeitos e suas localizações. Essas observações básicas tornam-se os dados empíricos a serem analisados.

N **6.1.3** É importante que apenas as observações sejam inicialmente registradas. ded, não qualquer interpretação das observações. Estas observações devem ser evidentes para os leigos que observam a documentação do local.

N **6.1.4** A análise dos dados da cena do incêndio requer que os efeitos do fogo sejam caracterizados quanto à natureza, tamanho, forma, intensidade e magnitude. Os padrões de fogo podem então ser identificados a partir de uma forma específica

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

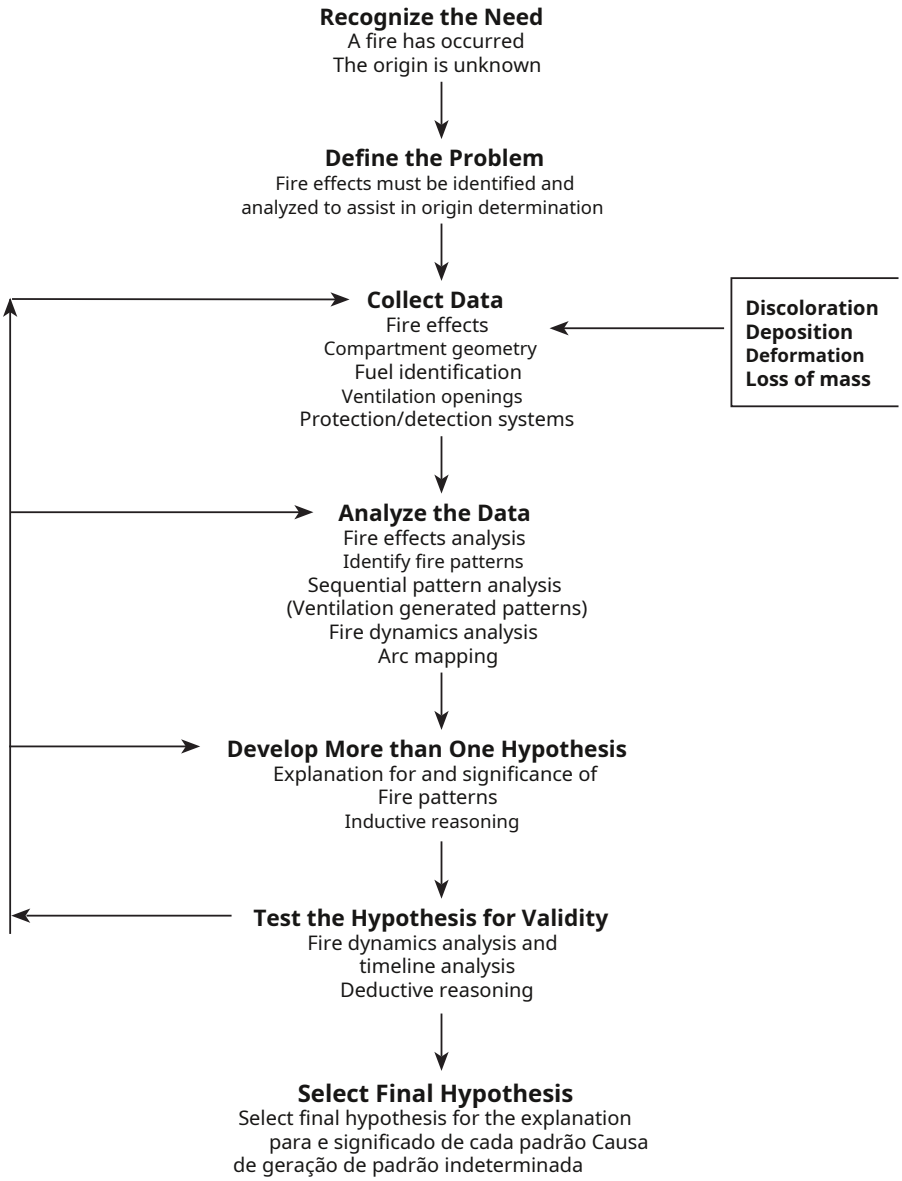
Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

ou progressão dos efeitos do fogo. Após a análise dos dados, hipóteses razoáveis podem ser desenvolvidas.

N **6.1.5** Dados importantes podem não ser incluídos na análise se os investigadores procurarem apenas "padrões" dentro de uma cena de incêndio. Os investigadores são advertidos a não fazer suposições sobre como um padrão foi criado e, em seguida, atribuir significado sem realizar uma análise completa de todos os dados coletados. Ao observar observações básicas, as diferenças nas observações entre vários investigadores de incêndio em relação a um conjunto de fatos básicos podem ser minimizadas. Após essa parte da investigação, dados adicionais podem ser coletados e análises adicionais podem ser realizadas. Consulte a Figura 6.1.5.

• **6.2 Observações.** Investigadores de incêndio fazem observações de mudanças que podem ter resultado das condições do fogo. Observations become the factual data set for analysis and interpretation que podem levar a opiniões sobre a natureza do fogo que os causou. As observações podem ser qualitativas ou quantitativas.

6.2.1 Efeitos do Fogo. Como parte da coleta de dados, o investigador deve ser capaz de reconhecer as mudanças que ocorreram nos materiais devido ao fogo. Essas mudanças são chamadas de efeitos do fogo, que são as mudanças observáveis ou mensuráveis em um material como resultado de exposto a um fogo. Comum observações foram organizadas em quatro categorias gerais onde exemplos de efeitos de fogo encontrados rotineiramente foram organizados de acordo com sua observação fundamental. Muitos os efeitos do fogo listados podem ser incluídos em mais de uma categoria sangrentos, mas por simplicidade eles foram listados apenas em uma categoria. sangrento para o Tabela 6.2.1 . Os efeitos do fogo podem ser categorizados com base na observação fundamental como mostrado na Tabela 6.2.1.



N **FIGURA 6.1.5 Exemplo de aplicação do método científico ao padrão de fogo Interpretação.**

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Tabela 6.2.1 Categorias de Efeito de Fogo

Descoloração	Deformação	Deposição	Perda de massa
	Liga	Deposição de fumaça em superfícies	Calcinação
Mudança de cor	Quebra de vidro	Alarmes de fumaça - fuligem acústica	Caracteres
		aglomeração	
Oxidação	Mobília desmoronada		Perda de massa
	nascentes		
Efeito arco-íris	Lâmpadas distorcidas		Spalling
Coloração de vidro	Derretendo		
	Expansão térmica		

6.2.1.1 Deformação. A mudança visível ou mensurável na forma representada como flexão, flambagem ou distorção de um item é conhecida como deformação. Muitos materiais mudam de forma temporária ou permanentemente durante os incêndios. Quase todos os materiais expandem quando aquecidos. Essa expansão pode afetar a integridade da estrutura, o que resulta em observações de flexão, flambagem ou distorção.

6.2.1.2 Deposição. A fuligem, que é predominantemente carbono, é produzida a partir da combustão de combustíveis à base de carbono. Fumaça e fuligem podem se depositar e se depositar nos gases aquecidos do fogo à medida que encontram superfícies mais frias. A deposição de fuligem e fumaça altera a cor e a textura da superfície. A observação da falta de deposição de fuligem e fumaça também é importante para os investigadores de incêndio para fins de reconstrução e localização.

6.2.1.3 Descoloração. Materiais que aumentam a temperatura, mudam de fase e são quimicamente alterados pela exposição ao calor geralmente resultam em uma mudança de cor na superfície afetada.

6.2.1.4 Perda de Massa. À medida que materiais líquidos e sólidos são aquecidos e sofrem alterações físicas e químicas, o material original está sendo convertido em gás. Esta perda de massa do material original resulta em uma mudança observável no material.

•

6.2.2 Características e Contexto dos Efeitos do Fogo. Antes de analisar e atribuir significado aos efeitos e padrões de incêndio observados, o investigador de incêndio deve coletar e documentar dados adicionais que possam ser relevantes. Dados relevantes adicionais podem incluir o seguinte:

(1) Material afetado
(2) Magnitude do efeito
(3) Gradiente de efeito
(4) Forma
(5) Tamanho
(6) Localização/geometria
(7) Orientação
(8) Contexto circunstancial

6.2.2.1 As exposições ao fogo afetam diferentes materiais de diferentes maneiras. O investigador de incêndios deve tentar determinar as propriedades pertinentes dos materiais afetados. Por exemplo, o tipo de plástico pode afetar se ele carboniza ou derrete. As taxas de carbonização da madeira podem depender do tipo, teor de umidade e orientação em relação à exposição ao calor.

6.2.2.2 A magnitude dos efeitos observados do fogo pode estar correlacionada com a intensidade e duração da exposição, o que pode levar a gradientes acentuados nos efeitos entre superfícies expostas e menos expostas. Gradientes acentuados em um fenômeno observado (linha de demarcação) significam mudanças significativas de exposição a uma curta distância.

6.2.2.3 Os dados de danos usados pelos investigadores de incêndio na determinação de origem começam com a capacidade do investigador de observar vários graus de dano de fogo ao longo das superfícies do conteúdo, paredes, teto, piso e membros estruturais. As observações do investigador de incêndio estão simplesmente avaliando o grau variável de danos causados pelo fogo. A identificação de danos variados em todo o compartimento serve como base para a interpretação pelo investigador. Livros didáticos, guias e estudos de investigação de incêndios descrevem o uso de linhas ou áreas de demarcação na avaliação de danos. As áreas de danos e limites dessas áreas são muitas vezes referidas como áreas e linhas de demarcação. As áreas de demarcação são locais ao longo de uma superfície que exibem características de dano semelhantes (por exemplo, magnitude do dano, tipo de efeito do fogo, cor, textura) e estão próximos uns dos outros. As linhas de demarcação são as fronteiras que definem as diferenças em certos efeitos de calor e fumaça do fogo em vários materiais. Eles aparecem entre a área afetada e áreas adjacentes menos afetadas. Os investigadores de incêndio devem documentar essas áreas e linhas de demarcação.

6.2.2.4 Os padrões podem apresentar-se na forma de facilmente identificáveis formas que devem ser avaliadas em relação à localização de outros padrões e características de ventilação, como aberturas de portas e janelas.

6.3 Análise das Observações. Os efeitos do fogo são observáveis ou mudanças mensuráveis em um material como resultado do fogo. O investigador deve reconhecer as mudanças que ocorreram nos materiais devido ao fogo.

6.3.1 Introdução. Determinar qual efeito ou efeitos refletem diferentes graus de dano é a chave para avaliar com sucesso os danos. O principal método usado para interpretar os danos em um material é identificar visualmente os efeitos da superfície e os vários graus de danos causados pelo fogo. Esta seção está organizada por tópicos em ordem alfabética. Cada tópico começa com uma descrição do que é observável ou mensurável, seguido por uma breve discussão da ciência do material que descreve a resposta do material ao fogo. Só então são apresentadas as análises potenciais das observações. Por fim, são apresentadas as limitações quanto às interpretações e tratamento das evidências.

6.3.1.1 Calor e deposição produzem efeitos de fogo diferentes em materiais diferentes. Quando um incêndio se desenvolve em um compartimento, os produtos da combustão (por exemplo, calor, fuligem) começam a influenciar os materiais dentro do compartimento. Assim, os materiais de revestimento das paredes, teto e piso, bem como os diversos materiais

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

que compõem o conteúdo do compartimento, são danificados por esta exposição aos produtos da combustão.

N 6.3.1.2 A exposição cumulativa ao calor, que consiste em duração e intensidades variáveis de calor, deve ser considerada o principal fator na criação de danos aos materiais. A exposição ao calor dos materiais (por exemplo, plásticos, madeira) resultará em mudanças físicas ou químicas. As mudanças físicas podem incluir fusão, deformação, expansão ou perda de resistência à tração. As alterações químicas podem incluir decomposição/pirólise, desidratação ou alterações na cor.

N 6.3.1.3 Os efeitos que permanecem após um incêndio geralmente estão relacionados aos danos resultantes do fluxo de calor cumulativo recebido por um material exposto. O incêndio em desenvolvimento e as variáveis que influenciam o cenário de incêndio controlam a transferência de calor em um compartimento, incluindo a localização, a intensidade e a duração da transferência de calor. As fontes dominantes de transferência de calor durante um incêndio no compartimento decorrem do seguinte:

(1) Combustão flamejante

(1) Pluma de incêndio associada a um item/pacote de combustível em chamas
(2) Chama espalhada sobre/através de um material
(3) Chamas de difusão onde o combustível e o ar se misturam no local da combustão (ou seja, combustão em chamas destacada do item combustível ou embalagem)

(2) Gases de combustão de alta temperatura

(1) Jatos de teto
(2) Gases da camada superior

(3) Transferência de calor radiante (absorção/reflexão)

N 6.3.1.4 A exposição de materiais aos produtos da combustão também pode levar a danos que podem ser úteis ao investigador. A fumaça contém partículas, aerossóis líquidos e gases. A deposição de fumaça/fuligem em revestimentos de superfície e conteúdo dentro de um recinto decorre do seguinte:

(1) Impactação inercial
(2) Sedimentação
(3) Termoforese (gradiente de temperatura)

N 6.3.1.5 Se o investigador souber a temperatura aproximada necessária para produzir um efeito, como fusão, mudança de cor ou deformação de um material, pode ser feita uma estimativa da temperatura à qual o material foi elevado. Este conhecimento pode auxiliar na avaliação da intensidade e duração do aquecimento, a extensão do fluxo de calor ou as taxas relativas de liberação de calor dos combustíveis.

N 6.3.1.5.1 Ao usar materiais como vidro, plástico e metais de pote para estimar a temperatura, o investigador é advertido de que existe uma grande variedade de propriedades de material para esses materiais genéricos. O melhor método para utilizar tais materiais como indicadores de temperatura é coletar uma amostra do material e ter suas propriedades verificadas por um laboratório competente, cientista de materiais ou metalúrgico.

N 6.3.1.5.2 A madeira e a gasolina queimam essencialmente à mesma temperatura de chama. As temperaturas de chama de difusão turbulenta de todos os combustíveis de hidrocarbonetos (plásticos e líquidos inflamáveis) e combustíveis celulósicos são aproximadamente as mesmas, embora os combustíveis liberem calor em taxas diferentes. A queima de metais e reações químicas altamente exotérmicas podem produzir temperaturas significativamente mais altas do que aquelas criadas por incêndios movidos a hidrocarbonetos ou celulósicos. Ambientes que são elevados em oxigênio ou se outros oxidantes estiverem presentes pode resultar no aumento da temperatura da chama.

N 6.3.1.6 A transferência de calor é responsável por grande parte da evidência física usada pelos investigadores de incêndio. A temperatura alcançada por um material em um local específico dentro de uma estrutura depende da quantidade de calor transferida para o material. Conforme discutido na Seção 5.5, o calor é transferido por três modos: condução, convecção e radiação. Todos os três modos podem contribuir para uma mudança na temperatura de um material específico em um incêndio. A temperatura alcançada dependerá da contribuição individual de cada modo de transferência de calor. A contribuição individual associada a cada modo depende das variáveis discutidas na Seção 5.5.

N 6.3.1.7 As temperaturas identificáveis alcançadas em incêndios estruturais raramente permanecem acima de 1000°C (~1900°F) por longos períodos de tempo. Essas temperaturas identificáveis são às vezes chamadas de temperaturas efetivas de incêndio, porque refletem efeitos físicos que podem ser definidos por faixas de temperatura específicas. O investigador pode usar a análise dos materiais fundidos para auxiliar no estabelecimento das temperaturas mínimas presentes em áreas específicas.

6.3.2 Cará.

6.3.2.1 Observações do Gráfico. Char é um material carbonáceo que foi queimado ou pirolisado e tem uma aparência escurecida. A carbonização pode produzir segmentos convexos de material carbonizado separados por rachaduras na superfície da carbonização. Caracteres-material vermelho pode ser encontrado em quase todos os incêndios estruturais .

6.3.2.2 Ciências dos Materiais — Efeito de superfície de Char. Muitos superfícies são decompostas no calor de um incêndio. O aglutinante na tinta irá carbonizar e escurecer a cor da superfície pintada. O papel de parede e a superfície do papel do gesso cartonado serão carbonizados quando aquecidos. Vinil e outras superfícies plásticas em paredes, pisos, mesas ou balcões também irão descolorir, derreter ou carbonizar. Superfícies de madeira serão carbonizadas, mas, devido à maior prevalência de carbonização de madeira, ele é tratado com mais detalhes em . o 6.3.2 maior cumula-exposição ativa (fluxo de calor e duração) leva a um maior grau de descoloração e carbonização .

N 6.3.2.3 Pirólise. Quando exposta a temperaturas elevadas, a madeira e outros polímeros sofrem pirólise, uma decomposição química que expulsa gases, vapor de água e vários produtos de pirólise como fumaça. O resíduo sólido que permanece é principalmente carbono. Char encolhe à medida que se forma e desenvolve rachaduras e bolhas.

N 6.3.2.4 Análise de Char. A análise da profundidade da carbonização é mais confiável para avaliar a propagação do fogo do que para o estabelecimento de tempos específicos de queima ou intensidade de calor de materiais queimados adjacentes. Ao medir a profundidade relativa e a extensão da carbonização, o investigador pode determinar quais partes de um material ou construção foram expostas por mais tempo a uma fonte de calor. A profundidade relativa da carbonização de ponto a ponto é a chave para o uso apropriado da carbonização – localizando os locais onde o dano foi mais grave devido à exposição, ventilação ou colocação de combustível. O investigador pode então deduzir a direção da propagação do fogo, com a diminuição da profundidade do carvão estando mais distante de uma fonte de calor. Certas variáveis-chave afetam a validade da profundidade da análise do padrão char. Esses fatores incluem o seguinte:

(1) Fontes de calor ou combustível únicas versus múltiplas que criam os padrões de carvão que estão sendo medidos. As medições de profundidade de carvão podem ser úteis para determinar mais de um fogo ou fonte de calor.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

(2) Comparação das medições de char, que deve ser feita apenas para materiais idênticos. Não seria válido comparar a profundidade de carvão de um pino de parede com a profundidade de carvão de um painel de parede de madeira adjacente.

(3) Fatores de ventilação que influenciam a taxa de queima. A madeira pode apresentar carbonização mais profunda quando adjacente a uma fonte de ventilação ou a uma abertura onde os gases quentes do fogo podem escapar.

(4) Consistência da técnica e método de medição. Cada medição de profundidade de carvão comparável deve ser feita com a mesma ferramenta e a mesma técnica*[veja a Figura 16.4.2(f)]*.É importante que uma quantidade consistente de pressão seja aplicada com a sonda toda vez que ela for empregada.

(5) Suppression and/or overhaul efforts can modify or destroy char patterns typically used for this type of analy- sis.

N **6.3.2.5 Depth of Char Diagram.** Lines of demarcation that may not be visually obvious can often be identified for analysis by a process of measuring and charting depths of char on a grid diagram. By drawing lines connecting points of equal char depth (isochars) on the grid diagram, lines of demarcation may be identified.

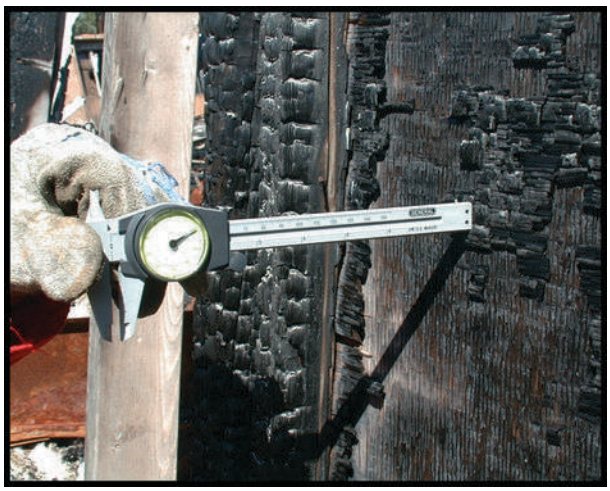
N **6.3.2.6 Measuring Depth of Char.** A consistência no método de medição da profundidade do char é a chave para gerar dados confiáveis. Instrumentos pontiagudos, como canivetes, não são adequados para medições precisas porque a ponta afiada da faca tende a cortar a madeira não carbonizada abaixo. Sondas finas e sem ponta, como certos tipos de pinças, medidores de profundidade do piso de pneus ou réguas de metal especificamente modificadas são as melhores. Paquímetros com sondas de profundidade de seção transversal redonda, mostrados na Figura 6.3.2.6(a), são excelentes ferramentas de medição de profundidade de carvão. A Figura 6.3.2.6(b) ilustra seu uso. A mesma ferramenta de medição deve ser usada para qualquer conjunto de medições comparáveis. Para obter resultados precisos também é necessária uma pressão consistente para cada medição ao inserir o dispositivo de medição.

N **6.3.2.7 Medindo a Profundidade do Carvão.**As medições de profundidade de carvão, ilustradas na Figura 6.3.2.7, devem ser feitas no centro das bolhas de carvão, em vez de dentro ou perto das fendas entre as bolhas.

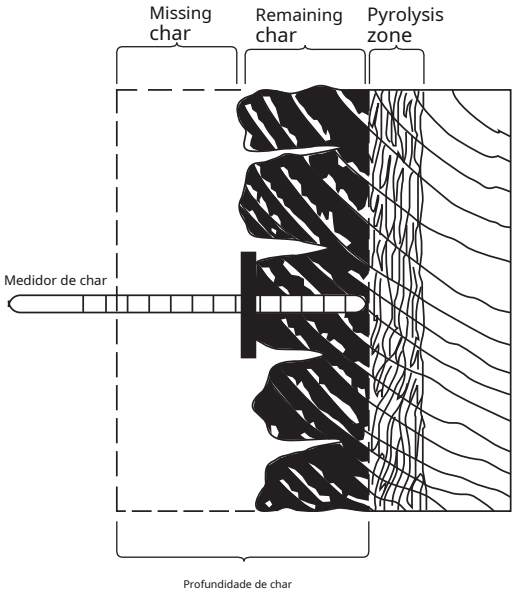
N **6.3.2.8 Faltando Madeira.**Ao determinar a profundidade da carbonização, o investigador deve levar em consideração qualquer madeira queimada que possa ter sido completamente destruída pelo fogo e adicionar essa profundidade de madeira faltante à medição da profundidade total.



N **FIGURE 6.3.2.6(a) Dial Calipers with Depth Probes.**



N **FIGURE 6.3.2.6(b) Using Dial Calipers to Measure Depth of Char.**



N **FIGURA 6.3.2.7 Medindo Profundidade de Car.**

N **6.3.2.9 Profundidade de Pesquisas de Carvão com Gases Combustíveis.** Quando fugitivo os gases combustíveis são as fontes iniciais de combustível para incêndios, eles produzem profundidades relativamente uniformes de carvão sobre as áreas frequentemente amplas que cobrem. Mudanças progressivas na profundidade do carvão que são usadas pelos investigadores para rastrear a propagação do fogo podem existir apenas nas áreas em que o fogo se espalha a partir dos locais iniciais dos gases combustíveis embolsados. A carbonização mais profunda pode existir nas proximidades do ponto de vazamento de gás, pois a queima pode continuar após a quantidade original de gás ser consumida. Essa carbonização pode ser altamente localizada devido aos jatos de gás pressurizado que podem existir no ponto imediato do vazamento e podem ajudar o investigador a localizar o vazamento.

6.3.2.10 Aparência de Char. In the past, the appearance of the char and cracks had been given meaning by the fire investigation community beyond what has been substantiated by controlled testing. The presence of large shiny blisters (alliga-

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

tor char) não é evidência de que um acelerador líquido estava presente durante o incêndio, ou que um incêndio se espalhou rapidamente ou queimou com maior intensidade. Esses tipos de bolhas podem ser encontrados em muitos tipos diferentes de incêndios. Não há justificação para inferir que o aparecimento de bolhas grandes e curvas seja um indicador de fogo acelerado. A Figura 6.3.2.10, mostrando placas expostas ao mesmo incêndio, ilustra a variabilidade de bolhas de carvão.

6.3.2.11* **Limitações com Char.** Às vezes é afirmado que a aparência da superfície do carvão, como embotamento, brilho, cores ou aparência sob fontes de luz ultravioleta, tem alguma relação com o uso de um acelerador de hidrocarboneto ou a taxa de crescimento do fogo. Não há evidência científica de que tal correlação exista, e o investigador é aconselhado a não reivindicar indicações de acelerador ou taxa de crescimento rápido do fogo com base na aparência do carvão.

Δ **6.3.2.12 Taxa de carbonização de madeira.** A correlação de 2,54 cm (1 pol.) em 45 minutos para a taxa de carbonização da madeira é baseada na queima limitada por ventilação. Os incêndios podem queimar com mais ou menos intensidade durante o curso de um incêndio não controlado do que em um incêndio controlado em laboratório. As taxas de carbonização de laboratório da exposição ao calor de um lado variam de 1 cm (0,4 pol.) por hora a 25,4 cm (10 pol.) por hora. Deve-se ter cuidado ao usar apenas medições de profundidade de carvão para determinar a duração da queima.

6.3.2.13 A taxa de carbonização da madeira varia muito dependendo das variáveis, incluindo o seguinte:

(1) Taxa e duração do aquecimento
(2) Efeitos de ventilação
(3) Razão área de superfície para massa
(4) Direção, orientação e tamanho do grão de madeira
(5) Espécies de madeira (pinho, carvalho, abeto, etc.)
(6) Densidade da madeira
(7) Teor de umidade
(8) Natureza do revestimento de superfície
(9) Concentração de oxigênio dos gases quentes
(10) Velocidade dos gases que colidem
(11) Lacunas/rachaduras/fendas e efeito de borda de materiais

6.3.2.14 A taxa de carbonização e queima da madeira em geral não tem relação com sua idade após a secagem da madeira. A madeira tende a ganhar ou perder umidade de acordo com a temperatura e umidade do ambiente. Assim, a madeira velha e seca não é mais combustível do que a madeira nova seca em estufa se ambas tiverem sido expostas às mesmas condições atmosféricas.

6.3.2.15 O investigador é avisado de que nenhum tempo específico de queima pode ser determinado com base apenas na profundidade do carvão.

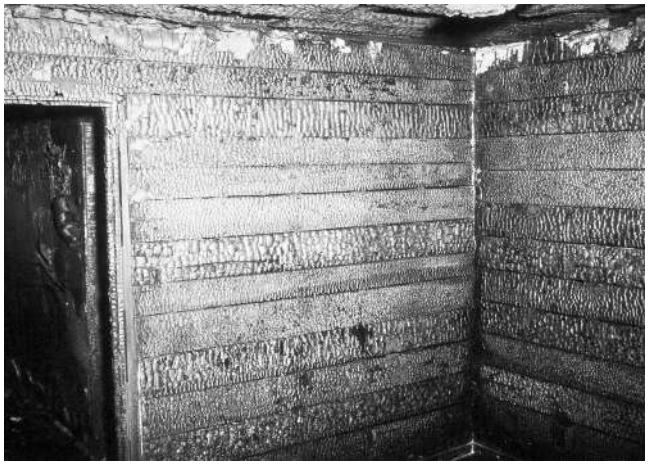


FIGURA 6.3.2.10 Variabilidade do Char Blister.

• Δ **6.3.3* Queima limpa.**

N **6.3.3.1 Observações de queima limpa.** Queimaduras limpas são frequentemente associadas a áreas que são totalmente brancas em contraste com áreas adjacentes que são escurecidas devido à deposição de fuligem. No entanto, queimaduras limpas podem exibir uma gama de cores de cinza escuro a branco, à medida que o padrão se forma com o aumento da exposição ao calor. Em gesso cartonado, esses padrões variam de uma aparência finamente manchada a áreas totalmente limpas de gesso branco.

N **6.3.3.2 Ciências dos Materiais Relacionadas à Queima Limpa.** Uma queima limpa é um efeito de fogo geralmente aparente em superfícies não combustíveis depois que camadas combustíveis, como fuligem, tinta e papel, foram queimadas. A exposição ao fogo na superfície pode produzir uma área limpa adjacente a áreas escurecidas por produtos de combustão, conforme mostrado na Figura 6.3.3.2(a) e na Figura 6.3.3.2(b). Padrões de queima limpos produzidos pela queima de fuligem podem ser produzidos por contato direto com chama ou calor irradiado intenso. Depósitos de fumaça nas superfícies estão sujeitos à oxidação. O carvão escuro da superfície do papel de gesso cartonado, depósitos de fuligem e tinta podem ser oxidados pela exposição contínua ao fogo. *[Consulte a Figura 6.3.3.2(c).]*

Δ **6.3.3.3 Análise de Queima Limpa.** O tamanho do fogo (ou zona de combustão), a distância da superfície e a tempo de exposição podem afetar o grau em que o padrão de queima limpa se desenvolve. O tamanho da área de queima limpa como bem como a extensão do consumo de fuligem é proporcional ao entrada total de calor para a superfície, que também pode depender da ventilação. Embora possam ser indicativos de aquecimento intenso em uma área, áreas de queima limpa por si só não indicam necessariamente áreas de origem, embora tais padrões devam ser cuidadosamente examinados. A queima limpa resultante da ventilação



FIGURA 6.3.3.2(a) **Limpe a queimadura na superfície da parede.**

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

geralmente ocorrem após o fogo ter se tornado a ventilação controlada. Esses padrões de desenvolvimento tardio podem ser enganosos na determinação da origem. As linhas de demarcação entre as áreas queimadas limpas e escurecidas podem ser usadas pelo investigador para determinar a direção da propagação do fogo ou diferenças de intensidade ou tempo de queima.*(Consulte a Figura 6.3.3.3.)*

Δ **6.3.3.4 Limitações.** O investigador deve ter cuidado para não confundir efeitos de fragmentação ou pulverização de água da supressão de incêndio como a queima limpa. A queima limpa não mostra a perda de material da superfície que é característica do spalling. Jato de água de atividades de supressão mostrou efeitos semelhantes (ou seja, falta de fuligem) ao de queima limpa na superfície do gesso cartonado. O dano do spray de água é muitas vezes discernível da limpeza queimar, pois o dano da água é normalmente acompanhado de evidência de gotas de água ou água corrente ao longo da superfície.

Δ **6.3.4* Cor Mudar.**

N **6.3.4.1 Observações de Mudanças de Cor.** As mudanças de cor são uma fonte de informação relativa à exposição de materiais a várias temperaturas. Esta seção aborda as mudanças de cor genéricas aplicáveis a muitos outros materiais.



FIGURA 6.3.3.2(b) **Limpar padrão de queimadura no Wallboard Atrás do sofá.**

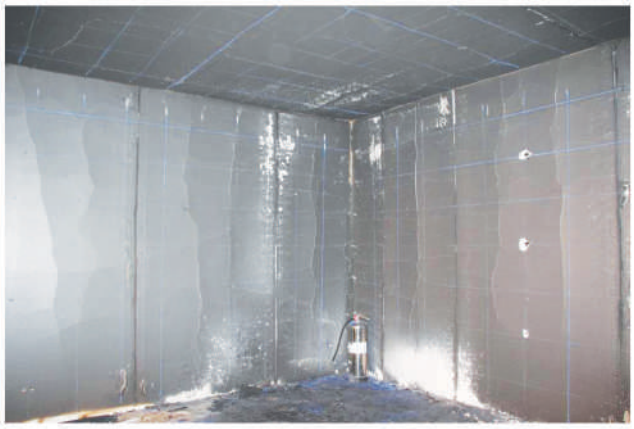


FIGURA 6.3.3.2(c) **Formação inicial do padrão de queima limpa na Parede Esquerda.**



FIGURA 6.3.3.3 **Queima limpa acima da origem de um incêndio de teste.**

6.3.4.2 Ciências dos Materiais Relacionadas às Mudanças de Cor. Material depositado em uma superfície translúcida, como o vidro, pode apresentar uma cor diferente do mesmo material depositado em uma superfície opaca. Este efeito pode ser observado diretamente segurando um negativo de filme contra uma parede, onde pode parecer escuro ou mesmo preto, mas o mesmo negativo colocado sobre uma fonte de luz será observado como mais claro e com uma imagem visível.

6.3.4.3 Corantes de Tecidos. Os corantes de tecido podem estar sujeitos à cor alterações após a exposição ao fogo. Os tecidos podem apresentar variações de cor desde a área queimada até uma área completamente não queimada. Embora a mudança de cor esteja geralmente relacionada à exposição ao calor, sem uma compreensão detalhada do comportamento da quebra do corante é difícil quantificar a observação.

N **6.3.4.4 Luz.** Os materiais têm uma determinada cor devido à absorção, reflexão ou transmissão da luz.

6.3.4.5 Análise de Mudanças de Cor. A cor é uma qualidade subjetiva a menos que seja medida quantitativamente. As pessoas percebem e descrevem a cor de forma diferente. A intensidade, a cor e o ângulo da fonte de luz afetam a interpretação da cor do objeto pelo espectador. As características da superfície do material impactam a percepção de cores do espectador. Por exemplo, um carro azul escuro sob algumas condições de iluminação pode parecer preto.

6.3.4.6 Limitações. Mudanças de cor em geral podem ser trazidas sobre por muitos fatores não-fogo. Ao examinar pela primeira vez a evidência de mudança de cor percebida, o investigador deve considerar fatores pré e pós-fogo tão variados quanto exposições ao sol ou a produtos químicos. Essas exposições podem fazer com que corantes e aditivos de cor sofram alterações químicas que alteram sua cor original.

Δ **6.3.5* Deposição de Fumaça nas Superfícies.**

N **6.3.5.1 Deposição de Fumaça em Superfícies Observações.** Os depósitos de fumaça são um dos efeitos do fogo mais comumente observados. Eles podem ser facilmente vistos em qualquer superfície em um incêndio de estrutura. Como a presença ou ausência de depósitos de fumaça em uma superfície pode fornecer dados relevantes para o progresso do incêndio, esses depósitos devem ser documentados.

6.3.5.2 Características da fumaça. Depósitos de fumaça podem se acumular em superfícies mais frias de um edifício ou seu conteúdo, muitas vezes em partes superiores de paredes em salas adjacentes ao incêndio. Os condensados de fumaça podem ser úmidos e pegajosos, finos ou grossos, ou secos e resinosos. A fumaça, especialmente de incêndios latentes, tende a se condensar nas paredes, janelas e outras superfícies mais frias.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

N 6.3.5.3 Ciências dos Materiais para Deposição de Fumaça. A fumaça contém partículas, aerossóis líquidos e gases. As partículas e os aerossóis líquidos estão em constante movimento e podem aderir quando colidem com uma superfície. Eles também podem se livrar da fumaça ao longo do tempo. Combustíveis à base de carbono produzem partículas que são predominantemente carbono (fuligem). Os produtos petrolíferos e a maioria dos plásticos são geralmente fortes produtores de fuligem. Quando as chamas tocam paredes e tetos, partículas e aerossóis geralmente são depositados. Esses depósitos também podem ser posteriormente removidos por queima.

Δ 6.3.5.4 Análise Relacionada à Deposição de Fumaça em Superfícies. A análise química do depósito de fumaça pode indicar a natureza do combustível. Por exemplo, a fumaça das velas pode conter cera de parafina e a fumaça do cigarro pode conter nicotina.

N 6.3.5.5 À medida que a fumaça se deposita na atmosfera, ela não será depositada em superfícies já cobertas por um objeto. Os depósitos de fumaça podem, portanto, ser usados para identificar a localização de objetos, incluindo vítimas, que podem ter sido movidos desde o incêndio.

N 6.3.5.6 Depósitos de fumaça também podem ser usados para determinar a posição de interruptores e disjuntores que podem ter sido movidos desde o incêndio. A Figura 6.3.5.6 mostra depósitos de fumaça em um interruptor indicando que a posição do interruptor estava na posição "desligado" no momento do incêndio.

N 6.3.5.7 Limitações. Deve-se notar que a cor e a textura dos depósitos de fumaça não indicam a natureza do combustível ou sua taxa de liberação de calor. A maioria das estruturas contém materiais à base de petróleo e que podem produzir grandes quantidades de fumaça preta.

Δ 6.3.6 Lâmpadas Distorcidas.

N 6.3.6.1 Observações para Lâmpadas Distorcidas. As lâmpadas incandescentes às vezes sobrevivem tanto ao fogo quanto às operações de supressão de fogo. Uma lâmpada incandescente distorcida pode fornecer evidência física da direção da fonte de calor para a qual a lâmpada foi exposta. O termo *lâmpada puxada* tem sido usado para descrever este efeito de fogo; no entanto, em alguns casos, devido a especificações de fabricação, esta terminologia pode estar tecnicamente incorreta.

N 6.3.6.2 Ciência de Materiais para Lâmpadas Distorcidas. A distorção do invólucro de vidro de uma lâmpada incandescente pode ocorrer quando a lâmpada é exposta a uma fonte de calor direcional. O vidro exposto a uma fonte de calor direcional, dada uma exposição de intensidade e/ou duração suficiente, suavizará o aspecto voltado para a fonte de calor. A magnitude da distorção dependerá do projeto da lâmpada e da exposição geral ao ambiente de incêndio, mas sempre se manifestará na porção do envelope de vidro voltada para a fonte de calor. Lâmpadas cuja pressão interna está acima da pressão atmosférica quando expostas a uma fonte de calor irão inchar para fora. Lâmpadas abaixo da pressão atmosférica, ou vácuo parcial, distorcerão para dentro. A Figura 6.3.6.2(a) ilustra uma distorção externa de uma lâmpada incandescente e a Figura 6.3.6.2(b) ilustra uma distorção interna de uma lâmpada incandescente. Ao contrário da iluminação incandescente, os diodos emissores de luz (LEDs) não possuem o recurso exclusivo de uma lâmpada que está sob pressão ou vácuo. Como resultado, as luzes de alta eficiência respondem às exposições ao fogo com efeitos semelhantes aos de outros itens feitos de materiais semelhantes.



N FIGURA 6.3.5.6 Linha de Demarcação.



FIGURA 6.3.6.2(a) Uma lâmpada típica "puxada" mostrando que o aquecimento era do lado direito.



FIGURA 6.3.6.2(b) Lâmpada de menos de 25 Watts distorcida para dentro pelo calor da direita.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

N 6.3.6.3 Análise de Lâmpada Distorcida. Se o invólucro de vidro de uma lâmpada incandescente for encontrado praticamente intacto e distorcido após o incêndio, a localização da distorção, em relação à orientação pré-fogo da lâmpada, pode ajudar a estabelecer a direção da fonte de calor que colidiu com a lâmpada. lâmpada. A análise de padrões sequenciais será necessária para avaliar a relevância de qualquer efeito individual do fogo.

Δ 6.3.6.4 Limitações. Ao avaliar uma distorção lâmpada elétrica, a investigador deve ter cuidado para verificar se a lâmpada não foi girada em seu soquete pós-fogo, ou que o orientação pré-fogo ção do soquete em si não tem alteração sustentada pós-fogo.

•

Δ 6.3.7 Molas de Móveis.

N 6.3.7.1 Observações de Molas de Móveis. O colapso dos móveis as fontes naturais podem fornecer ao investigador pistas sobre a direção, duração ou intensidade do fogo.

N 6.3.7.2 Ciência de Materiais Relacionada a Molas de Mobiliário. Os resultados dos testes de laboratório indicam que o recozimento das molas e a perda de tensão associada (resistência à tração) é uma função da aplicação de calor. Esses testes revelam que o aquecimento de curto prazo em altas temperaturas e o aquecimento de longo prazo em temperaturas moderadas acima de 400°C (750°F) podem resultar na perda de resistência à tração e no colapso das molas.

6.3.7.3 Análise de Molas de Mobiliário. O valor de analisar as molas dos móveis é comparar as diferenças das molas com outras áreas do colchão, almofada ou estrutura. A análise comparativa das nascentes pode auxiliar o investigador no desenvolvimento de hipóteses sobre a exposição relativa a uma determinada fonte de calor. Por exemplo, se em uma extremidade da almofada ou colchão as molas perderam sua força, e na outra não, então hipóteses podem ser desenvolvidas sobre a localização da fonte de calor. Calor também revelam que a presença de uma carga ou peso nas molas enquanto elas estão sendo aquecidos aumenta a perda de tensão. O investigador também deve considerar que roupas de cama, travesseiros e almofadas podem proteger as molas ou fornecer uma carga adicional de combustível. A porção com perda de força da mola pode indicar mais exposição ao calor do que aquelas áreas sem perda de força. O investigador também deve considerar a condição das molas antes do incêndio.

N 6.3.7.4* Limitações. O investigador também deve considerar que roupas de cama, travesseiros e almofadas podem proteger as molas ou fornecer uma carga adicional de combustível. A porção com perda de força da mola pode indicar mais exposição ao calor do que aquelas áreas sem perda de força. O investigador também deve considerar a condição das molas antes do incêndio. No entanto, o colapso das molas não pode ser usado para indicar exposição a um tipo específico de calor ou fonte de ignição, como ignição sem chama ou a presença de um líquido inflamável. As hipóteses devem levar em consideração outras circunstâncias, efeitos (como ventilação) e evidências no local relativas à duração ou intensidade do incêndio, área de origem, direção de propagação do calor ou proximidade relativa do calor fonte.

6.3.8* Quadro de gesso cartonado.

6.3.8.1* Observações de gesso cartonado. efeitos Lá que são vários podem ocorrer ao gesso cartonado quando exposto a condições de calor e fogo, incluindo mudanças de cor, s oot depósito- ção, papel carbonizado, papel consumido e papel limpo rn Gesso wallboard tem uma resposta previsível ao calor. A superfície o papel do abeto vai carbonizar e também pode queimar. O gip soma no lado exposto ao fogo muda de cor da pirólise do aglutinante orgânico e do endurecedor nele. Com mais aquecimento, a mudança de cor pode se estender até o fim e a superfície do papel na parte de trás ficará carbonizada. A face exposta ao fogo ficará mais branca à medida que o carbono da superfície for queimado (queima limpa). Quando toda a espessura do painel de parede ficar esbranquiçada, não haverá papel em nenhuma das faces, e o gesso será desidratado quimicamente e convertido em um sólido mais quebradiço e menos denso. Tal placa de parede pode ficar em uma parede vertical, mas frequentemente cairá de uma superfície suspensa, principalmente se tiver absorvido quantidades significativas de água de extinção ou precipitação pós-incêndio. A placa de gesso à prova de fogo contém fibras minerais ou partículas de vermiculita incorporadas no gesso para preservar a resistência da placa de parede durante a exposição ao fogo. As fibras adicionam resistência ao painel de parede mesmo depois de ter sido completamente calcinado. [*Veja a Figura 6.3.8.1 Figura A.6.3.8.1(a)* Através dos *Figura A.6.3.8.1(f)*.] Um processo padronizado foi desenvolvido para acompanhar esta resposta previsível do gesso placa de parede. Esse processo usa uma escala que varia de 0 a 6, com 0 indicando nenhum dano visível e 6 indicando perda completa de massa. O processo foi mostrado para diminuir a variabilidade na coleta e interpretação de dados.

6.3.8.2 Ciência de materiais relacionada ao gesso cartonado. Calci-Nation é usado por investigadores de incêndio para descrever inúmeras mudanças químicas e físicas que ocorrem em superfícies de gesso cartonado durante um incêndio. A calcinação do gesso cartonado envolve a condução da água livre e quimicamente ligada para fora do gesso, bem como outras alterações químicas e físicas no próprio componente do gesso. A calcinação envolve uma mudança química do gesso para outro mineral, anidrita. O gesso cartonado calcinado é menos denso do que o gesso cartonado não calcinado. Quanto mais profunda a calcinação no painel de parede, maior a quantidade total de exposição ao calor (fluxo de calor e duração).

6.3.8.3 Análise de gesso cartonado. Mudanças de cor do gesso além de tons de cinza pode ocorrer após a parede de gesso superfícies são expostas ao calor. A cor em si não tem significado para o investigador de incêndio. No entanto, a diferença entre as cores pode apresentar linhas de demarcação.

Δ 6.3.8.4* Perda de massa e densidade. A relação entre o áreas calcinadas e não calcinadas em gesso cartonado também podem apresentar linhas de demarcação visíveis na superfície. Significativo

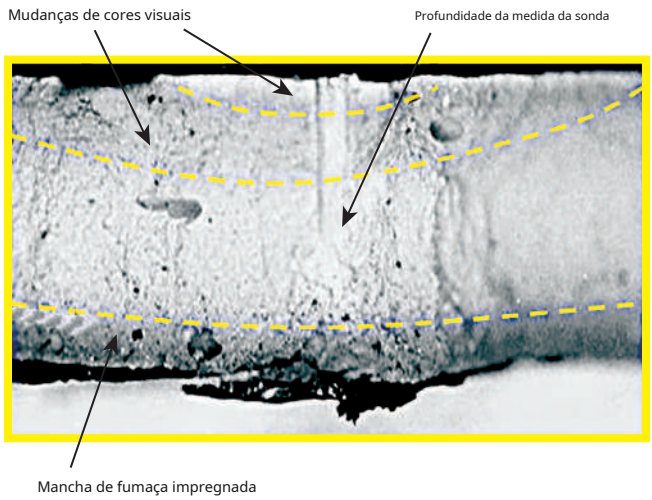


FIGURA 6.3.8.1 Calcinação do Wallboard – Seção Transversal.

Copyright Associação Nacional de Proteção contra Incêndios
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

a perda de massa e a correspondente diminuição na densidade ocorrem dentro da porção calcinada da placa de gesso durante o processo de calcinação. As medições de profundidade de calcinação podem ser plotadas para exibir padrões não visíveis na superfície.

6.3.8.5 Indicações Gerais de Calcinação. A calcinação da placa de gesso é um indicador que demonstra a exposição ao calor sustentada pelo material. As áreas de maior exposição ao calor podem ser indicadas tanto pela aparência visual quanto pela profundidade de calcinação. As diferenças relativas de cor e profundidade de calcinação de ponto a ponto podem ser usadas como um indicador para estabelecer as áreas de maior ou menor exposição ao calor devido a todas as variáveis de condição de incêndio, como área de origem, ventilação e carga de combustível.

N 6.3.8.6 Levantamento de Profundidade de Calcinação. A profundidade relativa de calcinação pode indicar diferenças no aquecimento total da placa de gesso exposta ao fogo. Leituras de calcinação mais profundas indicam um aquecimento mais longo ou mais intenso (fluxo de calor). Certas variáveis-chave afetam a validade da análise de profundidade de calcinação. Esses fatores incluem o seguinte:

(1) Fontes únicas versus múltiplas fontes de calor ou combustível, criando os padrões de calcinação que estão sendo medidos, devem ser consideradas. A profundidade dos padrões de calcinação pode ser útil na determinação de múltiplas fontes de calor ou fogo.

(2) As comparações das medidas de profundidade de calcinação devem ser feitas apenas com o mesmo material. Deve-se reconhecer que o gesso cartonado vem em diferentes espessuras, é feito de diferentes materiais de construção e muda com o tempo. O investigador deve considerar cuidadosamente as seções de paredes ou tetos que podem ter novas seções inseridas como reparo.

(3) O acabamento da placa de gesso (por exemplo, tinta, papel de parede, estuque) deve ser considerado ao avaliar a profundidade de calcinação. O investigador deve reconhecer que alguns desses acabamentos são combustíveis e podem afetar os padrões se forem inflamados.

(4) As medições devem ser feitas de forma consistente para reduzir erros nesta coleta de dados.

(5) O gesso cartonado pode ser danificado durante a supressão, durante a revisão e após o incêndio por jatos de mangueira e água parada. A molhagem da placa de parede calcinada pode amolecer o gesso a ponto de não ser possível fazer medições confiáveis.

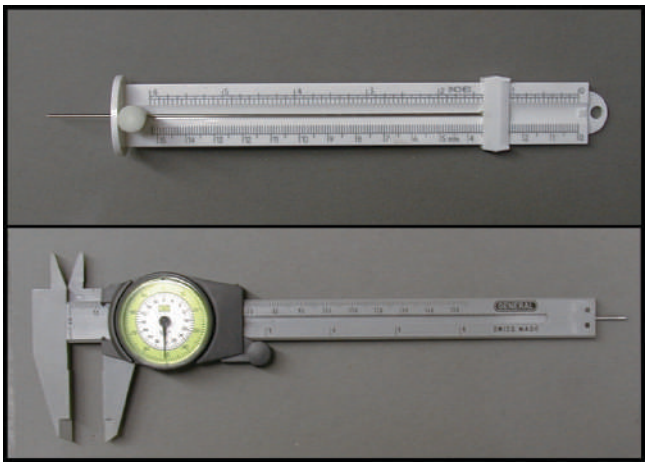
N 6.3.8.7 Diagrama de Profundidade de Calcinação. Um diagrama de profundidade de calcinação pode ser produzido da mesma maneira que para profundidade de carvão. *(Consulte a Figura 6.3.2.7.)*

N 6.3.8.8* Medição da Profundidade de Calcinação. A técnica de medição e análise da profundidade de calcinação deve ser realizada com sonda. O método de sonda requer que um levantamento da profundidade de calcinação seja realizado inserindo um dispositivo de sonda, como ilustrado na Figura 6.3.8.8(a) e Figura 6.3.8.8(b), na parede de gesso dentro da sala de interesse. Com base em dados experimentais, recomenda-se que a sonda tenha uma ponta romba sem ombros afilados. A área de superfície da seção transversal da sonda usada deve ser relativamente pequena. Áreas transversais usadas em experimentos trabalho variam em tamanho de 1,9 mm^2 para 3,1 milímetros^2 (0,003 $pol.^2$ para 0,005 $pol.^2$). A sonda pode ser conectada a um medidor de força para garantir que uma pressão uniforme seja aplicada na ponta da sonda durante cada medição. A pressão necessária para atingir a linha de demarcação onde o gesso calcinado e virgem se encontram foi estudada e os valores são geralmente consistentes, variando de 800 g/mm^2 a 900 g/mm^2 (1120 psi a 1270 psi). Cuidados devem deve ser tomado para usar aproximadamente a mesma pressão de inserção para cada medição. Os dados atualmente disponíveis sugerem que as pressões da sonda nesta faixa são apropriadas para placas de gesso de 12,7 mm (0,5 pol.) regulares e 15,875 mm (0,625 pol.) com classificação de incêndio. Para gesso cartonado leve, que está se tornando cada vez mais prevalente, menos pressão deve ser usada. Ao usar este método, o investigador deve realizar o levantamento em intervalos regulares de grade lateral e vertical ao longo da superfície da parede envolvida, geralmente em incrementos de 0,3 m (1 pé) ou menos. Tais levantamentos podem ser feitos em instalações de parede ou teto de painéis de parede. Algumas correlações limitadas entre a profundidade de calcinação e a exposição total ao calor foram desenvolvidas e podem ser usadas para melhorar as informações obtidas de um levantamento de profundidade de calcinação.

N 6.3.8.9 Limitações. (Reservado)

6.3.9 Perda de Massa de Material.

6.3.9.1 Observações de perda de massa. Incêndios convertem combustível e oxigênio em produtos de combustão, calor e luz. Este processo resulta em perda de massa do combustível (consumo do material).



N FIGURA 6.3.8.8(a) Dois instrumentos que podem ser usados para medir a profundidade de calcinação.



N FIGURA 6.3.8.8(b) Medindo a profundidade de calcinação em um pedaço de gesso cartonado.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Durante um incêndio, materiais combustíveis e não combustíveis também podem perder massa devido à evaporação, calcinação ou sublimação.

6.3.9.2 Materiais Danificados pelo Fogo e Materiais Exemplares. o a perda de massa de um material consumido em um incêndio pode ser determinada comparando materiais danificados pelo fogo com materiais exemplares. As bordas ou superfícies do material remanescente podem ser usadas para estimar o tamanho e a forma do material antes do incêndio. Os materiais existentes antes do incêndio podem ser determinados a partir de duplicatas ou materiais semelhantes não consumidos pelo incêndio ou de desenhos, planos, fotografias ou entrevistas com indivíduos familiarizados com as condições anteriores ao incêndio. *[Consulte a Figura 6.3.9.2.]* Observações relacionadas à perda de massa podem ser ainda caracterizadas com medidas quantitativas comparando dimensões físicas sões e massa de itens danificados pelo fogo com itens exemplares.

6.3.9.3 Ciência dos Materiais Relacionada à Perda de Massa. A taxa de perda de massa normalmente muda ao longo do curso de um incêndio. A taxa de perda de massa é geralmente dependente do fluxo de calor para a superfície do material, taxa de crescimento do fogo e taxa de liberação de calor do próprio material. À medida que o fogo cresce em tamanho e intensidade, a taxa de perda de massa aumenta.

Δ **6.3.9.4 Análise de observações de perda de massa.** A perda de massa de material talvez usado como indicação de total relativo ou cumulativo (duração e intensidade) experiência de exposição ao fogo pelo(s) material(is). Por exemplo, em Figura 6.3.9.2 , o certo braço do sofá, que apresentou a maior perda de massa, pode ser interpretado como tendo sido exposto ao mais significativo exposição cumulativa . Embora isso possa ser válido em muitos ces, não é válido em todos os casos. A taxa de perda de massa resulta de uma combinação complexa de fatores que envolvem propriedades do material e condições de incêndio.

N **6.3.9.5 Limitações.** Deve-se ter cuidado para evitar erros suposições sobre a perda de massa de materiais. Caracterizar a perda de massa e o que isso pode significar após a exposição ao fogo requer uma compreensão da massa do material que existia antes da exposição ao fogo. Se o sofá da Figura 6.3.9.5(a) era simétrico antes do incêndio como mostrado na Figura 6.3.9.5(b), então pode-se observar que o lado direito do sofá sofre uma maior perda de massa. No entanto, se o sofá na Figura 6.3.9.5(a) era assimétrico como mostrado na Figura 6.3.9.5(c), fica menos claro se o lado direito do sofá sofreu ou não uma perda de massa notavelmente maior.

N **6.3.9.6** Outras condições de não uniformidade também devem ser consideradas. Por exemplo, se o braço esquerdo do sofá na Figura 6.3.9.5(a) tiver sido coberto e um pouco protegido da exposição ao fogo por um cobertor, as interpretações relacionadas às diferenças observadas na perda de massa no sofá podem ser significativamente diferentes do que se o cobertor não estava presente.

6.3.10 Fusão de Materiais.

Δ **6.3.10.1 Observações de Fusão.** o investigador muitas vezes observar o material resolidificado. A fusão de um material é uma mudança física causada pela exposição ao calor.

6.3.10.2 Ciência dos Materiais Relacionada à Fusão. Muitos sólidos os materiais amolecem ou derretem em temperaturas elevadas que variam de um pouco acima da temperatura ambiente a milhares de graus. Uma temperatura ou faixa de fusão específica é característica para cada material. *(Consulte a Tabela 6.3.10.2.)*



N **FIGURA 6.3.9.5(a)** **Sofá com perda de massa.**



N **FIGURA 6.3.9.5(b) Sofá Simétrico.**



N **FIGURA 6.3.9.5(c) Sofá Assimétrico.**



FIGURA 6.3.9.2 Maior perda de massa no braço direito deste assento de amor do que no braço esquerdo.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Δ Tabela 6.3.10.2 Temperaturas Aproximadas de Fusão de Materiais Comuns

Material	Temperaturas de fusão °C	°F
Alumínio (ligas)[a]	566–650	1050–1200
Alumínio[b]	660	1220
Latão (vermelho)[a]	996	1825
Latão (amarelo)[a]	932	1710
Bronze (alumínio)[a]	982	1800
Ferro fundido (cinza)[b]	1350–1400	2460–2550
Ferro fundido (branco)[b]	1050–1100	1920–2010
Cromo[b]	1845	3350
Cobre[b]	1082	1981
Tijolo de fogo (isolante)[b]	1638–1650	2980–3000
Vidro[b]	593–1427	1100–2600
Ouro[b]	1063	1945
Ferro[b]	1540	2802
Conduzir[b]	327	621
Magnésio (liga AZ31B)[a]	627	1160
Níquel[b]	1455	2651
Parafina[b]	54	129
Plásticos (termo)		
abdômen[d]	88–125	190–257
Acrílico[d]	90–105	194–221
Nylon[d]	176–265	349–509
Polietileno[d]	122–135	251–275
Poliestireno[d]	120–160	248–320
Policloreto de vinila[d]	75–105	167–221
Platina[b]	1773	3224
Porcelain[b]	1550	2820
Pot metal[e]	300–400	562–752
Quartz (SiO_2)[b]	1682–1700	3060–3090
Silver[b]	960	1760
Solder (63Sn/37Pb)[f]	183	361
Steel (carbon)[a]	1516	2760
Steel (stainless)[a]	1427	2600
Tin[b]	232	449
Wax (paraffin)[c]	49–75	120–167
White pot metal[e]	300–400	562–752
Zinc[b]	375	707

[a]From Lide, ed., *Handbook of Chemistry and Physics.*
[b]From Baumeister, Avallone, and Baumeister III, *Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers.*
[c]From NFPA *Guia de proteção contra incêndio para materiais perigosos.*
[d]De McGraw-Hill, *Manual de Plásticos.*
[e]De Gieck e Gieck, *Fórmulas de Engenharia.*
[f]A partir de *Livro de referência de metais da Smithells*, 8ª edição, Butterworth-Heinemann.

Δ 6.3.10.3 Metais Comuns. Temperaturas de fusão do comum os metais variam de 170°C (338°F) para solda até 1460°C (2660°F) para aço.

Δ 6.3.10.4 Termoplásticos. Os termoplásticos amolecem e derretem uma faixa de temperaturas relativamente baixas, de cerca de 75°C (167°F) a cerca de 400°C (750°F). *[Ver Figura 6.3.10.4(a) e Figura 6.3.10.4(b).]* Os materiais termoplásticos têm uma temperatura e temperatura de fusão, com a temperatura de fusão sendo um valor maior .



FIGURE 6.3.10.4(a) Melted Plastic Lighting Fixture, Indicating Heating from Right to Left.



FIGURE 6.3.10.4(b) Fluorescent Light Diffuser Indicating Heat Travel from Left to Right.

Δ 6.3.10.5 O vidro amolece em uma faixa de temperaturas.

6.3.10.6* Liga de Metais. A liga deve ser considerada ao analisar amostras de metal pós-fogo. A fusão de certos metais nem sempre pode ser causada por temperaturas de fogo superiores ao ponto de fusão declarado dos metais; pode ser causado por ligas. A liga refere-se à mistura de, geralmente, dois ou mais metais em que um ou mais dos metais está em estado liquefeito, resultando em uma liga. Metais como cobre e ferro (aço) podem ser afetados pela liga com metais de baixo ponto de fusão, como alumínio, zinco e chumbo. *(Consulte a Tabela 6.3.10.2.)*

6.3.10.6.1* Durante um incêndio, um metal com um ponto de fusão relativamente baixo pode amolecer ou liquefazer e entrar em contato com outros metais com temperaturas de fusão que excedem as temperaturas alcançadas. Se um metal de temperatura de fusão mais baixa, como o zinco, entrar em contato com a superfície de um metal de temperatura de fusão mais alta, como o cobre, os dois metais podem se combinar para criar uma liga de zinco-cobre (latão) com uma temperatura de fusão da liga. inferior ao cobre. Dentro

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

nesses casos, muitas vezes é possível ver o latão de cor amarela.

6.3.10.6.2A liga resultante terá um ponto de fusão menor do que o componente de ponto de fusão mais alto na mistura. Em alguns casos, a liga pode ter uma temperatura de fusão inferior a qualquer um dos componentes metálicos.*(Consulte a Figura 6.3.10.6.2.)*

N 6.3.10.7 Análise dos Efeitos de Fusão em Incêndios.A fronteira entre as porções derretidas e não derretidas de um material fusível pode produzir linhas de demarcação de calor e temperatura que o investigador pode usar para definir padrões de fogo e indicações de movimento direcional. Quando metais derretidos ou amolecidos, plásticos ou seus resíduos são encontrados em detritos do fogo, algumas inferências sobre as temperaturas no fogo podem ser feitas.

6.3.10.8 Limitações. Quando metais com alta temperatura de fusão turas derretidas devido à liga, não é uma indicação de que aceleradores ou temperaturas excepcionalmente altas estavam presentes no incêndio. Quando fios de aço de pequeno diâmetro ou as molas são expostas a temperaturas abaixo do seu ponto de fusão, eles podem oxidar e se decompor dando uma falsa aparência de Derretendo.

N 6.3.11 Oxidação.

6.3.11.1 Observações. Os efeitos da oxidação incluem mudança de cor e mudança de textura. Quanto maior a temperatura e quanto maior o tempo de exposição, mais pronunciada a efeitos do fogo resultantes de será a oxidação. A extensão da oxidação pós-fogo será função da umidade ambiente e do tempo de exposição.*(Consulte a Figura 6.3.11.1.)*

6.3.11.2 Com aquecimento suave, o aço galvanizado nu pode adquirir uma superfície esbranquiçada fosca devido à oxidação do revestimento de zinco. Essa oxidação também pode eliminar a proteção contra corrosão que o zinco proporcionava. Se o aço desprotegido ficar molhado por algum tempo, ele enferrujará, que é outra forma de oxidação. Assim, pode haver um padrão de ferrugem em relação ao aço galvanizado não enferrujado.

6.3.11.3 Onde ferro ou aço não revestidos são oxidados em um incêndio, a superfície primeiro adquire um embotamento azul-acinzentado. Em temperaturas elevadas, o ferro também pode se combinar com o oxigênio para formar óxidos negros. A reação de oxidação pode produzir espessas camadas de óxido que



FIGURA 6.3.10.6.2 Furo na linha de gás de cobre causado por liga quando alumínio fundido [temperatura de fusão ~649°C (~1200°F)] pingou no tubo de cobre [temperatura de fusão ~1083°C (~1980°F)] .



FIGURA 6.3.11.1 Mudança de cor induzida pelo calor para estuque.

pode descascar. Após o incêndio, se o metal estiver molhado, o óxido cor de ferrugem usual pode aparecer.*(Consulte a Figura 6.3.11.3.)*

6.3.11.4*Aços muito oxidados podem apresentar uma aparência visual semelhante à fusão. Frequentemente, não é possível determinar apenas por observação visual se o aço derreteu. Um exame metalúrgico de uma seção transversal polida e gravada do aço é necessário para determinar o aço tem de fato derreteu .

6.3.11.5 Em superfícies de aço inoxidável, a oxidação leve pode resultar em franjas de cor e a oxidação severa produzirá uma cor cinza opaca.

6.3.11.6O cobre forma um óxido vermelho escuro ou preto quando exposto ao calor. A cor não é significativa. O que é significativo é que a oxidação pode formar uma linha de demarcação. A espessura do óxido depende da duração e intensidade da exposição ao calor. Cobre mais é aquecido, maior a oxidação.

6.3.11.7 Rochas e solo, quando aquecidos a temperaturas muito altas, muitas vezes mudam de cor que pode variar de amarelado a vermelho.

Δ 6.3.11.8* Ciência de Materiais Relacionada a Oxidação.Oxidação é o processo químico básico associado à combustão. A oxidação de alguns materiais não combustíveis pode produzir efeitos que resultam em linhas de demarcação e padrões de uso do fogo para demitir investigadores. Para estes fins, a oxidação pode ser definida como uma combinação de oxigênio com substâncias como metais, rochas ou solo que é provocada por altas temperaturas. A deposição de aerossóis de fumaça contendo componentes ácidos pode levar à oxidação das superfícies do material e padrões de incêndio perceptíveis. As superfícies também podem ser oxidadas devido à deposição de agentes de extinção de incêndio, como produtos químicos secos ou úmidos.

N 6.3.11.9 Análise de Observações de Oxidação. Padrões isolados, por exemplo, em painéis de máquinas, podem ser indicadores significativos de temperaturas internas elevadas, que requerem uma análise mais aprofundada.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 6.3.11.3 Mudança de cor induzida pelo calor para metal no secador de grãos.

N 6.3.11.10* Limitações. Padrões de oxidação em várias superfícies não necessariamente auxiliam na determinação do progresso de um incêndio. A oxidação continua frequentemente após a extinção do incêndio.

Δ 6.3.12 Efeito Arco-Íris.

N 6.3.12.1 Observações do Efeito Arco-Íris. Há momentos em que um investigador de incêndio pode observar um efeito de arco-íris na superfície de uma poça de água.

N 6.3.12.2 Ciência de Materiais para Efeitos Arco-Íris. Oily substances, which do not mix with water, float and create interference patterns on the surface of water. This results in a "rainbow" or "sheen" appearance. Such rainbow effects are common at fire scenes.

N 6.3.12.3 Analysis of Rainbow Effect. Although ignitible liquids will create a rainbow effect, the observation of a rain- bow effect should not be interpreted as an indication of the presence of ignitible liquids unless confirmed by a laboratory analysis. Building materials, such as asphalt, plastics, and wood produce oily substances upon pyrolysis that can produce rain- bow effects.

N 6.3.12.4 Limitations. O investigador é advertido de que a observação de um efeito arco-íris não deve ser interpretada como uma indicação da presença de líquidos inflamáveis, a menos que confirmada por uma análise laboratorial.

N 6.3.13 Alarmes de fumaça — Deposição de fuligem aprimorada ou aglomeração de fuligem acústica.

6.3.13.1 Observações de Alarme de Fumaça. A observação de depósitos de fumaça em um alarme de fumaça devem ser documentados. Se o alarme de fumaça caiu, sua localização anterior pode ser visível na forma de uma área protegida ou hardware de montagem. Os investigadores da cena devem estar cientes da importância dos alarmes de fumaça que podem conter evidências físicas da ativação do alarme e considerar documentação, exame e coleta mais detalhadas de tais evidências.

6.3.13.2* Deposição de fuligem aprimorada, ou aglomeração acústica ção. Deposição de fuligem aprimorada, ou aglomeração acústica, a evidência pode ser delicada e facilmente perturbada ou apagada por manuseio descuidado ou embalagem de evidência do(s) alarme(s) de fumaça em questão. Deve-se tomar cuidado para não perturbar quaisquer depósitos suspeitos de fuligem.

Δ 6.3.13.3 Análise de Alarmes de fumaça. Em muitos casos, a natureza de deposição de fuligem em certas superfícies de alarmes de fumaça típicos de uma ou várias estações pode mostrar que o alarme de fumaça soou ou não soou durante um incêndio. *[Consulte a Figura 6.3.13.3(a) até a Figura 6.3.13.3(d).]*

6.3.13.4 Evidências de deposição de fuligem aprimorada, ou aglomeração acústica, em alarmes de fumaça podem ser sutis e, às vezes, difíceis de identificar. O exame pode exigir ampliação microscópica.



FIGURA 6.3.13.3(a) Uma fumaça sem energia e sem funcionamento Alarme após exposição a uma atmosfera fuliginosa.



Δ FIGURE 6.3.13.3(b) Close-up of the External "Horn" or Sound Outlet of the Unpowered Smoke Alarm Displayed in Figure 6.3.13.3 (a) After Exposure to a Sooty Atmosphere, Showing No Enhanced Soot Deposition.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

6.3.13.4.1 Os alarmes de fumaça devem ser considerados como evidência quando o desempenho do alarme de fumaça pode ser um problema. O alarme deve ser coletado como evidência após ser fotografado no local e não deve ser alterado pela aplicação de energia, remoção ou inserção de baterias ou pressionando o botão de teste. Os alarmes ainda na parede ou no teto devem ser protegidos intactos com ferragens de montagem, caixas elétricas e conexões com fio. A remoção de uma parte do material da parede com o alarme pode ser necessária para preservar a condição do alarme e todas as conexões de energia elétrica.

6.3.13.4.2 Os investigadores devem ter em mente que a deposição de fuligem aumentada, ou depósitos de aglomeração de fumaça acústica, são persistentes. A presença de depósitos de aglomeração de fumaça acústica pode não indicar necessariamente quando a aglomeração ocorreu sem dados adicionais.

Δ **6.3.14* Espalhamento.**

N **6.3.14.1 Observações.**Spalling é caracterizado pela perda de material da superfície resultando em rachaduras, quebras e lascas ou na formação de crateras em concreto, alvenaria, rocha ou tijolo.

6.3.14.2*As áreas espaçadas podem parecer mais claras do que as áreas adjacentes. Este clareamento pode ser causado pela exposição de material subsuperficial. As áreas adjacentes também podem tender a ser escurecidas pela deposição de fumaça.



Δ **FIGURA 6.3.13.3(c) Um alarme de fumaça funcional e energizado duplicado após exposição à mesma atmosfera fuliginosa que o alarme de fumaça na Figura 6.3.13.3(a) e Figura 6.3.13.3(b), Exibindo Deposição de Fuligem Melhorada Típica.**



Δ **FIGURA 6.3.13.3(d) Close da "buzina" externa ou saída de som do alarme de fumaça motorizado exibido na figura 6.3.13.3(c) Após a exposição a uma atmosfera fuliginosa, mostrando Deposição de fuligem aprimorada.**

N **6.3.14.3 Análise para Spalling.**

6.3.14.3.1 Spalling Relacionado ao Fogo.O spalling relacionado ao fogo é a quebra na resistência à tração superficial do material causada por mudanças na temperatura, resultando em forças mecânicas dentro do material. No concreto, acredita-se que essas forças resultem de um ou mais dos seguintes*(veja a Figura 6.3.14.3.1):*

(1) Umidade presente no concreto
(2) Expansão diferencial entre barras de reforço ou malha de aço e o concreto circundante
(3) Expansão diferencial entre a mistura de concreto e o agregado (mais comum com agregados de silício)
(4) Expansão diferencial entre a superfície exposta ao fogo e o interior da laje

6.3.14.3.2*Um mecanismo de fragmentação é a expansão ou contração da superfície enquanto o restante da massa se expande ou se contrai em uma taxa diferente; um exemplo é o resfriamento rápido de um material aquecido pela água.

6.3.14.3.3*Outro fator de fragmentação do concreto é o carregamento e a tensão no material no momento do incêndio. Como essas áreas de alta tensão ou alta carga podem não estar relacionadas ao local do incêndio, a fragmentação do concreto na parte inferior dos tetos ou vigas pode não estar diretamente sobre a origem do incêndio. *(Consulte a Figura 6.3.14.3.3.)*

6.3.14.3.4 Spalling não relacionado ao fogo.A fragmentação de superfícies de concreto ou alvenaria pode ser causada por muitos fatores, incluindo calor, congelamento, produtos químicos, abrasões, movimento mecânico, choque, força ou fadiga. A fragmentação pode ser mais facilmente induzida em superfícies mal formuladas ou acabadas. Como a fragmentação pode ocorrer a partir de outras fontes que não incêndios, o investigador deve determinar se a fragmentação estava presente antes do incêndio.

6.3.14.4 Limitações. A presença ou ausência de fragmentação em um a cena do incêndio não deve, por si só, ser interpretada como um indicador da presença ou ausência de acelerador de combustível líquido. A presença de líquidos inflamáveis normalmente não causará fragmentação

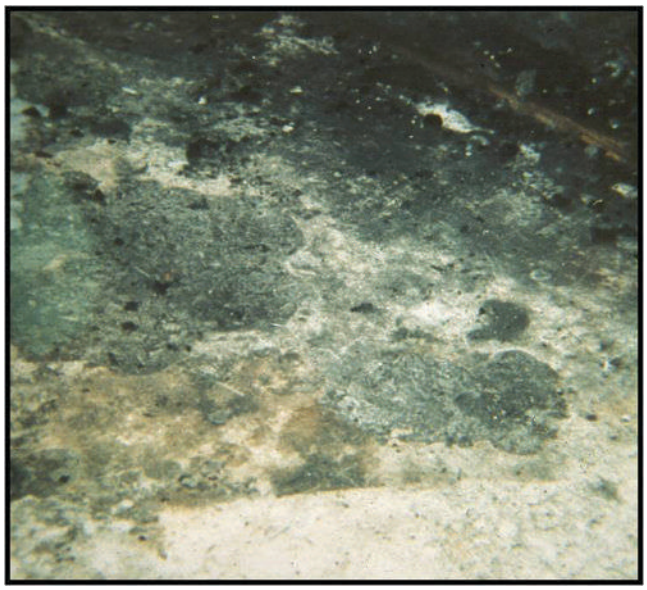


FIGURA 6.3.14.3.1 Piso de Concreto Espalhado.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

abaixo da superfície do líquido. O desenvolvimento rápido e intenso de calor de um incêndio de líquido inflamável pode causar fragmentação nas superfícies adjacentes, ou um incêndio resultante pode causar fragmentação na superfície após a queima do líquido inflamável.

Δ 6.3.15* Expansão Térmica e Deformação de Materiais.

N 6.3.15.1 Observações de Expansão Térmica e Deformação de Materiais. Muitos materiais mudam de forma temporária ou permanentemente durante os incêndios. O investigador pode observar estruturas metálicas dobradas ou outros elementos de construção que possam ter sido danificados como resultado de expansão ou deformação.

N 6.3.15.2 Ciência de Materiais de Expansão Térmica e Deformação de Materiais. Quase todos os materiais expandem quando aquecidos. Essa expansão pode afetar a integridade de estruturas sólidas quando são feitas de materiais diferentes. Se um material se expande mais do que outro material em uma estrutura, a diferença na expansão pode causar a falha da estrutura. Deformação é a mudança nas características de forma de um objeto separado das outras características de mudança definidas em outra parte deste capítulo. A deformação pode resultar de uma variedade de causas que vão desde efeitos térmicos a efeitos químicos e mecânicos.

6.3.15.3 A flexão e flambagem (deformação) de vigas e colunas de aço ocorre quando a temperatura do aço excede aproximadamente 500°C (aproximadamente 900°F). Em temperaturas elevadas, o aço exibe uma perda progressiva de resistência. Quando há uma maior exposição ao fogo, a carga necessária para causar a deformação é reduzida. A deformação não é o resultado da fusão. Um elemento deformado não é aquele que derreteu durante o incêndio e, portanto, a ocorrência de tal deformação não indica que o material foi aquecido acima de sua temperatura de fusão. Pelo contrário, um item deformado em oposição ao derretido indica que a temperatura do material não excedeu seu ponto de fusão. A expansão térmica também pode ser um fator na flexão da viga, se as extremidades da viga estiverem restritas. *(Consulte a Figura 6.3.15.3.)*

Δ 6.3.15.4 Elementos de Construção Metálica. Pinos, vigas, colunas e os componentes de construção feitos de metal de alto ponto de fusão, como o aço, podem ser distorcidos pelo aquecimento. Quanto maior o coeficiente de expansão térmica do metal, mais propenso é a distorção térmica.

N 6.3.15.5 Análise de Expansão Térmica e Deformação. A quantidade e a localização da distorção em uma construção metálica específica podem indicar quais áreas foram aquecidas a temperaturas mais altas ou por mais tempo. Em alguns casos, o alongamento



FIGURA 6.3.14.3.3 Descamação no teto.



FIGURA 6.3.15.3 Vigas em I de Aço Deformadas por Aquecimento sob carga.

vigas podem resultar em danos às paredes, conforme mostrado na Figura 6.3.15.5. Esta foto demonstra que a viga dentro do porão durante o incêndio foi aquecida acima da temperatura ambiente normal, o que levou à expansão da viga. O aumento do comprimento da viga empurrou os tijolos, causando danos na parede. Após o incêndio, quando a viga esfriou, ela pode ter retornado ao seu comprimento aproximado antes do incêndio, mas o dano estrutural na parede permaneceu como evidência observável da expansão da viga.

6.3.15.6 Sistemas de tubulação e, especificamente, acessórios em sistemas de tubulação podem sofrer deformação durante um incêndio. Estas deformações podem muitas vezes ser vistas como deformações unidirecionais onde um acessório, mesmo após o resfriamento completo, não retorna à sua forma e dimensões originais. Por exemplo, após o incêndio, um cotovelo rosqueado pode estar solto no tubo ao qual foi originalmente fixado. Devido às forças de compressão e tração da conexão e à exposição de aquecimento e resfriamento a que a conexão foi exposta, o cotovelo, que era uma conexão apertada antes do fogo, pode ficar solto após o fogo. Essa frouxidão é causada pela falha do cotovelo em retornar às dimensões pré-incêndio, mesmo após o resfriamento completo. Deve-se considerar os vários materiais usados como selantes na união de tubos.

6.3.15.7 As superfícies rebocadas também estão sujeitas a dilatação térmica. Porções aquecidas localmente de paredes e tetos de gesso podem se expandir e se separar de suas ripas de suporte. Além de separações de gesso de ripas, composto comum (às vezes



FIGURA 6.3.15.5 Danos a uma parede externa de tijolos causados pela expansão térmica de uma viga I no porão.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

conhecido como lama ou massa corrida), fita adesiva e remendos na placa de gesso podem cair.

N 6.3.15.8 Limitações. A fim de fazer determinações sobre o fluxo de calor com base na deformação, o investigador deve determinar que a deformação ocorreu como resultado do incêndio e não devido a alguma outra causa de deformação.

N 6.3.15.9 O colapso pode ser o resultado de parâmetros adicionais além da temperatura, como comprimento do vão, espaçamento, carregamento e restrição. O investigador deve ter em mente que o colapso pode ocorrer mais tarde no evento de incêndio e, portanto, pode não ajudar na determinação da origem.

Δ 6.3.16* Lesões de Vítimas.

N 6.3.16.1 Observações de Lesões de Vítimas. O corpo de um ser humano que foi ferido ou morto em um incêndio ou explosão pode apresentar observações visíveis que indicam sua exposição ao calor e ao fogo. A localização e os danos causados pelo fogo envolvendo as roupas da vítima devem ser considerados como qualquer outro tecido danificado no fogo.

N 6.3.16.2 Ciência de Materiais de Lesões de Vítimas. A pele, a gordura, os músculos e os ossos desenvolverão uma resposta sequencial à exposição ao calor. A vítima pode ter queimaduras mensuráveis que podem ser classificadas como queimaduras de primeiro, segundo, terceiro ou quarto grau. A gravidade das queimaduras deve ser considerada como efeito do fogo no que diz respeito à transferência de calor dentro do compartimento. Corpos, mesmo aqueles que estão substancialmente queimados ou parcialmente consumidos, podem servir como efeito de fogo no que diz respeito à posição do corpo e orientação à exposição ao calor e servindo como item de proteção contra o calor que deve ser relacionado com o restante do compartimento.

6.3.16.3 A pele pode mudar de cor ou forma física e pode queimar. As mudanças de cor podem variar do avermelhamento ao preto do char. A pele pode apertar, encolher e separar. As rachaduras na pele, como resultado da exposição ao fogo, são superficiais e distinguíveis de lesões traumáticas penetrantes que deformam e incham ao longo do trato da ferida. A pele pode formar bolhas devido à exposição pré-mortem ou pós-morte.

6.3.16.4 O próprio corpo pode ser uma fonte significativa de combustível. A gordura corporal pode derreter e queimar como combustível líquido. Um corpo suspenso acima de um fogo, como em uma cadeira ou em uma cama, é mais suscetível consequentemente um maior consumo. A queima de gordura corporal normalmente requer a presença de um material poroso semelhante a um pavio, como tecido de celulose, madeira, carpete ou outros materiais absorventes/carbonizados.

•

N 6.3.16.5 Análise de Lesões de Vítimas. Os efeitos da queimadura de qualquer vítima devem ser analisados com todos os outros efeitos de fogo pertinentes para determinar os padrões aplicáveis. A localização das maiores queimaduras é indicativa da exposição cumulativa ao calor do corpo e pode ajudar a determinar a propagação do fogo.

N 6.3.16.6 Limitações. Ao utilizar queimaduras como efeito de fogo, o investigador é alertado para lembrar que a vítima pode estar se movendo de um compartimento para outro ou mudando de local ou posição dentro do compartimento de incêndio durante o incidente. Este é um dos poucos efeitos do fogo que podem estar em movimento durante a exposição ao fogo e seus subprodutos. Também é importante notar que durante as evoluções de resgate de vítimas, os bombeiros podem ter movido ou reposicionado a vítima.

Δ 6.3.17* Vidro da Janela.

N 6.3.17.1 Observações de Vidro de Janela. O vidro da janela pode ter muitas respostas à exposição ao fogo. Ele pode coletar condensados de fumaça, pode fraturar devido a diferenças na exposição ao calor ou a forças mecânicas, ou pode derreter ou rachar. Como outras superfícies, condensados e depósitos de fumaça podem ser queimados.

N 6.3.17.2 Ciência dos Materiais do Vidro.

6.3.17.2.1 Quebra de Vidro. Se uma vidraça for montada em uma moldura que protege as bordas do vidro do calor irradiado do fogo, ocorre uma diferença de temperatura entre a parte desprotegida do vidro e a borda protegida. Pesquisas experimentais estimam que uma diferença de temperatura de cerca de 70°C (126°F) entre o centro do painel de vidro e a borda protegida pode causar rachaduras que começam na borda do vidro. As rachaduras aparecem como linhas suaves e onduladas que podem se espalhar e se unir. Dependendo do grau de rachadura, o vidro pode ou não cair de sua moldura.

6.3.17.2.2 Se um vidro não tiver proteção de borda contra o calor irradiado do fogo, o vidro quebrará com uma diferença de temperatura mais alta. Além disso, pesquisas experimentais sugerem que menos rachaduras são formadas e é mais provável que o painel permaneça inteiro.

6.3.17.2.3 As pressões desenvolvidas pelos incêndios nos edifícios geralmente não são suficientes para quebrar as janelas de vidro ou para as forçar a sair dos seus caixilhos. As pressões necessárias para quebrar o vidro de janela comum são da ordem de 2 kPa a 7 kPa (0,3 psi a 1,0 psi), enquanto as pressões do fogo são da ordem de 0,01 kPa a 0,03 kPa (0,002 psi a 0,004 psi). Se ocorreu uma sobrepressão - como uma deflagração, backdraft ou detonação - fragmentos de vidro de uma janela quebrados pela pressão serão encontrados a alguma distância da janela. Por exemplo, uma sobrepressão de 10 kPa (1,5 psi) pode fazer com que os fragmentos se desloquem até 30 m (100 pés).

6.3.17.3 Vidro Temperado.

6.3.17.3.1 O vidro temperado, seja quebrado quando aquecido pelo impacto do fogo ou quando explodido, quebrará em muitos pequenos pedaços em forma de cubo. Esses fragmentos de vidro não devem ser confundidos com vidro enlouquecido. Os fragmentos de vidro temperado têm uma forma mais uniforme do que o complicado padrão de pequenas rachaduras de fissuras.

6.3.17.3.2 O vidro temperado é comumente encontrado em aplicações onde a segurança contra quebra é um fator, como em chuveiros, portas de pátio, telas de TV, veículos motorizados e em edifícios comerciais e outros edifícios públicos.

•

N 6.3.17.4 Análise de Vidro.

6.3.17.4.1 O vidro que recebeu um impacto exibirá um padrão característico de "teia de aranha". As rachaduras serão em linhas retas e numerosas. O vidro pode ter sido quebrado antes, durante ou depois do incêndio.

6.3.17.4.2 Se a chama entrar em contato com um lado de um painel de vidro enquanto o lado não exposto estiver relativamente frio, uma tensão pode se desenvolver entre as duas faces e o vidro pode fraturar entre as faces.

6.3.17.4.3 Ocasionalmente, com painéis de tamanho pequeno, a expansão diferencial entre as faces expostas e não expostas pode fazer com que o painel se solte de sua moldura.

6.3.17.4.4 Fragmentos de vidro que estão livres de fuligem ou condensados provavelmente foram submetidos a aquecimento rápido, falha no início do incêndio, fratura antes do incêndio, contato com chamas ou podem ter

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

foram os vidros exteriores em janelas de vidro duplo ou triplo. A proximidade do vidro a uma fonte de calor e ventilação são fatores que podem afetar o grau de manchamento.

Δ **6.3.17.4.5** Crazing é um termo usado para descrever um padrão complicado de rachaduras curtas no vidro. Essas fissuras podem ser retas ou em forma de meia-lua e podem ou não se estender pela espessura do vidro. Loucura é causada pelo resfriamento rápido de vidro. Esse resfriamento geralmente é causado pela aplicação de água de guisado. Isso significa que a água foi aplicada a quente vidro.

6.3.17.5 Limitações. O investigador deve ter cuidado não tirar conclusões apenas da morfologia da quebra de vidro. Tanto fissuras quanto rachaduras longas, lisas e onduladas foram encontradas em painéis adjacentes.

N **6.3.17.5.1** Muitos textos relacionam o histórico de crescimento do fogo ou combustíveis presentes ao tipo de rachaduras e depósitos que resultaram no vidro da janela. Existem várias variáveis que afetam a condição do vidro após o incêndio, que incluem o tipo e espessura do vidro, taxa de aquecimento, grau de isolamento das bordas do vidro proporcionado pelo método de envidraçamento, grau de contenção fornecido pelo o caixilho da janela, o histórico do contato da chama e o histórico de resfriamento.

6.3.17.5.2 A presença de fuligem espessa e oleosa no vidro, incluindo resíduos de hidrocarbonetos, foi interpretada como prova positiva da presença ou uso de acelerador líquido. Essas manchas também podem resultar da combustão incompleta de outros combustíveis, como madeira e plásticos, e não devem ser interpretadas como provenientes de um acelerador. *(Consulte a Figura 6.3.17.5.2.)*

N **6.3.17.5.3** Crazing foi alegado ser o resultado do aquecimento muito rápido de um lado do vidro, enquanto o outro lado permanece frio. Apesar da ampla publicação desta alegação, não há base científica para isso. De fato, pesquisas publicadas mostraram que a fissuração não pode ser causada por aquecimento rápido, mas só pode ser causada por resfriamento rápido. Independentemente da rapidez com que foi aquecido, o vidro quente enlouquece quando pulverizado com água. *(Consulte a Figura 6.3.17.5.3.)*

6.3.18 Padrões de Incêndio. Um padrão de fogo é uma forma identificável ou progressão dos efeitos do fogo.

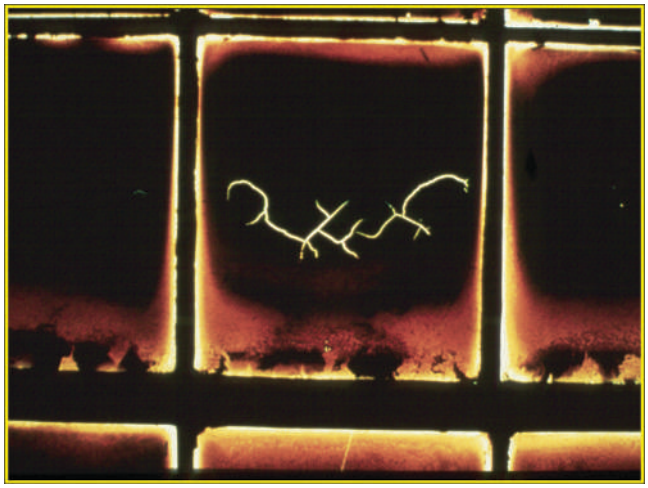


FIGURA 6.3.17.5.2 Condensação de Fumaça nos Painéis das Janelas.

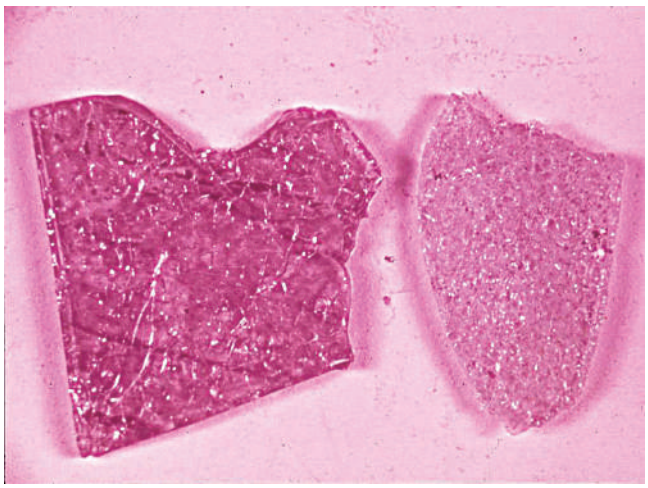


FIGURA 6.3.17.5.3 **Vidro De Janela Enlouquecido.**

6.3.18.1 Introdução. Observações de danos e a associação fogo queimado efeitos são os dados subjacentes que são usados pelo investigador para identificar padrões de incêndio. As circunstâncias de cada incêndio são diferentes de qualquer outro incêndio devido às diferenças nas estruturas, cargas de combustível, fatores de ignição, fluxo de ar, ventilação e muitas outras variáveis. Esta discussão, portanto, não pode cobrir todas as variações possíveis nos padrões de incêndio e como eles ocorrem. Os princípios básicos são abordados aqui, e o investigador deve aplicá-los ao incidente de incêndio específico sob investigação.

N **6.3.18.1.1** Um padrão de fogo é uma forma identificável ou progressão do(s) efeito(s) do fogo. Cada padrão de incêndio requer uma análise que leve a uma hipótese sobre o que o gerou e um teste dessa hipótese. O investigador normalmente atribui uma interpretação para cada padrão de incêndio sobre como ele pode ter sido criado, o que, por sua vez, ajuda o investigador a determinar como o incêndio se espalhou. Este processo tem um potencial significativo de incerteza, uma vez que as condições iniciais são geralmente desconhecidas pelo investigador.

6.3.18.1.2 Dinâmica de Produção de Padrões. O reconhecimento, identificação e análise adequada dos padrões de incêndio dependem de uma compreensão da dinâmica do desenvolvimento do fogo e da propagação do calor e da chama. Este reconhecimento, identificação e análise adequada requerem uma compreensão da forma como a condução, convecção e radiação produzem os efeitos do fogo e a natureza da chama, calor e movimento de fumaça dentro de uma estrutura. *(Consulte o Capítulo 5.)*

6.3.18.1.3 Linhas ou Áreas de Demarcação. Linhas ou áreas de demarcação são as fronteiras que definem as diferenças em certos efeitos de calor e fumaça do fogo em vários materiais. Eles aparecem entre a área afetada e áreas adjacentes menos afetadas. *(Consulte a Figura 6.3.18.1.3.)*

Δ **6.3.18.1.4 Produção de Linhas ou Áreas de Demarcação.** o A produção de linhas e áreas de demarcação depende de uma combinação de variáveis: o próprio material, a taxa de liberação de calor do fogo, as atividades de combate ao fogo, a temperatura da fonte de calor, a ventilação e o tempo que o material fica exposto. o calor. Por exemplo, uma parede de madeira pode exibir os mesmos padrões de exposição ao calor da exposição a uma fonte de calor de baixa temperatura por um longo período de tempo quanto a uma fonte de calor de alta temperatura por um período mais curto.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 6.3.18.1.3 Linha de Demarcação.

6.3.18.1.5 Observações. Os padrões vistos por um investigador pode representar grande parte da história do incêndio. Cada vez que outro pacote de combustível é aceso ou a ventilação do fogo muda, a taxa de produção de energia e distribuição de calor mudam. Qualquer item em chamas pode produzir uma pluma e, portanto, um padrão de fogo. Determinar qual padrão foi produzido no ponto de origem pelo primeiro material inflamado geralmente se torna mais difícil à medida que o tamanho e a duração do incêndio aumentam.

Δ **6.3.18.1.6 Causas de Linhas ou Áreas de Demarcação .** Lá são causas básicas dos padrões de incêndio: calor, deposição. Essas causas de padrões são definidas em grande parte pela dinâmica do fogo discutida na Seção 5.5. Uma análise sistemática dos padrões de incêndio pode ser usada para levar de volta à fonte de calor que os produziu. Alguns padrões podem ser interpretados como definindo a intensidade do fogo (calor/combustível) ou propagação (movimento).

6.3.18.2 Localizações dos Padrões. Padrões de fogo podem ser encontrados em qualquer superfície que tenha sido exposta aos efeitos do fogo ou seus subprodutos. Essas superfícies incluem superfícies internas, superfícies externas e membros estruturais e exposições externas ao redor. n g a cena do incêndio. As superfícies internas geralmente incluem paredes, pisos, tetos, portas, janelas, móveis, eletrodomésticos, máquinas, equipamentos, outros conteúdos, bens pessoais, espaços confinados, sótãos, armários e o interior das paredes. As superfícies externas geralmente incluem paredes, beirais, telhados, portas, janelas, calhas e calhas, utilidades (por exemplo, medidores, pontos de serviço), varandas e decks. As exposições externas geralmente incluem dependências, estruturas adjacentes, árvores e vegetação, serviços públicos (por exemplo, postes , linhas, medidores, tanques de armazenamento de combustível e transformadores), veículos e outros objetos. Padrões também podem ser usados para determinaremes A altura em que a queima pode ter começado dentro da estrutura.

6.3.18.2.1 Paredes e Tetos. Padrões de fogo são frequentemente encontrados em paredes e tetos. À medida que a zona de gás quente e a zona de chama da pluma de incêndio encontram essas obstruções, os padrões são produzidos que os investigadores podem usar para rastrear a origem de um incêndio.*(Consulte as Seções 5.5 e 5.6.)*

6.3.18.2.2 Paredes. Padrões nas paredes podem aparecer como linhas de demarcação nas superfícies das paredes ou podem se manifestar como queima mais profunda. Uma vez que os revestimentos de superfície de uma parede são destruídos pela queima, a construção subjacente também pode apresentar vários padrões. Esses padrões são mais comumente padrões em V, padrões em U, padrões em ampulheta e fragmentação. As superfícies atrás dos revestimentos de parede, mesmo quando o revestimento ainda está no lugar, às vezes também podem apresentar padrões.

6.3.18.2.2.1 Este processo de transferência de calor pode ser observado pela carbonização do elemento estrutural de madeira recoberto pela membrana protetora, mostrado na Figura 6.3.18.2.2.1.

6.3.18.2.3 Tetos.O investigador deve examinar os padrões que ocorrem nos tetos ou na parte inferior de superfícies horizontais como tampos de mesa ou prateleiras. A natureza flutuante dos gases de incêndio concentra a energia térmica em superfícies horizontais acima da fonte de calor. Portanto, os padrões criados na parte inferior dessas superfícies horizontais podem indicar a localização das fontes de calor. Embora as áreas imediatamente acima da fonte de calor e chama geralmente sofram aquecimento antes de outras áreas para as quais o fogo se espalha, podem ocorrer circunstâncias em que o combustível na origem queima rapidamente, mas o fogo resultante se espalha para uma área onde um suprimento maior de combustível pode inflamar e queimar por um longo período de tempo. Esse processo pode causar mais danos ao teto nessa área do que na área imediatamente sobre a origem.

6.3.18.2.3.1 Esses padrões horizontais são aproximadamente circulares. Porções de padrões circulares são frequentemente encontradas onde as paredes encontram tetos ou prateleiras e nas bordas de tampos de mesa e prateleiras. O investigador deve determinar o centro aproximado do padrão circular e investigar abaixo deste ponto central para uma fonte de calor.

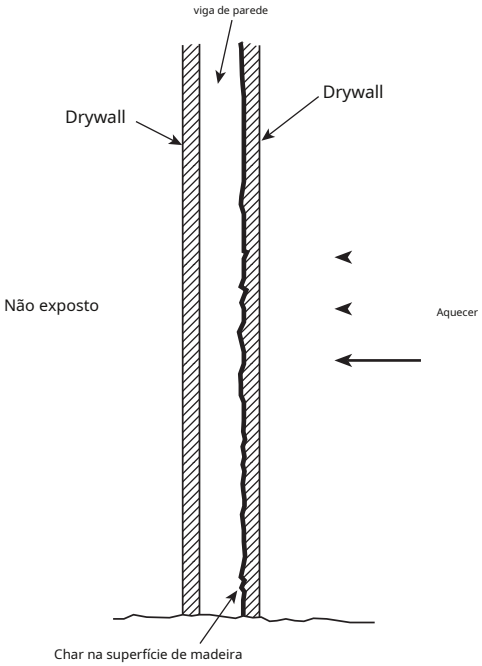


FIGURA 6.3.18.2.2.1 Carbonização de Elementos Estruturais de Madeira por Condução de Calor através do Material da Superfície da Parede.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

6.3.18.2.3.2 Danos causados pelo fogo podem ser encontrados dentro de paredes e tetos como resultado da transferência de calor através das superfícies. É possível que o calor de um incêndio seja conduzido através de uma parede ou superfície do teto e acenda elementos estruturais de madeira dentro da parede ou teto.

Δ **6.3.18.2.3.3**A capacidade da superfície de suportar a passagem de calor ao longo do tempo é chamada de classificação de acabamento. A classificação de acabamento de um material de superfície representa apenas o desempenho do material em um teste de laboratório específico (por exemplo, conforme mostrado na UL 263, *Testes de segurança contra incêndio de construção e materiais de construção*) e não necessariamente o desempenho real do material em um incêndio real. O conhecimento do conceito pode ser valioso para a análise geral da propagação do fogo de um investigador.

6.3.18.2.4 Pisos. Os investigadores devem examinar os padrões que ocorrem em revestimentos e pisos. A transição do flashover para o envolvimento total da sala está associada a um fluxo de calor radiante que excede aproximadamente 20 kW/m$_2$ (2 W/cm$_2$) ao nível do piso, um valor típico para a ignição radiante de materiais combustíveis comuns. As condições pós-flashover ou de envolvimento total da sala geralmente podem produzir fluxos em excesso de 170 kW/m$_2$e pode criar, modificar ou eliminar padrões.

6.3.18.2.4.1 Desde 1970, carpetes e tapetes fabricados ou importados para serem vendidos nos Estados Unidos são resistentes à ignição ou propagação do fogo. Normalmente, cigarros ou fósforos jogados em tapetes não os incendeiam. O teste da pílula de metenamina dentroASTM D2859, *Método de teste padrão para inflamabilidade de materiais de revestimento de piso têxtil acabado*(Teste de pílula de metenamina), descreve o teste usado para medir as características de ignição do carpete de uma pequena fonte de ignição. Carpetes e tapetes aprovados no teste de pílulas terão capacidade muito limitada de espalhar chamas ou carvão na direção horizontal quando expostos a pequenas fontes de ignição, como cigarros ou fósforos.

6.3.18.2.4.2*O fogo não se espalhará por uma sala na superfície desses carpetes ou tapetes sem a entrada de energia adicional, como um incêndio externo ao carpete ou queima de combustível no carpete, caso em que o fogo espalhado no carpete terminará em um ponto onde a energia radiante do fogo exposto é menor que o mínimo necessário para suportar a propagação da chama no tapete (fluxo radiante crítico). Pode-se esperar que o carpete incendeie e queime quando exposto a condições de flashover porque o fluxo de calor radiante que produz flashover excede o fluxo radiante crítico do carpete.

6.3.18.2.4.3A queima entre as costuras ou rachaduras das tábuas do piso ou ao redor das soleiras das portas, soleiras e rodapés podem ou não indicar a presença de um líquido inflamável. Testes padrão envolvendo materiais de piso como ASTM E648, *Método de teste padrão para fluxo radiante crítico de sistemas de revestimento de piso usando uma fonte de energia de calor radiante*, produzem regularmente queimaduras entre costuras ou rachaduras de conjuntos de tábuas de piso apenas por aquecimento radiante. O conhecimento da condição pré-incêndio de pisos, soleiras e rodapés pode auxiliar nessa avaliação.

Δ **6.3.18.2.4.4**O envolvimento total da sala também pode produzir a queima de pisos ou em torno de soleiras de portas, soleiras e rodapés devido à radiação, à presença de gases combustíveis quentes ou fontes de ar (ventilação) fornecidas pelas lacunas na construção. Essas lacunas podem fornecer ar suficiente para combustão de, sobre ou próximo a pisos.

6.3.18.2.4.5 Furos no piso podem ser causados por combustão incandescente, radiação, líquido inflamável ou efeitos de ventilação. A superfície abaixo de um líquido permanece fria, ou pelo menos abaixo da fervura. ponto de ebulição do líquido, até que o líquido seja consumido. Buracos no piso devido à queima de líquidos inflamáveis podem ocorrer quando o líquido inflamável embebeu o piso ou se acumulou abaixo do nível do piso. Além disso, buracos no chão podem ter existido antes do incêndio por uma variedade de razões não relacionadas ao incêndio. Evidências diferentes do furo ou de sua forma são necessárias para confirmar a causa de um determinado padrão.

6.3.18.2.4.6 Pisos de vinil danificados pelo fogo geralmente exibem bordas enroladas, expondo o piso abaixo. A ondulação das bordas dos ladrilhos pode ser observada frequentemente em situações sem fogo e deve-se ao encolhimento natural e à perda de plastificante. Em um incêndio, a radiação de uma camada de gás quente produzirá os mesmos padrões. Esses padrões também podem ser causados por líquidos inflamáveis, embora a confirmação da presença de líquidos inflamáveis exija análise laboratorial.

6.3.18.2.4.7A coleta de amostras e a verificação laboratorial da presença ou ausência de resíduos líquidos inflamáveis podem auxiliar o investigador a desenvolver hipóteses e tirar conclusões sobre o desenvolvimento de padrões de piso.

6.3.18.2.4.8 As áreas não queimadas presentes após um incêndio podem revelar a localização de itens que protegeram o piso ou o revestimento do piso contra danos causados por radiação ou manchas de fumaça.

6.3.18.2.5 Superfícies Externas. As superfícies externas das estruturas podem apresentar padrões de fogo. Além dos padrões regulares, superfícies externas verticais e horizontais podem exibir burnthrough. Todas as outras variáveis sendo iguais, essas áreas de queima podem identificar áreas de queima intensa ou de longa duração.

6.3.18.2.6 Suspensão (Caída). Detritos em chamas podem cair e queimar para cima, criando um novo padrão a partir dessa fonte de calor. Essa ocorrência é conhecida como *suspenso*. O drop down pode inflamar outros materiais combustíveis, produzindo padrões de baixa queima.

6.3.18.3 Localização de Objetos. Certos tipos de padrões podem ser usados para localizar as posições dos objetos como estavam durante um incêndio.

6.3.18.3.1 Sombreamento de Calor.O sombreamento de calor resulta de um objeto bloqueando a viagem de calor radiante de sua fonte para um material alvo no qual o padrão é produzido. O objeto que bloqueia o deslocamento da energia térmica pode ser um sólido, líquido ou gasoso, combustível ou não combustível. Qualquer objeto que absorva ou reflita a energia térmica pode causar a produção de um padrão no material que protege. *[Consulte a Figura 6.3.18.3.1(a) e a Figura 6.3.18.3.1(b).]*

Δ **6.3.18.3.2 Observações de Sombreamento de Calor.** Sombreamento de calor pode alterar, mascarar ou inibir a produção de linhas de demarcação identificáveis que possam ter aparecido naquele material. Os padrões produzidos pelo sombreamento de calor podem, no entanto, auxiliar o investigador de incêndios no processo de reconstrução durante a determinação da origem.

Δ **6.3.18.3.3 Áreas Protegidas.**Intimamente relacionado na aparência com o padrão resultante de sombreamento de calor é uma área protegida. Uma área protegida resulta de um objeto que impede que os produtos da combustão se depositem no material que o objeto protege ou prevenindo o material protegido da queima. O objeto pode ser sólido ou líquido, combustível ou incombustível. Qualquer objeto que impeça a deposição dos produtos da combustão, ou impeça a queima do material, pode produzir uma área protegida. A Figura 6.3.18.3.3(a) até a Figura 6.3.18.3.3(d) fornecem exemplos.

6.3.18.4 Penetrações de Superfícies Horizontais.A penetração de superfícies horizontais, por cima ou por baixo, pode ser causada por

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

calor radiante, impacto direto de chama ou combustão lenta localizada com ou sem os efeitos da ventilação.

6.3.18.4.1 As penetrações em direção descendente são frequentemente consideradas incomuns porque a direção mais natural do movimento de calor é ascendente devido à flutuabilidade dos gases aquecidos. Em compartimentos totalmente envolvidos, no entanto, gases quentes podem ser forçados através de pequenas aberturas pré-existentes em um piso, resultando em uma penetração. As penetrações também podem surgir como resultado da queima intensa sob itens de móveis, como colchões de poliuretano, sofás ou cadeiras. Chamas ou ardência sob pisos ou telhados desmoronados também podem causar penetrações no piso.

6.3.18.4.2*A pesquisa mostrou que a queima de líquidos inflamáveis raramente é a única causa de penetrações no piso.

6.3.18.4.3 Se um buraco queimado em uma superfície horizontal foi criado por cima ou por baixo pode ser identificado por um exame dos lados inclinados do buraco. Lados que se inclinam para baixo de cima para o buraco são indicadores de que o fogo veio de cima. Lados que são mais largos na parte inferior e inclinados para cima em direção ao centro do buraco indicam que o fogo veio de baixo. Durante o curso do fogo é possível que tanto a queima para cima quanto para baixo ocorra através de um buraco. O investigador deve ter em mente que apenas a última direção de queima através do buraco pode ser evidente.*(Consulte a Figura 6.3.18.4.3.)*

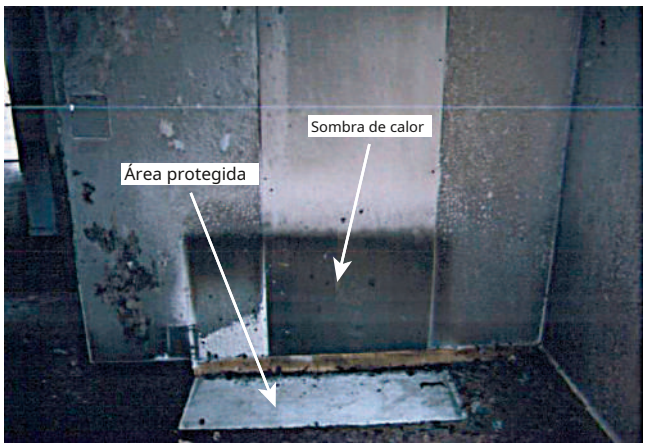


FIGURA 6.3.18.3.1(a) Sombra de Calor e Áreas Protegidas.



FIGURA 6.3.18.3.1(b) Padrão de sombra de calor do sofá.





FIGURA 6.3.18.3.3(a) Fotografia no topo, mostrando a área protegida; Fotografia na parte inferior, mostrando como a cadeira foi posicionada durante o incêndio.



FIGURA 6.3.18.3.3(b) Áreas Protegidas Criadas por Corpos Humanos.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com



FIGURA 6.3.18.3.3(c) Tabela com Áreas Protegidas Criadas por Itens Configurando nele.



FIGURA 6.3.18.3.3(d) Tabela com itens colocados de volta Posição de pré-fogo durante a reconstrução da cena do incêndio.

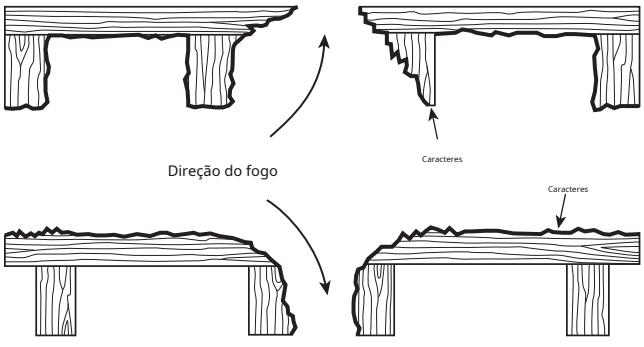


FIGURA 6.3.18.4.3 Padrão de queima com fogo de cima e de baixo.

6.3.18.4.4 Elementos estruturais, como vigas ou vigas, podem influenciar os padrões criados pelo fogo penetrando para cima ou para baixo ou lateralmente através de uma superfície de construção. Por exemplo, um fogo que se move para cima através de um piso pode exibir padrões significativamente influenciados pelas vigas, ao contrário de um fogo que se move para baixo pelo mesmo piso. O investigador deve ter em mente que apenas a última direção de queima através da superfície pode ser evidente.

6.3.18.5 Profundidade dos Padrões de Carvão com Gases Combustíveis. Incêndios repentinos envolvendo gases combustíveis podem produzir carbonização amplamente distribuída e uniforme. No entanto, em áreas de gás combustível embolsado, pode ocorrer carbonização mais profunda. Nas proximidades do ponto de vazamento contínuo de gás, pode haver carbonização mais profunda, pois a queima pode continuar ali após a quantidade original de gás fugitivo ser consumida. Essa carbonização pode ser altamente localizada devido aos jatos de gás pressurizado que podem existir no ponto imediato do vazamento e podem ajudar o investigador a localizar o vazamento.

N **6.3.19 Geração de Padrão de Incêndio.** Os padrões de incêndio são avaliados e atribuídos às variáveis de dinâmica do incêndio ou características de construção (por exemplo, danos associados a costuras em drywall) que geraram o dano. Atribuir uma interpretação fundamental a uma observação, especificamente aquela que liga a física subjacente a uma observação, é uma chave importante para determinar com precisão o verdadeiro cenário de incêndio e a área de origem.

6.3.19.1* Padrões Gerados por Pluma. Durante o curso de um incêndio, é provável que muitas plumas sejam geradas como novo pacote de combustível. idades se envolvem. Existem muitos tipos de plumas notadas dentro da literatura científica, mas para os propósitos desta discussão sion, a definição de uma pluma será restrita à produção dutos de combustão acima de um pacote de combustível em chamas. Plumas de fogo são tridimensionais. Padrões de pluma representam linhas de demarcação de efeitos de fogo sobre materiais criados pela forma tridimensional (cônica) da pluma de fogo sendo cortada (truncada) por uma superfície bidimensional intermediária, como um teto ou uma parede. Quando a pluma cruza com as superfícies, ela cria efeitos que são interpretados como padrões (seções cônicas). A taxa de liberação de calor do combustível queimado tem um efeito profundo na forma dos padrões de fogo produzidos. Esses padrões de fogo foram descritos como a seguir formas:

(1) Padrões em V
(2) Padrões de cone invertido
(3) Padrões de ampulheta
(4) Padrões em forma de U
(5) Padrões de ponteiro e seta
(6) Padrões em forma circular

6.3.19.1.1 À medida que a coluna flutuante de chamas, gases quentes e fumaça subindo acima de um incêndio na pluma é resfriada pela entrada de ar, as temperaturas da pluma se aproximam das do ar circundante (temperaturas diminuídas com o aumento da altura da pluma). Portanto, a produção de padrões de incêndio é mais proeminente quando a superfície que exibe os padrões foi exposta a temperaturas de pluma próximas ou acima de sua temperatura mínima de pirólise. A presença de uma barreira física, como um teto, contribuirá para a extensão lateral do limite da pluma em um jato de teto.

6.3.19.1.2 Quando não há teto sobre um incêndio, e o fogo está longe das paredes, os gases quentes e a fumaça da pluma não confinada continuam a subir verticalmente até esfriarem até a temperatura do ar ambiente. Nesse ponto, a fumaça e os gases quentes se estratificarão e se difundirão no ar. Tais condições existem para um

Copyright Associação Nacional de Proteção contra Incêndios
Fornecer ed por IHS Markit sob licença com NFPA

fogo não confinado ao ar livre. As mesmas condições podem existir em um incêndio em um edifício nos estágios iniciais de um incêndio, quando o fogo tem uma baixa taxa de liberação de calor, quando a pluma é pequena ou se o incêndio ocorre em um espaço de volume muito grande com teto alto como um átrio.

6.3.19.1.3A largura da pluma varia com o tamanho da base do incêndio e aumentará com o tempo à medida que o fogo se espalha. Um padrão de base estreito se desenvolverá a partir de um incêndio com pequena área de superfície e um padrão de base largo se desenvolverá a partir de um incêndio com uma grande área de superfície.*[Consulte a Figura 6.3.19.1.3(a) e a Figura 6.3.19.1.3(b).]*

6.3.19.1.4 Um incêndio em estágio incipiente pode produzir um padrão de incêndio que tem a aparência de um cone invertido. À medida que a taxa de liberação de calor e a altura da chama aumentam, esse padrão de cone invertido pode evoluir para um padrão subsequente de aparência mais colunar. Da mesma forma, o fogo crescente pode fazer com que o padrão colunar evolua para padrões cônicos, como um padrão em V, padrão em U ou padrão em ampulheta. Os primeiros padrões serão observáveis apenas se o fogo se apagar, seja por supressão, falta de oxigênio ou esgotamento de combustível. Por esta razão, a observação de padrões dá ao investigador uma visão do desenvolvimento do fogo. Também deve ser entendido que a falta de um cone invertido observável, ampulheta ou padrão colunar após o incêndio não significa que não estivesse presente no início do crescimento do incêndio.



FIGURA 6.3.19.1.3(a) Efeitos da Base de Fogo no Padrão de Fogo Largura.

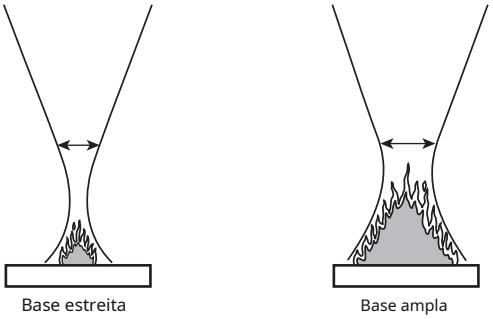


FIGURA 6.3.19.1.3(b) Base Ampla.

N **6.3.19.1.5*** As características destiladas da literatura são que os padrões gerados pela pluma apresentam áreas de maior magnitude de dano em relação às áreas circunvizinhas e, por isso, as linhas de demarcação entre essas áreas são descritas como claras ou nítidas. Além disso, as linhas de demarcação que não são paralelas ao piso, mas em um ângulo que representa o fluxo flutuante, podem ser identificadas com formas geométricas características. Estudos de padrão de incêndio revelaram que características específicas de dano identificadas durante condições controladas por combustível não eram tão prevalentes durante condições controladas por ventilação. As características de dano identificadas para danos gerados por plumas incluíram o seguinte:

(1) A perda de massa para combustível é consistente com danos à superfície afetada
(2) Maior magnitude de dano perto de um item de combustível
(3) A elevação da linha de demarcação é consistente com a altura de um item de combustível
(4) A largura da base do dano é aproximadamente a largura de um item de combustível e não maior que duas vezes a largura de um item de combustível
(5) As linhas de demarcação são angulares emanadas de um item de combustível

6.3.19.2 Padrões Gerados por Ventilação.A ventilação de incêndios e gases quentes através de janelas, portas ou outras aberturas em uma estrutura aumenta muito a velocidade do fluxo sobre materiais combustíveis. Além disso, incêndios bem ventilados queimam com taxas mais altas de liberação de calor que podem aumentar a taxa de carbonização e fragmentação de concreto ou deformar componentes metálicos. Áreas de grande dano são indicadores de uma alta taxa de liberação de calor, efeitos de ventilação ou longa exposição. Tais áreas, no entanto, nem sempre são o ponto de origem do fogo. Por exemplo, o fogo pode se espalhar de combustíveis de queima lenta para combustíveis de queima rápida, com o último produzindo a maior parte dos danos causados pelo fogo. Os efeitos da ventilação tornam-se particularmente importante em um incêndio de compartimento totalmente envolvido.

6.3.19.2.1O fluxo de ar sobre carvões ou brasas pode aumentar as temperaturas, e mais calor é transferido à medida que a velocidade do gás quente aumenta. Esses fenômenos podem gerar calor suficiente para quebrar concreto, derreter metais ou fazer buracos nos pisos. Se um edifício queimar extensivamente e desmoronar, as brasas nos detritos podem produzir buracos nos pisos. Uma vez que um buraco é feito, o ar pode fluir através do buraco e a taxa de queima pode aumentar. A interpretação cuidadosa desses padrões deve ser exercida, pois eles podem ser confundidos com padrões originados de líquidos inflamáveis.

6.3.19.2.2 Quando uma porta é fechada em um compartimento envolvido pelo fogo, gases quentes (sendo mais leves) podem escapar pelo espaço na parte superior da porta fechada, resultando em carbonização. O ar frio pode entrar no compartimento na parte inferior da porta, como na Figura 6.3.19.2.2(a). Em um incêndio de sala totalmente desenvolvido, onde os gases quentes se estendem até o piso, os gases quentes podem escapar sob a porta e causar carbonização sob a porta e possivelmente através da soleira, como na Figura 6.3.19.2.2(b). A carbonização também pode ocorrer se detritos incandescentes caírem contra a porta por dentro ou por fora, como na Figura 6.3.19.2.2(c). Líquidos inflamáveis queimando sob portas de madeira podem causar carbonização das portas.

Δ **6.3.19.2.3**A ventilação da sala tem um efeito significativo no crescimento e na taxa de liberação de calor de um incêndio e, por esse motivo, afeta muito a formação de padrões.

•

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

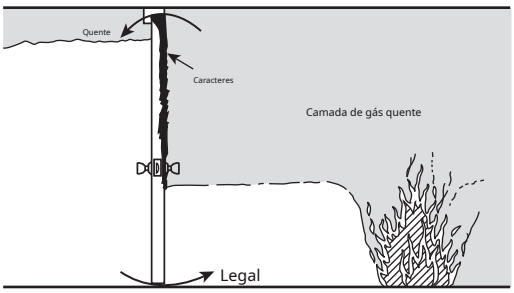


FIGURA 6.3.19.2.2(a) **Fluxo de ar ao redor da porta.**

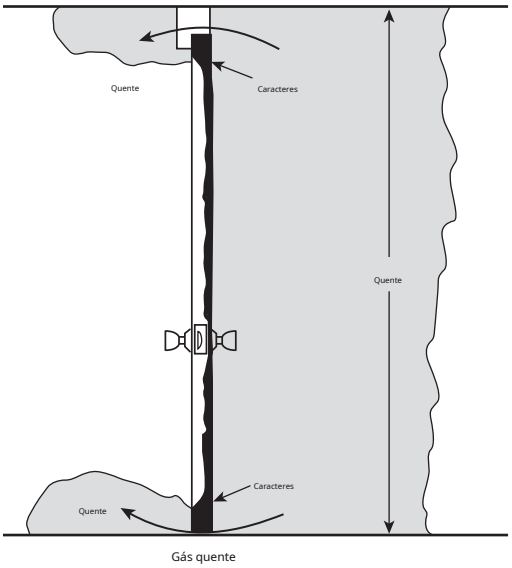


FIGURA 6.3.19.2.2(b) **Gases quentes sob a porta.**

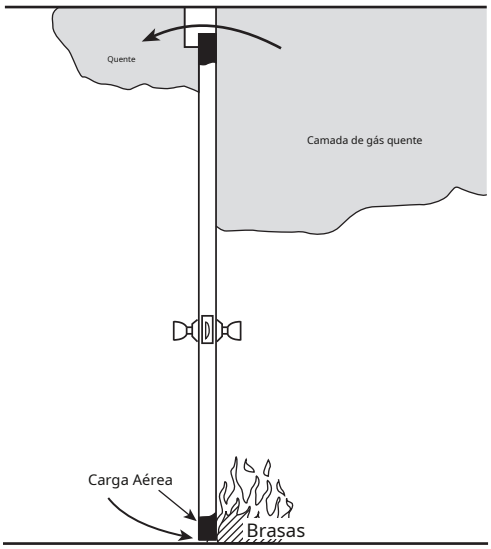


FIGURA 6.3.19.2.2(c) Brasas Brilhantes na Base da Porta.

6.3.19.2.4 Além de afetar a intensidade do fogo, a ventilação pode afetar a localização, forma e magnitude dos padrões de fogo. Onde a ventilação de ar fresco está disponível para um incêndio, é comum encontrar efeitos de dano localmente pesados em itens combustíveis próximos à abertura de ventilação. Esses padrões podem não indicar um ponto de origem. Por outro lado, a redução do oxigênio disponível em áreas distantes das aberturas de ventilação pode retardar ou encerrar a queima em um incêndio no compartimento.*(Consulte a Figura 6.3.19.2.4.)*

6.3.19.2.5*Os padrões gerados pela ventilação não estarão necessariamente confinados às superfícies próximas à abertura de ventilação. Os padrões podem se desenvolver em qualquer lugar em um compartimento totalmente envolvido, onde a fumaça rica em combustível pode se misturar com um suprimento de ar fresco e queimar. Tais padrões podem ser vistos, por exemplo, em uma parede oposta a uma abertura de porta. Em incêndios em compartimentos, os efeitos da ventilação na geração de padrões e danos devem ser cuidadosamente considerados tanto para seus impactos positivos (queima aumentada) quanto negativos (queima reduzida).

N **6.3.19.2.6**As características dos danos relacionados com os padrões gerados pela ventilação durante as condições controladas pela ventilação são grandes áreas de danos superficiais, maior magnitude dos danos, danos encontrados perto de juntas de drywall não vedadas e linhas de demarcação angulares localizadas ao redor da abertura de ventilação ou diretamente opostas à uma porta se abrindo. As condições de combustível controlado não tiveram nenhum dano associado às aberturas de ventilação.

N **6.3.19.2.7**Estudos de padrão de incêndio revelam que a ventilação raramente causa qualquer dano significativo durante condições controladas por combustível. No entanto, a ventilação torna-se uma das influências mais proeminentes de danos quando o compartimento passa para condições controladas por ventilação. É necessária a presença de uma abertura de ventilação. As aberturas das portas para o exterior foram identificadas como as mais influentes para os danos. As características de danos comuns para danos gerados pela ventilação incluem o seguinte:

(1) Aumento da área e magnitude do dano dentro do fluxo de ar da abertura
(2) Aumento da área e magnitude do dano em frente à abertura
(3) Maior magnitude de dano em torno da abertura



FIGURA 6.3.19.2.4 Padrão de queima limpo devido à ventilação ao redor da janela quebrada.

Copyright Nacional F ire Prote t Associação de ions
Fornecido por IHS Ma k isso não der ição com NFPA

(4) Quatro linhas de demarcação em ângulo, emanadas da abertura de ventilação
(5) Aumento da área e magnitude do dano sob a janela

(6) Aumento da área e magnitude dos danos em torno das costuras de gesso cartonado

6.3.19.3 Padrões Gerados pela Camada de Gás Quente. O fluxo radiante da camada de gás quente pode danificar as superfícies superiores do conteúdo e dos materiais de revestimento do piso. Esse processo geralmente começa quando o ambiente dentro da sala se aproxima das condições de flashover. Danos semelhantes às superfícies do piso devido ao calor radiante ocorrem frequentemente em espaços adjacentes imediatamente fora de salas totalmente envolvidas pelo fogo. Danos ao piso do corredor e varandas são exemplos. As superfícies protegidas não podem apresentar danos. Neste momento do desenvolvimento do fogo, uma linha de demarcação representando a menor extensão da camada de gás quente pode se formar em superfícies verticais. O grau de dano geralmente será uniforme, exceto onde houver queda, onde houver queima de itens isolados que são facilmente incendiados ou onde houver áreas protegidas. *[Consulte a Figura 6.3.19.3(a) até a Figura 6.3.19.3(c).]*

N **6.3.19.3.1** As características destiladas da literatura são que os padrões gerados pela camada de gás quente terão linhas de demarcação de nível com magnitude de dano relativamente uniforme, a menos que a camada superior esteja fluindo para fora de um compartimento e, nesse caso, as linhas de demarcação serão inclinadas em direção à superfície. abertura.

N **6.3.19.3.2** Os estudos de padrão de incêndio revelaram que os danos na camada superior são muito difíceis de identificar após o incêndio ter transitado para condições controladas por ventilação. A presença de um intradorso e o tamanho de uma abertura influenciam a profundidade do dano dentro do compartimento; no entanto, como o compartimento se aproxima do envolvimento de toda a sala, os danos começam a ocorrer em elevações mais baixas em todas as superfícies. Esse dano começa a obscurecer algumas das linhas anteriores de demarcação da camada superior. As características de dano identificadas para danos gerados na camada superior incluem o seguinte:

(1) Danos em altitude elevada nas superfícies das paredes
(2) Magnitude uniforme do dano
(3) Aumentar as linhas de demarcação saindo das aberturas de ventilação
(4) Linhas de demarcação de nível ao longo de todas as superfícies da parede



FIGURA 6.3.19.3(a) **Linha de Demarcação da Camada de Gás Quente Acima Da Prateleira.**



FIGURA 6.3.19.3(b) **Linha de Demarcação da Camada de Gás Quente Perto Da Janela.**



FIGURA 6.3.19.3(c) Linha de Demarcação da Camada de Gás Quente em Ambos os Lados do Corredor.

Δ **6.3.19.4 Envolvimento de Sala Cheia – Padrões Gerados.** Se um incêndio progredir para o envolvimento total da sala *(veja 5.10.2.1 a 5.10.2.8)*, os danos encontrados em níveis baixos na sala até e incluindo o piso podem ser mais extensos devido aos efeitos do fluxo radiante e do calor convectado da camada de gás quente descendente e à contribuição de um número crescente de pacotes de combustível em chamas. O fluxo de calor radiante tem o maior impacto em superfícies com uma "visão" direta da camada de gás quente. À medida que a camada de gás quente desce ao nível do chão, os danos aumentam significativamente. Os danos podem incluir carbonização da parte inferior de móveis, queima de carpetes e revestimentos de piso sob móveis.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

tura e nos cantos, queima de rodapés e queima na parte inferior das portas. O envolvimento total da sala pode resultar em buracos queimados no carpete e nos revestimentos do piso. Devem ser considerados os efeitos das áreas protegidas e da desordem do piso nos padrões de baixa queima. Embora o grau de dano aumente com o tempo, as condições extremas do envolvimento da sala cheia podem produzir grandes danos em poucos minutos, dependendo da ventilação e dos combustíveis presentes.

6.3.19.5 Padrões Gerados por Supressão. Água ou outro agentes usados para supressão de incêndio são capazes de produzir ou alterar padrões. Os fluxos de mangueira são capazes de alterar a propagação do fogo e criar danos de fogo em locais onde o fogo não se moveria na ausência do fluxo de mangueira. Além disso, as operações de ventilação do corpo de bombeiros podem influenciar os padrões de incêndio. Alguns corpos de bombeiros usam ventiladores de ventilação com pressão positiva (PPV) que podem criar padrões que podem ser difíceis de interpretar, principalmente se o investigador não estiver ciente do uso do PPV. O histórico dos padrões gerados pela supressão só pode ser entendido através da comunicação com o pessoal responsável pela supressão de incêndio.*[Consulte a Figura 6.3.19.5(a), Figura 6.3.19.5(b) e Figura 6.3.19.5(c).]*

N 6.3.19.5.1 Muitos dos fatores de supressão não necessariamente desenvolveriam novos padrões com características únicas. Por exemplo, a localização da entrada do corpo de bombeiros, o uso de ventilação de pressão positiva e a mudança de ventilação na chegada devem resultar em padrões de incêndio semelhantes aos padrões de incêndio gerados por ventilação. O único ponto de discórdia seria então a maneira e a razão pela qual a abertura de ventilação foi criada. Finalmente, uma área de cor branca cercada por áreas de fuligem não deve ser classificada como uma área de queimadura limpa até que seja realizado um exame mais detalhado.



FIGURA 6.3.19.5(a) Padrões Gerados por Supressão com Fluxo de Mangueira.



FIGURA 6.3.19.5(b) Padrão no teto criado pela mangueira Fluxo.



FIGURA 6.3.19.5(c) Padrão na parede criado pelo fluxo de mangueira.

N 6.3.19.6 Padrões Gerados Indeterminados. Se a geração do padrão de incêndio não puder ser determinada de forma conclusiva, então o padrão de incêndio é anotado como indeterminado. Há momentos em que o investigador não consegue discernir o que causou o padrão de incêndio devido à gravidade dos danos causados pelo fogo ou devido a muitas variáveis conflitantes que podem ser atribuídas a mais de uma causa.

Δ 6.3.20 Geometria Padrão. Vários padrões com geometria ou forma distinta são criados pelos efeitos da exposição ao fogo e à fumaça nos materiais e conteúdos da construção. Para identificá-los para discussão e análise, eles foram descritos em campo por termos indicativos de suas formas. Embora esses termos geralmente não se relacionem com a maneira pela qual o padrão foi formado, a natureza descritiva da terminologia torna os padrões fáceis de reconhecer. A discussão a seguir se referirá a padrões por nomes comuns e fornecerá algumas informações sobre como eles foram formados e como podem ser interpretados. Como a interpretação de todos os padrões de incêndio possíveis não pode ser atribuída diretamente à pesquisa científica, o usuário deste guia é advertido de que interpretações alternativas de um determinado padrão são possíveis. Além disso,

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Δ **6.3.20.1 Padrões de V em Superfícies Verticais.**

N **6.3.20.1.1 Observações de Padrões em V em Superfícies Verticais.** O padrão V geralmente aparece como linhas de demarcação (*ver 6.3.18.1.3*)definindo os limites dos efeitos do fogo como mostrado na Figura 6.3.20.1.1(a) até a Figura 6.3.20.1.1(c).

N **6.3.20.1.2 Dinâmica do Fogo no Desenvolvimento do Padrão V.**As plumas de fogo podem criar linhas angulares de demarcação em superfícies verticais próximas, muitas vezes na forma de um V. O padrão em forma de V é criado por danos térmicos da chama ou pluma de fogo frequentemente criada por um objeto em chamas próximo à vertical superfícies, calor convectivo ou irradiado de gases quentes de incêndio ou fumaça dentro da pluma de incêndio.

Δ **6.3.20.1.2.1**O ângulo do padrão em forma de V depende de várias variáveis, incluindo o seguinte:

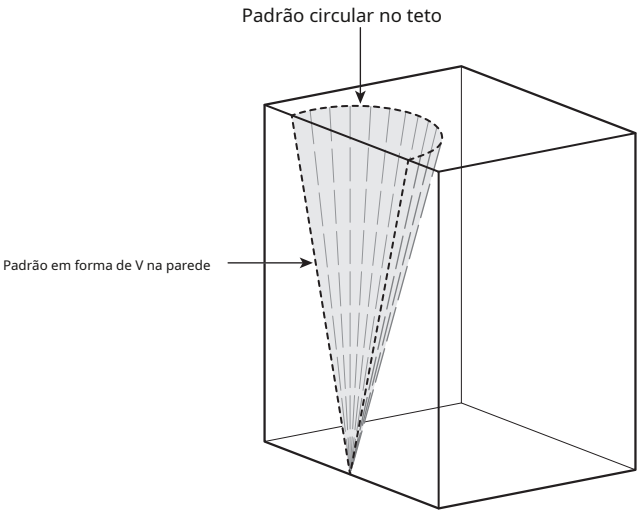


FIGURA 6.3.20.1.1(a) Formação Idealizada do Padrão V e Padrão Circular.

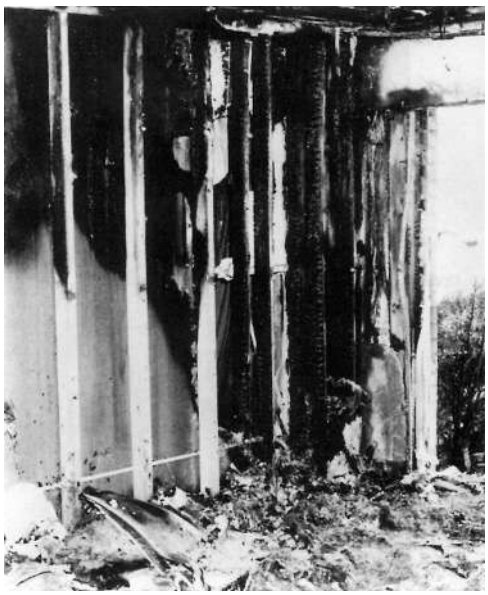


FIGURA 6.3.20.1.1(b) Padrão em V mostrando parede e madeira Dano do Stud.



FIGURA 6.3.20.1.1(c) Padrão em V na Parede Acima do Fogão.

(1) Taxa de liberação de calor (HRR)
(2) Geometria do combustível
(3) Efeitos da ventilação
(4) Combustibilidade da superfície na qual o padrão aparece

(5) Presença de superfícies horizontais, como tetos, prateleiras, tampos de mesa ou a construção saliente no exterior de um edifício

N **6.3.20.1.3 Limitações.** O investigador é avisado de que um V a forma não está necessariamente associada à origem do incêndio, pois também podem ser criadas devido a áreas protegidas de conteúdos, combustão devido a caminhos de fluxo de ventilação e queda. O ângulo das bordas do padrão V não indica a velocidade de crescimento do fogo ou a taxa de liberação de calor do combustível sozinho – ou seja, um V largo não indica um fogo de crescimento lento (“lento”) e um V estreito não indica um incêndio de crescimento rápido (“rápido”).

6.3.20.1.4O ângulo das bordas do padrão V não indica a velocidade de crescimento do fogo ou a taxa de liberação de calor do combustível sozinho; isto é, um V largo não indica um fogo de crescimento lento (“lento”) e um V estreito não indica um fogo de crescimento rápido (“rápido”).

Δ **6.3.20.2 Padrões de Cone Invertido (Triangular).**

N **6.3.20.2.1 Observações de Padrões de Cone Invertido (Triangular).**Uma pluma de chama curta queimando perto de uma superfície vertical que não possui HRR suficiente pode criar linhas de demarcação angulares em um padrão na forma de um triângulo. A forma bidimensional característica é triangular com a base na parte inferior.*[Consulte a Figura 6.3.20.2.1(a) até a Figura 6.3.20.2.1(d).]*

6.3.20.2.2 Dinâmica do Fogo de Padrões de Cone Invertido. Invertido cones são comumente causados pelas plumas de chama verticais não atingindo o teto. Padrões de cones invertidos são manifestações de incêndios HRR relativamente baixos.

6.3.20.2.3 Padrões de Cone Invertido com Gás Natural.A queima de vazamento de gás natural tende a produzir padrões de cone invertido, especialmente se o vazamento ocorrer abaixo do nível do piso e escapar acima na interseção do piso com uma parede, como na Figura 6.3.20.2.3. A queima subsequente muitas vezes não atinge o teto e é manifestada por uma forma característica de padrão de cone invertido triangular.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

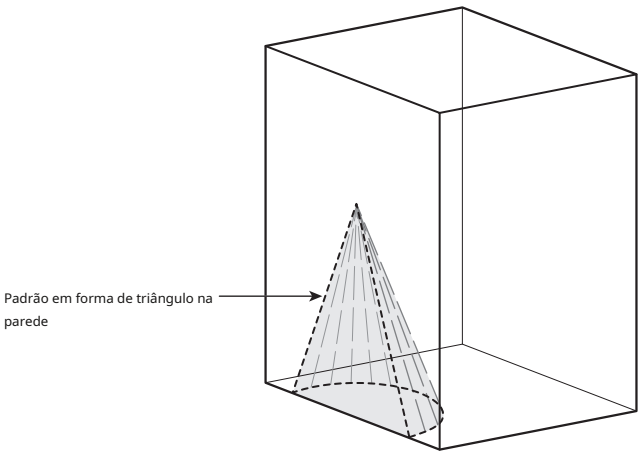


FIGURA 6.3.20.2.1(a) Formação Idealizada de um Padrão de Cone Invertido.



FIGURA 6.3.20.2.1(b) Padrão de Cone Invertido Produzido por Queimando uma pequena pilha de jornais.



FIGURA 6.3.20.2.1(c) Padrão de Cone Invertido.



FIGURA 6.3.20.2.1(d) Padrão de Cone Invertido Criado por Falldown.

6.3.20.2.4 Limitações. Padrões de cones invertidos foram interpretado como prova de incêndios líquidos inflamáveis, mas qualquer fonte de combustível (vazamento de gás combustível, combustíveis Classe A, etc.) padrões.

6.3.20.3 Padrões de Ampulheta. A pluma é uma zona de gás quente em forma de V com uma zona de chama em sua base. A zona de chama tem a forma de um V invertido. Quando a zona de gás quente cruza uma superfície vertical, o padrão V típico é formado. Se o fogo em si estiver muito próximo ou em contato com a superfície vertical, o padrão resultante mostrará os efeitos da zona de gás quente e da zona de chama juntas como um grande V acima de um V invertido. O V invertido geralmente é menor, podendo apresentar queima mais intensa ou queima limpa. O padrão geral resultante é chamado de ampulheta. *(Consulte a Figura 6.3.20.3.)*

6.3.20.4 Padrões em forma de U. Os padrões em U são semelhantes aos padrões em V com ângulos mais acentuados, mas exibem linhas de demarcação suavemente curvas e vértices inferiores curvos em vez de angulados. *[Ver Figura 6.3.20.4(a) e Figura 6.3.20.4(b).]* As linhas mais baixas de demarcação dos padrões U são geralmente mais altas do que as linhas mais baixas de demarcação dos padrões V correspondentes que estão mais próximos da fonte de calor.

6.3.20.5 Padrões em Forma Circular. Padrões na parte inferior de superfícies horizontais, como tetos, tampos de mesa e prateleiras, podem aparecer em formas aproximadamente circulares. Quanto mais longe a fonte de calor estiver da parede, mais circulares serão os padrões.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com



FIGURA 6.3.20.2.3 Padrão de Cone Invertido Alimentado por Vazamento de Gás Natural Abaixo do Nível do Piso.



FIGURA 6.3.20.3 Padrão Ampulheta.

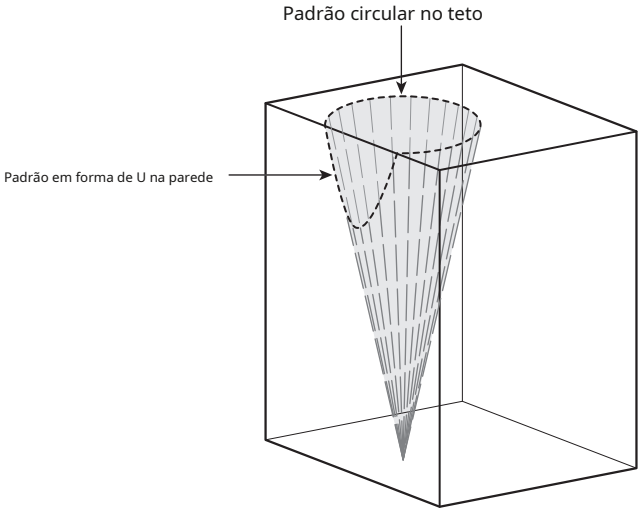


FIGURA 6.3.20.4(a) Formação Idealizada do Padrão em Forma de U.



FIGURA 6.3.20.4(b) Padrão em forma de U no painel de parede e pinos.

aparecer. Porções de padrões circulares podem aparecer na parte inferior das superfícies que bloqueiam parcialmente os gases aquecidos ou plumas de incêndio. Essa aparência pode ocorrer quando a borda da superfície que recebe o padrão não se estende o suficiente para mostrar todo o padrão circular ou quando a borda da superfície é adjacente a uma parede. Dentro do padrão circular, o centro pode apresentar mais degradação pelo calor, como carbonização mais profunda. Ao localizar o centro do padrão circular, o investigador pode encontrar uma pista valiosa para a fonte de maior aquecimento, imediatamente abaixo.

Δ **6.3.20.6 Padrões de Cone Truncados.** Padrões de cone truncados, também chamados de plumas truncadas, são padrões de fogo tridimensionais exibidos em superfícies horizontais e verticais. *[Consulte a Figura 6.3.20.6(a) até a Figura 6.3.20.6(c).]* É a interseção ou truncamento da pluma natural em forma de cone ou ampulheta por essas superfícies verticais e horizontais que faz com que os padrões sejam exibidos. Muitos padrões de fogo, como padrões V, padrões U, padrões circulares, estão relacionados diretamente ao cone tridimensional de calor criado pelo fogo.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

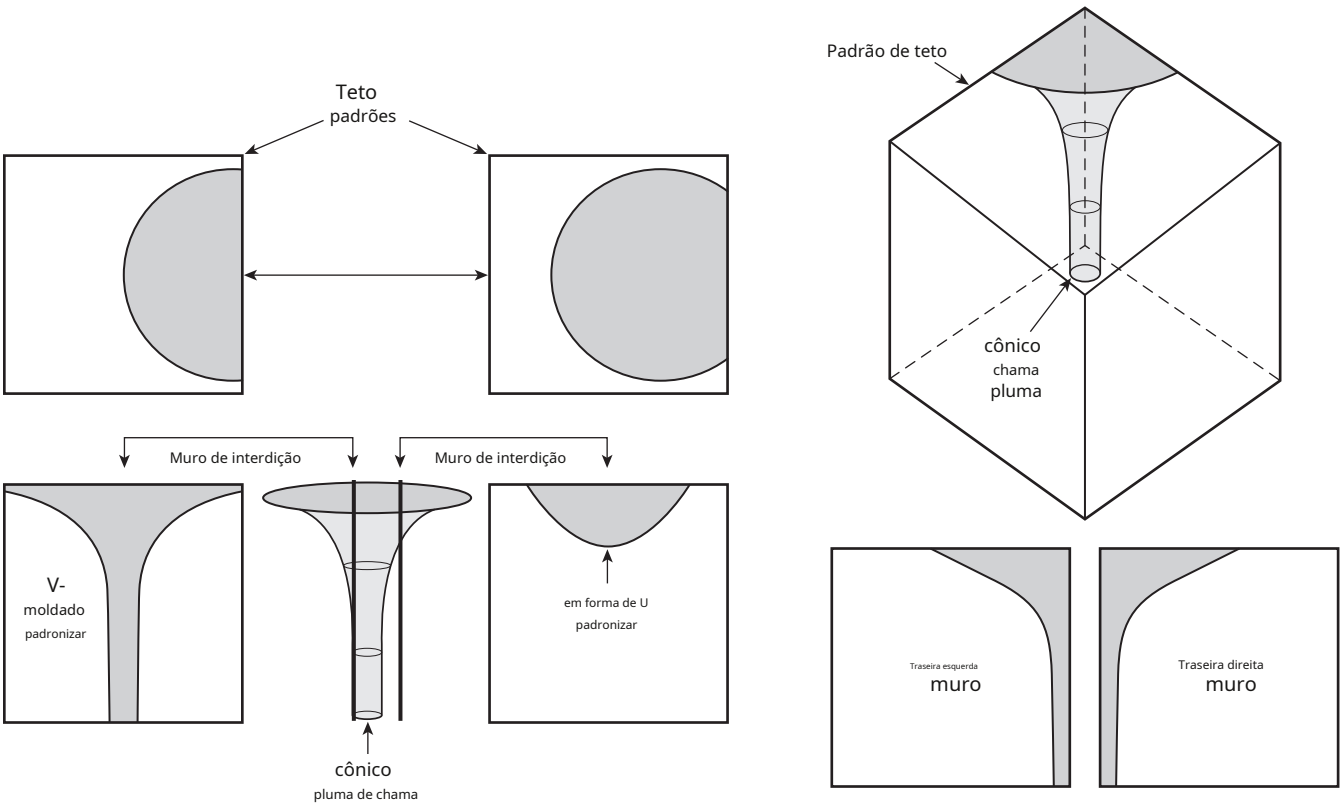


FIGURA 6.3.20.6(a) Formação de padrão de cone truncado idealizado.

6.3.20.6.1 Devido à entrada de ar, a largura do cone de pluma aumenta com o aumento da altura. Quando a pluma de incêndio encontra uma obstrução ao seu movimento vertical, como o teto de uma sala, os gases quentes se movem horizontalmente. Os danos térmicos em um teto geralmente se estendem além da área circular atribuída a um "cone truncado" devido a esse movimento horizontal. O padrão de cone truncado combina padrões bidimensionais, como padrões em forma de V em superfícies verticais, com padrões circulares exibidos em superfícies horizontais. A combinação de mais de um padrão bidimensional em superfícies perpendiculares, verticais e horizontais revela a forma tridimensional da pluma.

6.3.20.7 Padrões Irregulares. Padrões irregulares são comuns em situação s de pós-flashover co ndições, longa extin guindo vezes, ou colapso do edifício. Estes Os padrões podem resultar f do efeitos o f gases quentes, inflamando um nd detritos fumegantes, derretido plásticos, or líquidos inflamáveis. Cocû quidos inflamáveis de led banho de chapéu em flu anel ou revestimento de piso m t ateriais, bem como mel s. ted pla- tique pode p roduzir padrão irregular d por Esses padrões podem ser também ser produzir aquecimento localizado o detritos de fogo caídos. *[See Figura 6.3.20.7(a) e Figura 6.3.20.7(b).]*

6.3.20.7.1 As linhas de demarcação entre os danificados e áreas não danificadas de padrões irregulares variam de bordas afiadas a gradações suaves, dependendo das propriedades do o material e a intensidade da exposição ao calor. Matéria mais densa também gosto de o k piso vai geralmente han y mostrar linhas mais f demar- cátion t polímero (por exemplo, nylo nítidas) carpete. As linhas do cia de um tapete pad muitas vezes leva a abdome.



FIGURA 6.3.20.6(b) Padrão de cone truncado exibido em Paredes Perpendiculares.

Δ6.3.20.7.2 Padrões irregulares, curvos ou "em forma de piscina" em pisos e revestimentos de pisos não devem ser identificados como resultantes de líquidos inflamáveis apenas com base na aparência visual. Em casos de envolvimento total da sala, padrões semelhantes em aparência aos padrões de queima de líquido inflamável podem ser produzidos quando nenhum líquido inflamável está presente.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 6.3.20.6(c) Padrão de cone truncado exibido na parede e porta perpendiculares.

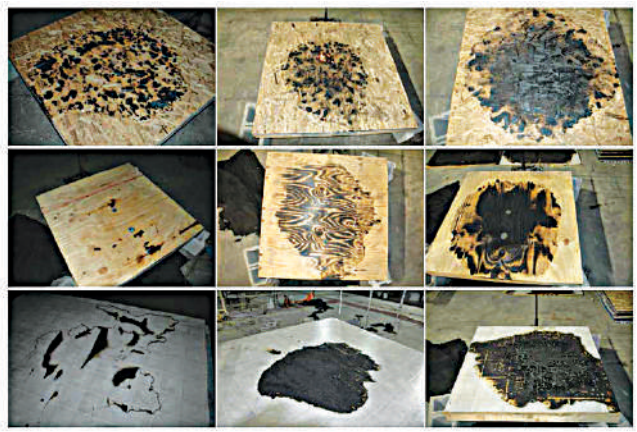


FIGURA 6.3.20.7(a) Comparação de padrões de incêndio resultantes de derramamentos de 0,5 L de três tipos diferentes de combustível em três substratos diferentes. Os combustíveis incluem álcool desnaturado (esquerda), gasolina (centro) e querosene (direita). Os substratos incluem placa de fio orientado (superior), compensado (centro) e vinil (inferior).

6.3.20.7.3 Onde os danos totais do fogo são limitados e pequenos, ou padrões irregulares isolados são encontrados, um exame mais aprofundado deve ser realizado para comprovar a existência de líquidos inflamáveis. *[Consulte a Figura 6.3.20.7.3(a) e a Figura 6.3.20.7.3(b).]* Mesmo nesses casos, o aquecimento radiante pode causar a produção de padrões em algumas superfícies que podem ser interpretados erroneamente como padrões de queima de líquidos. *[Consulte a Figura 6.3.20.7.3(c) até a Figura 6.3.20.7.3(f).]*

Δ **6.3.20.7.4** Se houver suspeita da presença de líquidos inflamáveis, deve-se buscar evidências de apoio na forma de uma análise laboratorial. Deve-se notar que muitos materiais plásticos liberam vapores de hidrocarbonetos quando pirolisam ou queimam. Esses fumos podem ter um odor semelhante ao de produtos petrolíferos e podem ser detectados por indicadores de gás combustível quando nenhum acelerador líquido inflamável foi usado. Uma leitura "positiva" deve levar a uma investigação mais aprofundada e a coleta de amostras para análises químicas mais detalhadas. Deve-se notar que os produtos de pirólise, incluindo hidrocarbonetos, podem ser detectados em análises laboratoriais de detritos de fogo na ausência do uso de aceleradores. Pode ser útil para o laboratório, ao analisar detritos de carpetes, queimar uma parte da amostra de comparação e executar uma análise de espectrometria de massa por cromatografia gasosa em ambas as amostras. Ao comparar os resultados das amostras de comparação queimadas e não queimadas com os da amostra de detritos de incêndio, pode ser possível determinar se os resíduos de hidrocarbonetos na amostra de detritos eram ou não produtos de pirólise ou resíduo de um acelerador.

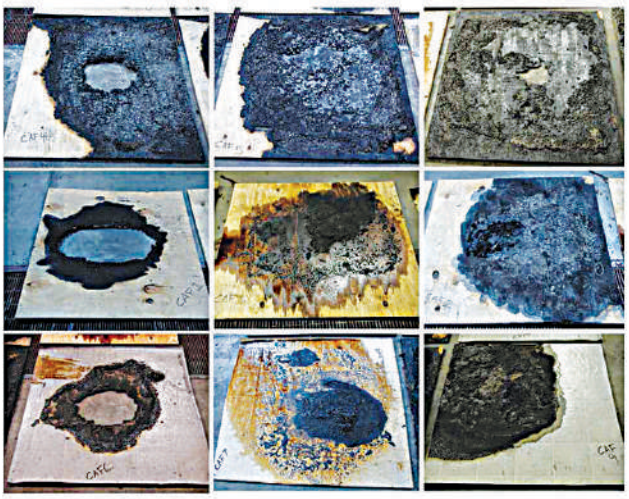
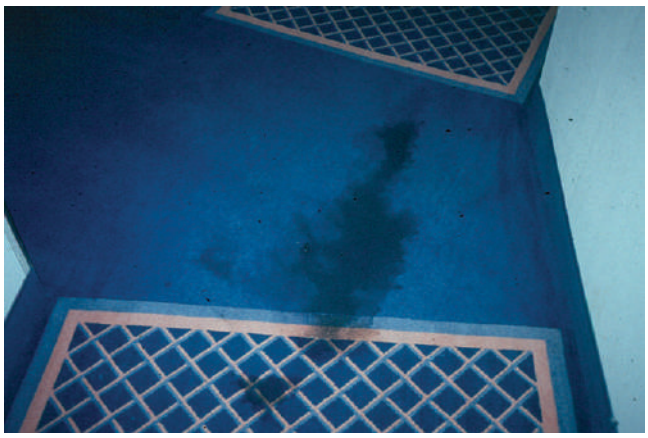


FIGURA 6.3.20.7(b) Comparação de Padrões de Incêndio Resultantes de Três Diferentes Combustíveis Classe A em Três Diferentes Substratos. Os materiais de classe A incluem berço de madeira (esquerda), espuma de poliuretano (centro) e termoplástico (direita). Os substratos incluem carpete (superior), compensado (centro) e vinil (inferior).



FIGURA 6.3.20.7.3(a) Padrões de queima irregulares no piso de uma sala queimada em um incêndio de teste no qual não foram usados líquidos inflamáveis.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



Δ **FIGURA 6.3.20.7.3(b) Padrão de Forma Irregular no Tapete Resultante da Queima de um Líquido Inflamável.**



FIGURA 6.3.20.7.3(c) Padrão de queima "em forma de piscina" produzido por uma caixa de papelão queimando em um piso de parquet de carvalho.

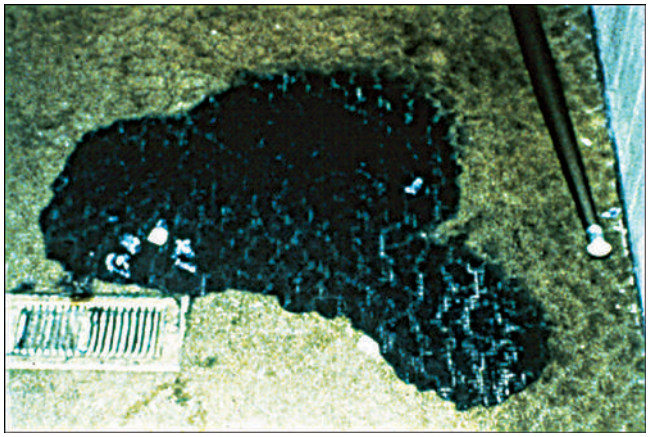


FIGURA 6.3.20.7.3(d) Padrão irregular no tapete.



FIGURA 6.3.20.7.3(e) Teste de queimadura em telhas de vinil.



FIGURA 6.3.20.7.3(f) Padrão irregular criado a partir do teste Queima de jornais em telhas de vinil.

6.3.20.7.5 Limitações. O termo *padrão de despejo* implica que um líquido foi derramado ou distribuído de outra forma e, portanto, é demonstrativo de um ato intencional. Como os padrões de incêndio resultantes da queima de líquidos inflamáveis não são visualmente únicos, o uso do termo padrão de vazamento e referência à natureza do padrão devem ser evitados. O termo correto para este padrão de incêndio é um *padrão de fogo de forma irregular*. A presença de um líquido inflamável deve ser confirmada por análise laboratorial. A determinação da natureza de um padrão irregular não deve ser feita apenas pela interpretação visual do padrão. Consulte a Figura 6.3.20.7.5(a) e a Figura 6.3.20.7.5(b) para exemplos de padrões de incêndio em pisos.

Δ **6.3.20.7.6** Alguns plásticos derretem e sofrem queimaduras do tipo piscina. que exibe um padrão de forma irregular. Quando encontrados em locais inesperados, tais padrões podem ser erroneamente identificados como padrões de líquidos inflamáveis e associados a uma causa de incêndio incendiário. O investigador deve ter o cuidado de identificar adequadamente as fontes de combustível para quaisquer padrões irregulares documentados. *[Ver Figura 6.3.20.7.6(a) e Figura 6.3.20.7.6(b).]*

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 6.3.20.7.5(a) Padrões de Incêndio no Piso Resultante de Incêndio Totalmente Desenvolvido (Pós-Flashover) em Teste de Grande Escala de Queima de Estrutura Residencial. O Piso Era Acarpetado e O Quarto Tinha Mobiliário Residencial Típico; Nenhum líquido inflamável estava presente.



FIGURA 6.3.20.7.5(b) Padrões de fogo no piso de linóleo Resultante de Incêndio Totalmente Desenvolvido (Pós-Flashover) em Teste de Grande Escala de Queima de Estrutura Residencial; Nenhum líquido inflamável estava presente.



FIGURA 6.3.20.7.6(a) Queimaduras de teste não aceleradas demonstrando fusão, gotejamento, acúmulo e queima de colchão de espuma de poliuretano derretido.



FIGURA 6.3.20.7.6(b) Queimaduras de teste não aceleradas demonstrando fusão, gotejamento, acúmulo e queima de estofamento de cadeira estofada derretida.

6.3.20.8 Padrões em Forma de Rosquinha. Um padrão em forma de rosquinha, onde uma área de queimadura de formato irregular circunda uma área menos queimada, pode resultar de um líquido inflamável. Quando um líquido causa esse padrão, mostrado na Figura 6.3.20.8(a), é devido aos efeitos do líquido resfriando o centro da piscina enquanto ela queima, enquanto as chamas no perímetro da rosquinha produzem carbonização da piscina. piso ou revestimento do piso. Quando esta condição for encontrada, um exame mais aprofundado deve ser realizado para comprovar evidências de líquidos inflamáveis, especialmente no interior do padrão. Consulte a Figura 6.3.20.8(b).

6.3.20.9 Padrões Lineares. Padrões que têm formas lineares ou alongadas podem ser chamados *padrões lineares*. Padrões lineares geralmente aparecem em superfícies horizontais.

Δ **6.3.20.9.1 Reboques.** No caso de incêndios incendiários, quando os combustíveis são distribuídos intencionalmente ou "arrastados" de uma área para outra, padrões alongados podem ser visíveis. Esses padrões de incêndio podem ser encontrados ao longo de pisos e outras superfícies horizontais para conectar conjuntos de incêndio separados ou escadas acima, conforme mostrado na Figura 6.3.20.9.1. Os combustíveis usados para reboques podem ser líquidos inflamáveis, sólidos ou combinações destes. Dependendo do tipo de combustível utilizado,

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

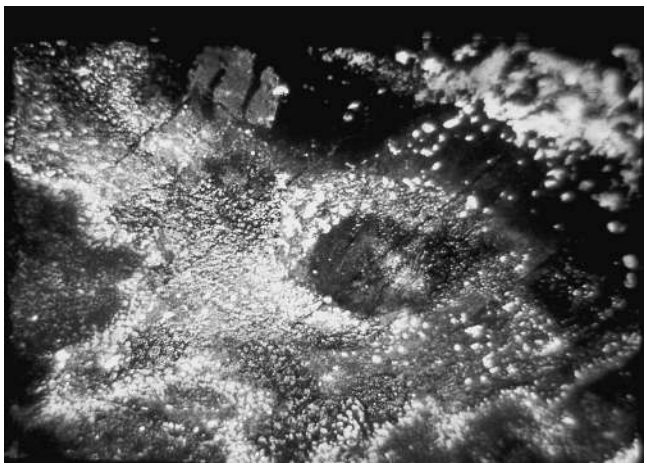


FIGURA 6.3.20.8(a) Fotografia mostrando a formação de padrões de fogo em forma de rosca em carpete. Ilustra como o piso é degradado no perímetro do padrão devido à temperatura elevada da chama, enquanto as temperaturas do piso interno permanecem relativamente frias e o piso permanece intacto devido ao resfriamento evaporativo do combustível líquido que ainda permanece.

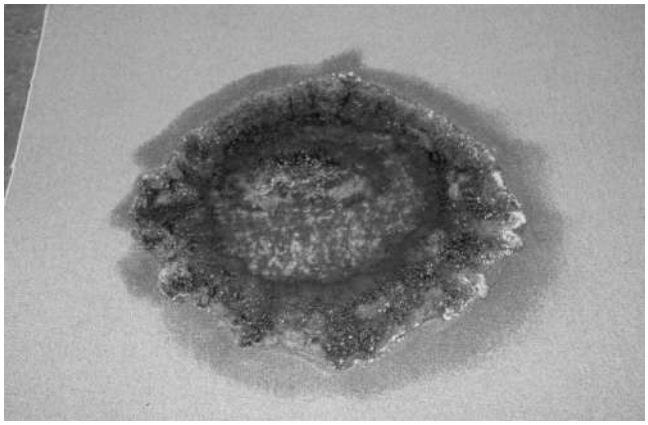


FIGURA 6.3.20.8(b) Padrão de fogo em forma de rosca em carpete.

partes do trailer podem sobreviver ao fogo. *(Veja o discussão de reboques no capítulo 23.)*

Δ **6.3.20.9.2 Áreas de Piso Protegidas.** Muitas vezes, quando a área do piso é limpa de detritos para examinar os danos, padrões longos, largos e retos serão encontrados, mostrando áreas de danos extensos por calor delimitados em cada lado por áreas não danificadas ou menos danificadas. Esses padrões muitas vezes têm sido interpretados como "trailers". Embora isso seja possível, a presença de móveis, estoque, balcões ou armazenamento pode resultar nesses padrões lineares.

6.3.20.9.3 Jatos de Gás Combustível. Jatos de gases combustíveis inflamados, como GLP ou gás natural, podem produzir padrões lineares ou linhas de demarcação, principalmente em superfícies não combustíveis.

N **6.3.20.9.4 Limitações.** Padrões lineares também podem resultar do desgaste do piso e do revestimento do piso devido ao tráfego intenso. Objetos de formato irregular no chão, como roupas ou roupas de cama,



FIGURA 6.3.20.9.1 Reboque saindo da porta em direção ao fundo da fotografia resultante da queima de gasolina no carpete.

também pode fornecer proteção e produzir padrões que podem ser interpretados incorretamente.

6.3.20.10 Padrões de Área. Alguns padrões podem parecer cobrir salas inteiras ou grandes áreas sem qualquer fonte prontamente identificável. Esses padrões geralmente são formados quando os combustíveis que os criam estão acima do limite inferior de inflamabilidade e amplamente dispersos antes da ignição, ou quando o movimento do fogo pelas áreas é muito rápido, como em um incêndio relâmpago.

6.3.20.10.1 Flashover e Envolvimento de Sala Cheia. No curso de uma transição de flashover, o fogo se espalha rapidamente para todos os materiais combustíveis expostos à medida que o fogo progride para o envolvimento total da sala. *(Consulte 5.10.2.6.)* Este processo pode produzir profundidades relativamente uniformes de carvão ou calcinação. Se o fogo terminar antes do envolvimento total da sala, uma queima relativamente uniforme pode ser evidente nas superfícies verticais acima da parte inferior da camada quente. Quando o fogo progrediu para o envolvimento total da sala, o padrão da área pode ser desigual e pode se estender até o chão. A uniformidade descrita nesta seção pode não ser consistente em toda a sala ou espaço. Algumas superfícies expostas podem apresentar pouco ou nenhum dano devido aos efeitos de ventilação ou à localização de móveis ou acessórios que podem evitar carbonização, escurecimento ou descoloração das superfícies da parede e do teto.

6.3.20.10.2 Incêndios Relâmpagos. A ignição de gases ou vapores de líquidos nem sempre causa explosões. A ocorrência de uma explosão depende da localização e concentração dos combustíveis difusos e da geometria, ventilação e resistência da estrutura confinante. *(Consulte a Figura 6.3.20.10.2.)*

6.3.20.10.2.1 Se os combustíveis difusos estiverem próximos do limite inferior de inflamável ou explosivo inferior e não houver explosão, os combustíveis podem queimar como um incêndio repentino e pode haver pouca ou nenhuma queima subsequente. No caso em que o primeiro combustível a ser inflamado é uma mistura difusa combustível-ar, a área de maior destruição pode não coincidir, e geralmente não coincide com a área onde a fonte de calor inflama a mistura. A maior destruição ocorrerá onde o fogo repentino da mistura em chamas encontra uma carga secundária de combustível que é capaz de ser inflamada pela temperatura intensa momentânea na frente da chama.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 6.3.20.10.2 Danos por Incêndio Relâmpago na Embalagem Plástica e Rolo de Papel.

Da mesma forma, uma vez que a ignição secundária ocorre, a dinâmica da propagação do fogo será ditada pelo compartimento e geometria do combustível e as taxas relativas de liberação de calor desses combustíveis secundários. A duração relativamente curta da queima pode ter pouco impacto no flashover no compartimento em comparação com a queima dos combustíveis secundários. Portanto, a determinação da origem de tal incêndio repentino pode ser apoiada por observações precisas de testemunhas e pela análise das potenciais fontes de ignição nas áreas onde o vapor ou gás poderia ter existido. Quando a análise dos padrões de incêndio é o único meio de determinar a origem, o investigador deve estar ciente de que a ignição resultante de combustíveis secundários e o flashover do compartimento podem ter alterado ou obliterado os padrões sutis criados pelo incêndio.

6.3.20.10.2.2A dificuldade em detectar padrões causados por incêndios repentinos é resultado do consumo total de combustível disponível sem elevar significativamente as temperaturas de outros combustíveis. Neste caso, os padrões de incêndio podem ser superficiais e difíceis de rastrear para qualquer ponto específico de ignição como na Figura 6.3.20.10.2.2. Além disso, áreas separadas de queima do gás combustível de bolso podem existir e confundir ainda mais o rastreamento da propagação do fogo.

6.3.20.10.2.3 Queimaduras em sela. As queimaduras de sela são padrões distintos em forma de U ou sela que às vezes são encontrados nas bordas superiores das vigas do piso. Eles são causados pelo fogo queimando para baixo através do piso acima da viga afetada. As queimaduras de sela exibem carbonização profunda e os padrões de fogo são altamente localizados e suavemente curvados. Eles também podem ser criados pelo calor radiante de um material em chamas próximo ao piso, incluindo materiais que podem derreter e queimar no piso (por exemplo, espuma de poliuretano). A ventilação causada por aberturas no piso também pode contribuem para o desenvolvimento desses padrões, mostrados na Figura 6.3.20.10.2.3.

N **6.3.21 Mapeamento de Arco.**O arco de condutores elétricos em um incêndio pode ocorrer quando duas condições são atendidas: (1) há uma diferença de potencial suficiente (tensão) e corrente suficiente disponível para o circuito em questão, e (2) a intensidade do incêndio é severa o suficiente para danificar suficientemente o isolamento elétrico ao longo de um caminho não intencional entre os condutores ou materiais condutores. O mapeamento de arco é a identificação e documentação de padrões de incêndio que constituem o arco de condutores elétricos.

N **6.3.21.1 Interpretação de Dano de Arco.**A propensão para a ocorrência de arco é governada pelos mesmos fatores primários que governam a formação de outros padrões de incêndio relacionados à combustão.

N **6.3.21.2**Danos por arco em um condutor são evidências de que a energia elétrica estava disponível naquele local, e os efeitos do fogo foram suficientes para quebrar o isolamento, resultando em descarga elétrica. (Isso pressupõe que a investigação descartou a possibilidade de que artefatos de arco foram criados antes da ocorrência do incêndio.)

N **6.3.21.3**A disponibilidade de energia elétrica e a gravidade suficiente do incêndio são condições necessárias, mas não suficientes para a ocorrência de arco. Estudos de pesquisa demonstraram que o arco é um evento probabilístico, e sua ocorrência ou não em um determinado local não pode ser computada ou prevista.



FIGURA 6.3.20.10.2.2 Empolamento de verniz na porta e Leve queimadura de cortinas, as únicas indicações do fogo instantâneo de gás natural.



Δ **FIGURA 6.3.20.10.2.3** **Queimadura de sela em uma viga de piso.**

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

6.3.21.3.1 Locais de arco são evidências de que o circuito foi energizado quando o arco ocorreu. No entanto, a ausência de fusão por arco não é uma prova definitiva de que um circuito não foi energizado.

6.3.21.4A presença de fusão por arco em um determinado local não é um indicador do ponto de origem do incêndio. Uma analogia com a carbonização de madeira é útil. Um buraco profundo queimado em um membro de madeira pode ocorrer próximo ao ponto de origem de um incêndio. Mas um buraco profundo em um membro de madeira não é um indicador do ponto de origem de um incêndio.

6.3.21.5A propensão da madeira a apresentar um efeito de carbonização profunda é regida por três fatores principais: (1) a carga de combustível naquela área; (2) a ventilação disponível nessa área; e (3) o tempo que o fogo queimou naquela área. Apenas o último fator tem relação com a origem do incêndio. A propensão dos circuitos elétricos a apresentarem danos por arco é governada por esses mesmos três fatores: carga de combustível, ventilação e duração. A duração da queima só mostraria uma correlação direta com os danos na profundidade do carvão se a carga de combustível e os fatores de ventilação fossem os mesmos em locais diferentes. Mas esta é normalmente uma hipótese contrafactual. De fato, pesquisas nos últimos anos mostraram que a ventilação pode ter um efeito esmagador nos padrões de carbonização da madeira.

6.3.21.6 Vários locais de arco em um circuito.Há uma situação em que sítios de arco documentados podem ser usados para tirar uma conclusão adicional além daquelas citadas anteriormente. Se houver um local de corte de arco em um circuito e outro(s) local(is) de arco a jusante desse local, então o arco no local de corte de arco teve que ocorrer simultaneamente ou após arcos a jusante, uma vez que o arco não pode ocorrer uma vez que a continuidade do circuito é perdida (assumindo que os arcos a jusante não são energizados além do arco de corte).

6.3.21.6.1 Observe que a situação descrita em 6.3.21.6 NÃO é equivalente a concluir que "o arco se move a montante em direção à fonte de energia". Esta última é uma suposição errônea e não apoiada pela ciência. Uma direção só pode ser imputada se houver uma marca de arco de corte e um local de arco a jusante da marca de arco de corte.

6.3.21.6.2 Se houver uma marca de corte de arco e um local de arco a jusante dele, então a direção do envolvimento do fogo ao longo desse circuito pode ser deduzida, uma vez que o dano teve que ocorrer primeiro no local a jusante, depois no local a montante (devido a ao fato de que nenhum arco pode ocorrer além de um ponto onde a energia foi cortada). Este padrão de direção pode ajudar a entender o movimento do fogo, mas não pode por si só estabelecer o ponto de origem do fogo.

6.3.21.7*A pesquisa refuta especificamente o conceito de que os arcos serão mais prevalentes na área de origem, em comparação com outros locais.

6.3.21.8 Em alguns casos, a retroalimentação ou contato com condutores energizados pode permitir a energização de condutores onde os dispositivos de proteção do circuito (disjuntores) operaram para desligar o circuito (desarmado) ou estavam na posição desligada.

6.3.21.9A fiação de construção em alguns locais/países usa uma abordagem de anel em vez do uso doméstico comum na América do Norte. Em tais edifícios, pode não ser possível determinar se os locais dos arcos estão eletricamente a montante ou a jusante um do outro.

6.3.21.10* Procedimento de Mapeamento de Arco.

6.3.21.10.1O mapeamento de arco envolve vários processos, incluindo identificação de arco, conforme discutido em 6.3.21.10.2. Os sítios de arco primeiro precisam ser encontrados e depois documentados. Existem várias maneiras de fazer este trabalho, mas todas buscam desenvolver relações entre a localização dos próprios arcos, bem como a relação dos arcos com outras evidências, como fontes de ignição, na cena do incêndio. Dependendo dos requisitos, algumas cenas de incêndio podem ser mapeadas apenas parcialmente ou o mapeamento de arco pode ser aplicado apenas a uma peça específica do equipamento.

6.3.21.10.1.1 Se um mapa de arco completo não for realizado nas áreas danificadas pelo fogo (ou seja, partes do edifício ou partes de condutores não forem examinadas), as conclusões tiradas do mapeamento de arco serão limitadas à área que foi realmente examinada. Locais não observados podem incluir grampos atrás ou onde os condutores passam por orifícios em pinos para que toda a circunferência não possa ser examinada.

6.3.21.10.2Não é necessário um engenheiro elétrico para realizar o mapeamento do arco. O mapeamento de arco é fundamentalmente o reconhecimento de padrões, que os investigadores de incêndio realizam rotineiramente em outras áreas de investigação de incêndio. Em alguns casos, no entanto, um engenheiro elétrico pode ser necessário para o cálculo da corrente de curto-circuito disponível ou atividades de rastreamento de circuito, mas isso não é necessariamente necessário para mapeamento de arco realizado para determinação de origem. Da mesma forma, um metalúrgico pode ajudar a determinar se uma determinada anomalia do condutor é o resultado de um arco, conforme discutido nos procedimentos de confirmação de marca de arco discutidos em 6.3.21.10.3.

6.3.21.10.3 Localizando Marcas de Arco.

6.3.21.10.3.1 Marcas de arco podem ser encontradas em condutores, em conduítes e em superfícies aterradas ou superfícies de um potencial diferente. Em alguns casos, o arco pode envolver material que normalmente não é considerado um condutor elétrico típico. Grandes marcas de arco através do conduíte podem ser observadas particularmente quando envolvem tensões e correntes de falta mais altas associadas à distribuição elétrica dentro de uma grande planta ou prédio comercial. A energia de tais circuitos, ainda considerada de baixa tensão (<600 V) sob *NFPA 70* (*NEC*), pode fornecer energia suficiente para danos substanciais a condutores e conduítes. Estes podem fornecer bons locais de ataques de calor iniciais ao conduto, examinando o conduto em busca de espiráculos onde a energia dissipada é suficiente para derreter o conduto. As bolhas geralmente são grandes o suficiente para serem facilmente vistas durante um exame completo do conduto. A presença de um espiráculo no conduíte é indicativa de arco, mas a ausência de espiráculos não indica a ausência de arco. Um levantamento de conduíte que procura por bolhas não é mapeamento de arco. Alguns danos no conduíte que parecem ser um espiráculo podem, na verdade, ser o resultado de ligas ou efeitos externos.

6.3.21.10.3.2 Condutores e conduítes requerem uma exame para localizar as marcas do arco. Um exame adequado requer acesso visual e tátil a toda a circunferência do conduíte ou condutor. Além disso, o exame requer iluminação brilhante e orientada para a tarefa. O método de exame mais usado envolve passar as mãos levemente enluvadas ao longo do comprimento do sujeito do exame enquanto usa iluminação brilhante e oblíqua para observar visualmente as sombras projetadas pela fonte de luz. Esta entrada sensorial fornece duas entradas para auxiliar na localização de anomalias. Como marcas de arco tão pequenas quanto 1 mm têm

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

documentado, é importante que o examinador tenha acesso total e imediato a toda a circunferência do sujeito.

N **6.3.21.10.3.3**Em alguns casos, a determinação afirmativa se uma determinada anomalia do condutor é uma marca de arco não pode ser feita em campo. Nesses casos, a marca deve ser identificada, localizada e tratada como se fosse um local de arco até que uma nova determinação possa ser feita.

N **6.3.21.10.3.4**Para condutores em eletroduto, é necessário retirar os condutores do eletroduto para realizar o exame. Neste caso, as seções do condutor devem ser mantidas na mesma orientação que o conduíte. Eles podem ser dispostos ao lado do conduíte para que possam ser feitas comparações entre quaisquer locais de interesse e o conduíte.

N **(UMA)**Manter a orientação também ajuda a documentar quaisquer descobertas. É necessário ter cuidado ao remover condutores do conduíte, pois os condutores podem estar aderidos ao conduíte em um local de arco ou como resultado de corrosão. Além disso, condutores frágeis podem quebrar durante a remoção. Após a remoção dos condutores do conduíte, eles devem ser cuidadosamente examinados conforme descrito em 6.3.21.10.3.2.

N **(B)**A retenção dos condutores pode ser realizada usando braçadeiras de arame e prendendo-as ao conduíte de onde foram removidas ou, se sua ductilidade permitir, enrolando-as em uma bobina.

N **6.3.21.10.3.5**A remoção de isolamento solto e material similar é aceitável para visualizar os condutores. Devido à dureza relativamente baixa do cobre, deve-se tomar extremo cuidado ao usar ferramentas mais duras, como alicates de aço. Ferramentas não prejudiciais, como escovas de nylon e espetos de bambu, podem ser usadas para a remoção deste material com risco relativamente pequeno de danos ao cobre.

N **6.3.21.10.3.6**Um equilíbrio pode ser alcançado entre a tentativa de fornecer informações em campo para a equipe que tenta discernir a origem e a necessidade de colocar os condutores no ambiente apropriado para o exame adequado. Isso pode exigir marcação para que os condutores possam ser removidos e examinados posteriormente, mantendo a orientação apropriada em relação à cena ou ao circuito.

N **6.3.21.10.4 Documentação do Dano.**

N **6.3.21.10.4.1**Documentar os locais de arco pode exigir atividades diferentes dependendo da finalidade para a qual o mapeamento de arco ocorre. Se o mapeamento do arco estiver sendo feito para fins de determinação da origem, é provável que a localização física do arco no edifício e sua relação com potenciais fontes de ignição e combustíveis sejam importantes e, portanto, possam ser observadas. Em outros casos, um propósito mais limitado para o mapeamento de arco refere-se a determinar se o arco ocorreu dentro ou fora de um equipamento. Em ambos os casos, algum tipo de desenho ou notação é provavelmente necessário.

N **6.3.21.10.4.2**Na maioria dos casos, os melhores dados incluem "ambos os lados do local do arco" ou o "mate do local do arco". Isso significa que o lado do condutor não aterrado e o lado ou lados aterrados estão localizados para demonstrar o circuito completo relacionado à falha e as marcas de local restantes. Identificar as duas ou mais marcas associadas à falha aumenta a probabilidade de que uma marca de arco verdadeiro tenha sido identificada. Ambos os “lados” do local do arco devem ser fotografados. Tal como acontece com outras documentações, isso deve incluir fotos de visão geral e close-up.

N **6.3.21.10.4.3**Embora nem sempre seja possível devido ao colapso e outros danos aos circuitos, a documentação também deve incluir a identificação do circuito em que foi encontrado. Isso pode ser facilitado marcando em desenhos de construção ou usando ferramentas de levantamento ou técnicas semelhantes para localizar as marcas.

N **6.3.21.10.4.4**No caso de uma parte do condutor ser removida e retida, ela deve ser documentada da mesma forma que outras provas. Deve-se tomar cuidado para evitar danos adicionais aos condutores através de uma embalagem adequada. A limpeza da superfície da seção removida não deve ocorrer até que o exame completo por todas as partes tenha ocorrido.

N **6.3.21.10.4.5**A limpeza de superfície típica pode envolver o uso de detergentes suaves e limpadores ultrassônicos. Quando isso ocorre, a marca do arco deve ser documentada antes e depois da limpeza para documentar as alterações.

N **6.3.21.10.4.6**Marcas que não sejam de arco também devem ser documentadas. Estes podem ser capturados fotograficamente. Em alguns casos, pode ser útil tomar amostras como documentação das observações não-arco. O cobre fundido pode ajudar a entender as distribuições de temperatura dentro do compartimento. A documentação dos locais de cobre derretido pode ser útil para entender o cenário de incêndio.

N **6.3.21.10.4.7**Onde os condutores podem ser rastreados até o painel, a condição da proteção do circuito (ligada, desligada, desarmada) deve ser documentada.

N **6.3.21.10.4.8**A ausência de fusão por arco pode ser uma evidência importante e deve ser observada para que fique claro que a área em particular foi examinada, mas que nenhum local de arco foi encontrado. As fotos de progresso, assim como a fotografia durante a remoção de camadas, podem ajudar a documentar essas descobertas.

6.3.22 Padrões de ponteiro e seta. Esses padrões de fogo podem estar em uma série de elementos combustíveis, como vigas de parede de madeira cujo revestimento de superfície foi destruído pelo fogo. A direção do fogo espalhado ao longo de uma parede pode muitas vezes ser identificada e rastreada em direção à sua fonte por um exame das alturas relativas e formas queimadas das vigas da parede deixadas após um incêndio. Em geral, pinos mais curtos e mais carbonizados estarão mais próximos de uma fonte de calor do que pinos mais altos. As alturas dos pinos restantes aumentam à medida que a distância de uma fonte de fogo aumenta. A diferença de altura e gravidade da carbonização pode ser observada e documentada, conforme mostrado na Figura 6.3.22.

6.3.22.1A forma da seção transversal dos pinos tenderá a produzir “setas” apontando para a área geral da fonte de calor. Isso é causado pela queima dos ângulos agudos das bordas dos pinos nas laterais em direção à fonte de calor que os produz, conforme mostrado na Figura 6.3.22.1.

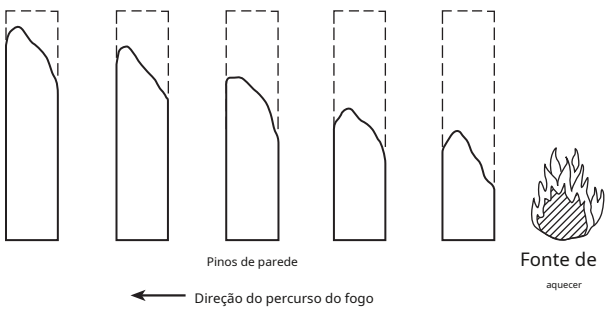


FIGURA 6.3.22 Pinos de parede de madeira mostrando danos decrescentes à medida que a distância do fogo aumenta.

Copyright Associação Nacional de Proteção contra Incêndios
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

6.3.22.2A carbonização mais severa pode ser esperada no lado do pino mais próximo da fonte de calor.

6.4 Análise do Padrão de Incêndio.A análise de padrões de incêndio é o processo de identificação e interpretação de padrões de incêndio para determinar como os padrões foram criados e seu significado.

6.4.1 Tipos de Padrões de Incêndio. Existem dois tipos básicos de padrões de fogo: padrões de movimento e padrões de intensidade. Esses tipos de padrões são definidos pela dinâmica do fogo discutida na Seção 5.10. Muitas vezes, o uso sistemático de mais de um tipo de padrão de incêndio em uma cena de incêndio pode ser usado em combinação para levar de volta à fonte de calor que os produziu. Alguns padrões podem apresentar aspectos que definem tanto o movimento quanto a intensidade (calor/combustível).

6.4.1.1 Padrões de Propagação do Fogo (Movimento). Chama, calor e fumaça produzem padrões como resultado do crescimento e propagação do fogo. Padrões de movimento são produzidos pelo crescimento, propagação e fluxo de produtos de combustão longe de uma fonte de calor inicial. Se identificados e analisados com precisão, esses padrões podem ser rastreados até a origem da fonte de calor que os produziu.

6.4.1.2 Padrões de Calor (Intensidade). Chamas e gases quentes produzem padrões como resultado da resposta dos materiais à exposição ao calor. Os vários efeitos do calor nos materiais podem produzir linhas de demarcação. Essas linhas de demarcação podem ser úteis para o investigador na determinação das características e quantidades de materiais combustíveis, bem como a direção de propagação do fogo.

6.4.1.2.1 Cada padrão de incêndio em um compartimento totalmente envolvido deve ser analisado para determinar se pode ter resultado da ventilação. Padrões que podem ser considerados em termos de ventilação podem fornecer poucas informações sobre o comportamento do fogo em seus estágios iniciais.

6.4.1.3 Combinação de Padrões. Padrões de fogo podem exibir uma combinação de efeitos. O investigador deve estar ciente da influência que cada tipo de padrão pode ter sobre o outro e a sequência de sua produção. A não consideração desses fatores pode levar o investigador a conclusões errôneas sobre a dinâmica do fogo.

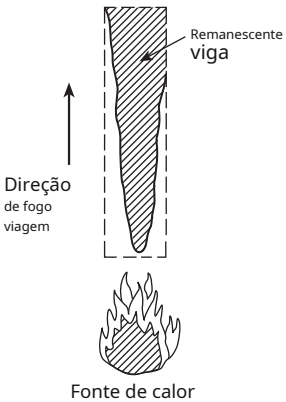


FIGURA 6.3.22.1 Seção transversal do pino da parede de madeira apontando para a fonte de calor.

Capítulo 7 Sistemas de Construção

7.1* Introdução.Compreender a reação de edifícios e conjuntos de edifícios ao fogo é de primordial importância para o investigador de incêndio. O desenvolvimento, a propagação e o controle de um incêndio dentro de uma estrutura geralmente dependem do tipo de construção, da capacidade dos elementos estruturais permanecerem intactos e da interface de proteção contra incêndio e outros sistemas de construção. O layout interior, os padrões de circulação dos ocupantes, os materiais de acabamento interior e os serviços de construção podem ser fatores importantes no início, desenvolvimento e propagação do incêndio. Este capítulo ajudará o investigador a rastrear e documentar especificamente os sistemas de construção relacionados ao incêndio.

7.1.1 Deve-se notar que este capítulo apenas destaca informações gerais de construção. Incluídos na seção de referência estão vários textos relacionados que darão ao investigador a oportunidade de obter mais detalhes e compreensão sobre a construção de edifícios e sistemas de construção.

Vários sistemas de construção também podem ser causas potenciais de incêndio que deve ser avaliado pelo investigador. Informações mais detalhadas ção pode ser encontrada na 18ª edição da NFPA*Manual de proteção contra incêndio*.

7.1.2 Além do projeto do edifício e dos elementos de construção, há considerações importantes sobre o combustível para o investigador de incêndio. Por exemplo, durante o pré-flashover, estágio de crescimento de um incêndio, a taxa de liberação de calor de um pacote de combustível tem uma influência significativa na taxa de crescimento do incêndio.*(Consulte a Seção 5.5.)*

N 7.1.3 Este capítulo aborda os sistemas de aquecimento instalados de forma permanente comumente usados em ocupações residenciais e comerciais leves.

7.2 Características do Projeto, Construção e Elementos Estruturais na Avaliação do Desenvolvimento do Fogo.

7.2.1 Geral.O projeto arquitetônico de um edifício tem uma influência significativa em suas capacidades de segurança contra incêndio. Layout interior, padrões de circulação, materiais de acabamento interior e serviços de construção são fatores importantes na segurança contra incêndio. Como o projeto do edifício afeta a supressão manual de incêndios é outra consideração importante.

7.2.1.1A forma como um incêndio se desenvolve e se espalha pode ser influenciada pelo projeto do edifício na forma como a estrutura é planejada, moldada, construída e pelos materiais escolhidos. A natureza da ocupação ou finalidade para a qual a estrutura é usada também pode afetar a maneira como ela queima. O investigador deve avaliar o desenvolvimento e a propagação do incêndio à luz do conhecimento de que a forma como o edifício é formado pode influenciar esses fatores.

7.2.1.2 Mudanças nos tipos de ocupação podem criar um risco para os esforços de combate a incêndios e podem afetar o desenvolvimento do incêndio. Como exemplo, pode haver um negócio de varejo comum que é então convertido em uma loja de tintas que é considerada uma ocupação perigosa. O aumento da carga de combustível provavelmente afetará a intensidade e a propagação do fogo, e o projeto original pode ser insuficiente para resistir ao fogo.

7.2.2 Projeto de Construção.

7.2.2.1 Geral.A propagação e o desenvolvimento do fogo dentro de um edifício são em grande parte o efeito do aquecimento radiante e convectivo. Em incêndios em compartimentos, grande parte da propagação do fogo também é função do estado de confinamento das camadas superiores de gás aquecidas. Para um determinado pacote de combustível, tamanho da sala, material de revestimento da sala, forma, teto

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

altura, e a colocação e áreas de portas e janelas podem afetar profundamente a formação de jatos de teto, feedback de radiação, a produção e confinamento das camadas superiores de gás, ventilação, chamas e o tempo de flashover de um incêndio no compartimento. Todos esses fatores influenciam como um incêndio se desenvolve.

7.2.2.1.1A compartimentação é um conceito primário de proteção contra incêndio. Manter o fogo confinado em sua sala de origem e minimizar o movimento de fumaça para outras áreas de um edifício têm sido objetivos de projetistas de engenharia de proteção contra incêndio e organizações de código de incêndio. O projeto de construções resistentes ao fogo, tubulações corta-fogo e aberturas de utilidades em paredes corta-fogo e técnicas de construção que minimizam o movimento da fumaça e da chama podem ajudar na compartimentação eficaz. Projetos que são menos seguros contra incêndio têm exatamente o efeito oposto.

7.2.2.1.2 Projetos arquitetônicos extremos, como átrios; grandes áreas fechadas como estádios ou túneis; e vidro ou materiais incomuns de estrutura, parede, teto, telhado ou acabamento também apresentam considerações interessantes para o investigador de incêndio, especialmente na análise da maneira como essas características afetaram o crescimento e a propagação do incêndio.

7.2.2.1.3A maioria desses aspectos está inicialmente sob o controle do arquiteto do edifício ou dos projetistas de sistemas. Pequenas mudanças nas especificações de uma estrutura podem ter efeitos profundos na segurança geral contra incêndio do edifício. Quando necessário e possível, o investigador de incêndio deve revisar os planos de projeto e os requisitos do código de incêndio para essa estrutura. Modificações em áreas estruturais e não estruturais do edifício podem alterar a capacidade de resistência ao fogo do edifício. Por exemplo, tetos existentes que tenham tetos suspensos adicionados criam um vazio e podem ter um impacto significativo no deslocamento de fogo e fumaça.

7.2.2.2 Cargas de Construção. Os efeitos de cargas não projetadas, como cargas mortas e vivas adicionadas, vento, água e cargas de impacto, podem alterar a integridade estrutural do edifício. Cargas mortas são o peso dos materiais que fazem parte de uma edificação, como componentes estruturais, coberturas de telhados e equipamentos mecânicos. Cargas vivas são o peso de cargas temporárias que precisam ser projetadas de acordo com a capacidade de carga da estrutura, como móveis, móveis, equipamentos, máquinas, neve e água da chuva. A neve no telhado é um exemplo de carga viva; uma camada adicional de cobertura é um exemplo de carga morta. A função da estrutura de um edifício é resistir às forças. Enquanto essas forças permanecerem em equilíbrio, o edifício permanecerá de pé, mas quando o equilíbrio for perdido, o edifício poderá desmoronar.

7.2.2.3 Tamanho da Sala.

7.2.2.3.1 Para um determinado pacote de combustível, ou seja, a taxa de liberação de calor, o volume da sala, a altura do teto, o tamanho da abertura de ventilação e a localização do incêndio afetarão a taxa de crescimento do fogo na sala. A velocidade de desenvolvimento de uma camada superior de gás quente e a propagação de um jato no teto da pluma de incêndio estão entre os fatores importantes que determinam se e quando a sala irá explodir. O flashover, por sua vez, tem um grande efeito na propagação do fogo para fora da sala de origem.

7.2.2.3.2A ignição e queima de uma carga de combustível na sala produz calor, chama e gases quentes a uma determinada taxa. A área e o volume da sala afetam o tempo para o flashover: quanto menor a área e o volume da sala, mais cedo a sala pode incendiar e mais cedo o fogo pode se espalhar para fora do room, desde que todas as outras variáveis permaneçam constantes. Salas extremamente grandes podem nunca ter uma transferência de energia térmica suficiente para causar flashover.

7.2.2.4 Compartimentação.

7.2.2.4.1O modo comum de propagação do fogo em um edifício compartimentado é através de portas abertas, escadas e poços não fechados, penetrações desprotegidas de barreiras corta-fogo e espaços ocultos combustíveis sem proteção contra fogo. Mesmo em edifícios de construção combustível, o gesso comum ou gesso em ripas protegendo paredes de madeira ou pisos de vigas de madeira fornecem uma quantidade significativa de resistência a um incêndio totalmente desenvolvido. Quando tais barreiras são construídas e mantidas adequadamente e possuem aberturas protegidas, elas normalmente conterão incêndios de severidade máxima esperada em ocupações de risco leve. Mesmo uma barreira adequadamente projetada, construída e mantida não protegerá de forma confiável contra a propagação do fogo indefinidamente. O fogo também pode se espalhar horizontal e verticalmente além da sala ou área de origem e através de compartimentos ou espaços que não contenham combustíveis. Superfícies combustíveis em tetos e paredes de salas, escadas e corredores, que por si só podem não ser capazes de transmitir fogo, serão aquecidas e produzirão produtos de pirólise. Estes produtos somam-se aos do fogo principal e aumentam a intensidade e duração das chamas. A propagação do fogo raramente ocorre por transferência de calor através de conjuntos de piso/teto. A propagação do fogo através de conjuntos de piso/teto pode ocorrer nos estágios posteriores do desenvolvimento do fogo ou através de brechas desses conjuntos. será aquecido e produzirá produtos de pirólise. Estes produtos somam-se aos do fogo principal e aumentam a intensidade e duração das chamas. A propagação do fogo raramente ocorre por transferência de calor através de conjuntos de piso/teto. A propagação do fogo através de conjuntos de piso/teto pode ocorrer nos estágios posteriores do desenvolvimento do fogo ou através de brechas desses conjuntos. será aquecido e produzirá produtos de pirólise. Estes produtos somam-se aos do fogo principal e aumentam a intensidade e duração das chamas. A propagação do fogo raramente ocorre por transferência de calor através de conjuntos de piso/teto. A propagação do fogo através de conjuntos de piso/teto pode ocorrer nos estágios posteriores do desenvolvimento do fogo ou através de brechas desses conjuntos.

7.2.2.4.2O investigador desejará analisar as razões pelas quais a compartimentação do incêndio falhou ou não ocorreu e quais aspectos do projeto do edifício podem ter sido responsáveis por essa falha.

7.2.2.5 Espaços Ocultos e Intersticiais. Espaços intersticiais ocultos e outros podem ser encontrados na maioria dos edifícios. Esses espaços podem criar taxas aumentadas de propagação do fogo e duração prolongada do fogo. Ambos os fatores agravam os danos esperados.

7.2.2.5.1 Os espaços intersticiais em um edifício alto são geralmente associados ao espaço entre a estrutura do edifício e as paredes internas e a fachada externa, e aos espaços entre os tetos e a face inferior para o piso ou deck acima. Esses espaços podem não ter corta-fogo, cuja falta auxilia na propagação vertical do fogo. Os espaços providos de corta-fogo devem ser examinados para determinar o tipo e a eficácia da instalação.

7.2.2.5.2 Os investigadores de incêndio devem considerar o impacto de espaços ocultos quando realizam uma investigação de incêndio. Deixar de considerar os efeitos da propagação do fogo através de espaços ocultos pode levar a uma leitura errada dos padrões de fogo. Deve-se ter cuidado ao examinar áreas como sótãos, telhados e tetos rebaixados em salas que podem ocultar fogo e fumaça até que o fogo esteja fora de controle.

7.2.2.6 Projeto Planejado em Comparação com a Condição "Como Construído". O investigador deve estar ciente de que as especificações de construção, planos e desenhos esquemáticos, preparados antes da construção, nem sempre são a condição "como construído". Após a emissão da licença ou inspeções no local, a condição real de construção pode nem sempre ter atendido ao projeto aprovado. Se necessário ou possível, o investigador deve verificar os desenhos originais aprovados, a condição real de construção e a condição atual da construção. Essa verificação pode ser realizada solicitando a origem

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

planos de construção final do departamento de construção local ou do arquiteto original, por um exame do local do incêndio, ou se isso não for possível devido aos danos do incêndio ou à indisponibilidade do local do incêndio, pelo exame de casas ou edifícios semelhantes construídos pelo mesmo contratante ao mesmo tempo, ou por entrevistas com testemunhas.

7.2.2.6.1 Quando o investigador está comparando os planos originais, os planos executados e a construção atual, atenção cuidadosa deve ser dada à localização das paredes atuais e à construção da fiação elétrica atual, pois elas geralmente são alteradas sem as licenças necessárias.

7.2.3 Materiais.A natureza dos materiais selecionados e usados em um projeto de construção pode ter um efeito substancial no desenvolvimento e propagação do fogo. A natureza do material é importante tanto por suas propriedades físicas quanto químicas. A facilidade com que o material inflama e queima, resiste ao aquecimento, resiste a mudanças físicas ou químicas relacionadas ao calor, conduz calor e libera subprodutos tóxicos são importantes para uma avaliação geral do projeto da estrutura.

7.2.3.1 Ignitibilidade.A facilidade com que um material específico pode ser inflamado, sua temperatura mínima de ignição, energia mínima de ignição e uma relação tempo-temperatura para ignição são considerações básicas quando o uso do material em um projeto de construção é avaliado.

7.2.3.2 Inflamabilidade. Uma vez que um material é inflamado, seja em chamas ou combustão latente, como ele queima e transmite sua energia térmica também é uma consideração para o investigador de incêndio. Fatores como calor de combustão, taxa média e de pico de liberação de calor e talvez até mesmo taxa de perda de massa podem ser considerações importantes em sua segurança geral contra incêndio e adequação para uso. A entrada de ar tem um papel importante na forma como o fogo se desenvolve sobre o material.

7.2.3.3 Inércia Térmica.A inércia térmica de um material (calor específico × densidade × condutividade térmica) é um fator chave para considerar a reação do material ao aquecimento e a facilidade de ignição. Esses fatores precisarão de avaliação se o investigador estiver fazendo determinações sobre a adequação do material para uso ou seu papel na transição para flashover de um compartimento no qual o material é um forro.

7.2.3.4 Condutividade Térmica. Uma boa condução de calor da superfície do combustível para o seu interior mantém a temperatura da superfície mais baixa do que se tivesse má condução. A condução afeta a mudança na temperatura do combustível. A condução pode ser o meio de transferir calor para a face não exposta de um material, como uma divisória de aço.

7.2.3.5 Toxicidade. Embora não esteja diretamente relacionada ao desenvolvimento e propagação de um incêndio, a toxicidade dos produtos de combustão de um material é uma consideração muito importante na segurança geral contra incêndio de um projeto. Materiais que emitem grandes quantidades de gases venenosos ou debilitantes ou produtos de combustão podem incapacitar ou matar vítimas de incêndio muito antes que qualquer calor ou chamas as atinjam. A toxicidade é uma questão importante para os investigadores de incêndio envolvidos na avaliação de como o projeto e a condição de um edifício, materiais de construção e conteúdo afetaram os ocupantes. Na maioria das situações de incêndio, o monóxido de carbono é a espécie tóxica dominante, o que é particularmente verdadeiro para os produtos do fogo produzidos em um espaço queimado.

7.2.3.6 Estado Físico e Resistência ao Calor. Em que temperatura o material sob escrutínio muda de fase de sólido para líquido ou líquido para gás pode ser um fator na avaliação de seu fogo atuação. Em geral, os líquidos requerem menos energia para inflamar do que os sólidos, e os gases requerem ainda menos energia do que os líquidos.

7.2.3.6.1 As características dos plásticos, como se são termoplásticos (que se transformam de sólidos em líquidos e depois em gases inflamáveis) ou plásticos termofixos (que pirolisam diretamente em gases inflamáveis), podem afetar se são selecionados como material estrutural ou de superfície.

7.2.3.6.2 Materiais que tendem a derreter e liquefazer durante o curso de um incêndio podem ter maior probabilidade de causar danos por queda ou propagação de fogo líquido inflamável. A escolha de tais materiais no projeto de uma estrutura pode se tornar considerações importantes para o investigador de incêndio.

7.2.3.7 Orientação, Posição e Colocação.

7.2.3.7.1 Muitos materiais queimam de forma diferente, dependendo de sua orientação, posição ou colocação dentro de um edifício. Geralmente, os materiais queimam mais rapidamente quando estão na posição vertical do que na horizontal. Por exemplo, carpetes projetados e testados para serem usados na posição horizontal, em contato total com uma superfície plana horizontal, podem queimar a uma taxa bem abaixo do padrão máximo definido pelo código. Quando o mesmo material de carpete é montado verticalmente como revestimento de parede ou cortina, é provável que apresente um desempenho ao fogo pior do que o esperado pelos resultados do teste de fogo na orientação horizontal. Um adesivo pode afetar a taxa de queima do tapete.

7.2.3.7.2 Os índices de propagação de chama, comumente usados em códigos e padrões para quantificar a inflamabilidade de um material, geralmente são baseados em testes na ASTM E84, *Método de teste padrão para características de queima de superfície de materiais de construção*, muitas vezes chamado de Teste do Túnel de Steiner. O Steiner Tunnel Test queima uma amostra do material em uma orientação horizontal, suspensa no teto do Steiner Tunnel de 24 pés de comprimento. Muitos dos materiais testados no Steiner Tunnel não são projetados ou destinados a serem aplicados em projetos de construção como revestimentos de paredes ou tetos. A propagação de chama real do material usado na construção é muitas vezes diferente e pode não ter relação real com sua classificação de índice de propagação de chama ASTM E84. Para materiais semelhantes, a ASTM E84 geralmente os classificará em termos de índice de propagação de chama. Essa generalização se desfaz se o material testado cair rapidamente do teto, como ocorre com materiais termoplásticos de espuma como poliestireno ou materiais de filme fino. Portanto, na prática,

7.2.4 Ocupação. Ao considerar como os elementos do edifício afetaram a forma como um incêndio se desenvolveu e se espalhou, o investigador deve considerar se a ocupação era aceitável para o projeto e condição do edifício. Uma mudança na ocupação de um edifício pode produzir cargas de incêndio, efeitos de ventilação, calor total de combustão e taxas de liberação de calor muito maiores do que o originalmente esperado. Por exemplo, um armazém que foi originalmente projetado para armazenar peças de motores automotivos terá uma reação totalmente diferente a um incêndio se a ocupação for alterada para o armazenamento em estantes altas de grandes quantidades de líquidos inflamáveis. O projeto original pode ter sido adequado para a primeira carga de combustível, mas inadequado para a carga de combustível subsequente com seu risco aumentado.

7.2.5 Levantamento de Modelo de Incêndio por Computador de Variações de Componentes de Construção. Ao analisar os efeitos do projeto de construção sobre o desenvolvimento, propagação e danos finais de um incêndio, o

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

o uso de modelos de incêndio por computador pode ser muito útil. Através do uso de modelos, o investigador pode visualizar os vários efeitos de uma série de variáveis de projeto. Ao modelar diferentes componentes do projeto de construção, o investigador pode ver como as mudanças em um componente podem alterar o desenvolvimento calculado e o crescimento do incêndio.

7.2.6 Danos de Explosão.

7.2.6.1A quantidade e a natureza dos danos causados a um edifício por uma explosão também são afetadas pelo projeto da estrutura. Quanto mais forte a construção das paredes de confinamento externas ou internas, mais um edifício pode suportar os efeitos de uma explosão de baixa pressão ou de baixa taxa de aumento de pressão. Por outro lado, os danos mais violentos ou demolidores resultarão de uma explosão de alta pressão ou de aumento rápido da taxa de pressão. A forma da sala de confinamento de explosão também pode afetar os danos resultantes. *(Ver 22.5.3, 22.5.5, e 22.14.3.1 em explosões Para maiores informações.)*

7.2.6.2 Em uma explosão de baixa ordem, quanto mais janelas, portas ou outras aberturas disponíveis dentro da estrutura confinante, menos danos estruturais serão sofridos.

7.3 Tipos de Construção.

7.3.1 Geral.

7.3.1.1A discussão a seguir sobre os tipos de construção é baseada nos métodos de construção e nos materiais, e não nas descrições usadas nos sistemas de classificação dos códigos de construção modelo. Quando necessário, o investigador de incêndio deve obter as classificações e descrições de construção do edifício que fazem parte do código de construção específico que é aplicado na jurisdição em que o incêndio ocorreu e deve usá-las como parte da documentação do local. Para mais detalhes, o investigador é direcionado à NFPA *Manual de proteção contra incêndio*.

7.3.1.2O investigador deve documentar os tipos de construção observando os principais elementos estruturais. A documentação pode incluir componentes estruturais principais, brechas, mudanças estruturais ou outros fatores que podem influenciar a integridade estrutural ou a propagação do fogo.

7.3.2 Estrutura de Madeira.A construção em estrutura de madeira é frequentemente associada à construção residencial e à construção comercial leve contemporânea. Os edifícios com elementos estruturais de madeira e um exterior de alvenaria folheado são considerados estruturas de madeira. A construção de estrutura de madeira leve é geralmente usada em edifícios de tamanho limitado. As vigas de piso em tal construção são normalmente espaçadas 0,4 m (16 pol.) no centro, e os suportes verticais geralmente são nominais dois por quatro ou nominais dois por seis pernos de parede, novamente espaçados 0,4 m (16 pol.) no centro. A construção em madeira tem pouca resistência ao fogo porque as chamas e os gases quentes podem penetrar nos espaços entre as vigas ou as vigas, permitindo que o fogo se espalhe para fora da área de origem. *(Veja 6.3.18.2.)*A construção com estrutura de madeira é classificada como construção Tipo V, conforme definido na NFPA 220. A construção com estrutura de madeira pode ser revestida com uma membrana resistente ao fogo (por exemplo, placa de gesso, ripas e gesso, telhas minerais) para fornecer resistência ao fogo de até 2 horas quando testado de acordo com ASTM E119, *Padrão Métodos de teste para testes de fogo de Construção e Materiais de Construção*. Essas altas resistências ao fogo na construção de estruturas são incomuns, mas podem ser encontradas em ocupações especiais, como casas de repouso de um ou dois andares.

7.3.2.1 Construção da Estrutura da Plataforma.

7.3.2.1.1A construção da estrutura da plataforma é o método de construção mais comum atualmente usado para construção residencial e comercial leve. Neste método de construção, plataformas ou pisos separados são desenvolvidos à medida que a estrutura é construída. A parede de fundação é construída; as vigas são colocadas na parede da fundação; então um contrapiso é colocado. As paredes para o primeiro andar são então construídas, com as vigas do teto colocadas nas paredes. Os métodos de construção de vigas, cumeeiras ou treliças são usados para a montagem do telhado. Uma preocupação importante contra incêndios, além do fato de que materiais combustíveis são usados na construção, é que existem espaços ocultos em intradorsos e outras áreas para que o fogo se espalhe sem detecção.

Δ **7.3.2.1.2**A construção da plataforma inerentemente fornece barreiras de fogo para o deslocamento vertical do fogo como resultado da configuração dos canais dos prisioneiros. No entanto, estas barreiras na construção em wood frame são combustíveis e podem ser rompidas ao longo do incêndio, permitindo que o fogo se espalhe para outros espaços. A propagação vertical do fogo também pode ocorrer na construção de plataformas por meio de caminhos de serviços públicos, como eletricidade, encanamento e HVAC. As aberturas para utilidades em espaços de vigas de parede podem permitir a passagem fácil do fogo de um andar para outro.

7.3.2.2 Armação do Balão.

7.3.2.2.1 Neste tipo de construção, as vigas vão desde a parede de fundação até a linha do telhado. As vigas do piso são fixadas às paredes pelo uso de uma placa de fita, que cria um canal aberto entre os pisos, incluindo o porão e o sótão. Este tipo de construção é típico em muitas casas construídas antes de 1940.

7.3.2.2.2 Quase todos os códigos de construção exigem há muitos anos a interrupção do fogo de todos os canais verticais na construção de estruturas de balão. Onde o combate ao fogo está presente, os edifícios de construção de estrutura de balão respondem ao fogo de forma semelhante aos edifícios de construção de estrutura de plataforma. A contenção do fogo pode ser na forma de tábuas de madeira ou pelo preenchimento do espaço vazio com materiais incombustíveis, historicamente com tijolo ou terra e, mais recentemente, com isolamento. Onde tais barreiras contra incêndio não foram instaladas ou removidas posteriormente (normalmente para instalar um utilitário como fiação, HVAC ou outros serviços), a construção da estrutura do balão fornece canais verticais desobstruídos, em espaços ocultos atrás do acabamento interno, para uma rápida propagação vertical do fogo não detectada. A rápida propagação do fogo e a extensão horizontal são reforçadas pelas conexões abertas das vigas do piso aos canais verticais. O fogo pode se espalhar para cima para outros andares ou sótãos e horizontalmente através dos pisos. A construção da estrutura do balão também permitirá a queda de cima para inflamar os níveis mais baixos e permitir que os gases de combustão, presos dentro das elevações mais altas, empurrem ou convecção para baixo através dos canais verticais abertos. O fogo originado em níveis inferiores pode estender-se para os canais verticais abertos e pode irromper em um ou mais pisos acima do local de origem do fogo. Pode haver queimadas mais extensas no nível superior do que onde o fogo se originou. Este resultado pode ser reconhecido pelo fogo no sótão que consome o topo da estrutura enquanto o fogo realmente se originou em algum nível inferior. O fogo pode se espalhar para cima para outros andares ou sótãos e horizontalmente através dos pisos. A construção da estrutura do balão também permitirá a queda de cima para inflamar os níveis mais baixos e permitir que os gases de combustão, presos dentro das elevações mais altas, empurrem ou convecção para baixo através dos canais verticais abertos. O fogo originado em níveis inferiores pode estender-se para os canais verticais abertos e pode irromper em um ou mais pisos acima do local de origem do fogo. Pode haver queimadas mais extensas no nível superior do que onde o fogo se originou. Este resultado pode ser reconhecido pelo fogo no sótão que consome o topo da estrutura enquanto o fogo realmente se originou em algum nível inferior. O fogo pode se espalhar para cima para outros andares ou sótãos e horizontalmente através dos pisos. A construção da estrutura do balão também permitirá a queda de cima para inflamar os níveis mais baixos e permitir que os gases de combustão, presos dentro das elevações mais altas, empurrem ou convecção para baixo através dos canais verticais abertos. O fogo originado em níveis inferiores pode estender-se para os canais verticais abertos e pode irromper em um ou mais pisos acima do local de origem do fogo. Pode haver queimadas mais extensas no nível superior do que onde o fogo se originou. Este resultado pode ser reconhecido pelo fogo no sótão que consome o topo da estrutura enquanto o fogo realmente se originou em algum nível inferior. A construção da estrutura do balão também permitirá a queda de cima para inflamar os níveis mais baixos e permitir que os gases de combustão, presos dentro das elevações mais altas, empurrem ou convecção para baixo através dos canais verticais abertos. O fogo originado em níveis inferiores pode estender-se para os canais verticais abertos e pode irromper em um ou mais pisos acima do local de origem do fogo. Pode haver queimadas mais extensas no nível superior do que onde o fogo se originou. Este resultado pode ser reconhecido pelo fogo no sótão que c

7.3.2.3 Prancha e Viga.

7.3.2.3.1 Na estrutura de pranchas e vigas, alguns membros grandes substituem os muitos membros pequenos de madeira usados em estruturas de madeira típicas; ou seja, vigas de grande dimensão mais espaçadas substituem a estrutura padrão de piso e/ou telhado de menores

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

membros dimensionados. O deck para pisos e telhados é feito de tábuas de espessura mínima em oposição às chapas de compensado. Em vez de ter divisórias suportando os sistemas de vigas de piso ou telhado ou vigas, as vigas são suportadas por postes. Há um esqueleto identificável de madeiras maiores que são visíveis. Geralmente, há apenas uma quantidade limitada de espaços ocultos para permitir que um incêndio se espalhe. Esse método de construção é muitas vezes considerado o ancestral da construção moderna de arranha-céus, pois a maior parte de suporte de carga da estrutura é a estrutura e o restante é o enchimento. O acabamento exterior do folheado não tem valor estrutural. A maioria das pranchas será de língua e ranhura, o que retardará a progressão do fogo.

7.3.2.3.2 Este tipo de construção prevê vãos maiores de material de acabamento sem suporte do que a construção emoldurada. Esta propriedade pode resultar em falha de seções estruturais com grandes membros da estrutura ainda em pé. Os acabamentos interiores nestas construções têm muitas vezes grandes áreas de superfície de construção expostas e combustíveis que podem permitir a propagação de chamas sobre a sua superfície.

7.3.2.4 Poste e Quadro.A construção de postes e caixilhos é semelhante à construção de tábuas e vigas, pois a estrutura utiliza elementos maiores e o caixilho incluído é fornecido para fixar o acabamento exterior. Um exemplo desta construção é um celeiro, com o suporte principal vindo dos postes, e a moldura formando uma rede para o acabamento exterior a ser aplicado.

7.3.2.5 Madeira Pesada.A madeira pesada é um tipo de construção em que os membros estruturais, ou seja, colunas, vigas, arcos, pisos e coberturas, são basicamente de madeira desprotegida, maciça ou laminada, com grandes áreas de seção transversal [200 mm ou 150 mm (8 pol. . ou 6 pol.) na menor dimensão, dependendo da referência]. Não são permitidos espaços ocultos nos pisos e telhados ou outros membros estruturais, com pequenas exceções. As montagens de piso geralmente são vigas grandes e pisos de madeira combinados [lingueta de 50 mm (2 pol.) de espessura e ranhuras, geralmente combinadas nas extremidades].

7.3.2.5.1 Quando o termo*madeira pesada*é usado em códigos de construção e classificações de seguros para descrever um tipo de construção, inclui o requisito de que todas as paredes de suporte, externas ou internas, sejam de alvenaria ou outros materiais não combustíveis com classificação de 2 horas.*(Consulte 7.3.4.)*Muitos edifícios têm elementos de madeira pesados em combinação com outros materiais, como madeira de menor dimensão e aço desprotegido.

7.3.2.5.2 As casas de toras contemporâneas usam toras especialmente fresadas para as paredes externas e para muitos dos elementos estruturais. O restante da construção é geralmente construção de estrutura de madeira nominal de dois por quatro. Vãos e espaços abertos e grandes áreas de acabamento interior combustível são comuns a este tipo de construção. Devido ao acabamento interno, componentes da estrutura de madeira e espaços abertos, a propagação do fogo pode ser rápida. A rápida propagação e rotura aparecem frequentemente em conflito com as paredes de madeira e elementos estruturais que muitas vezes permanecem de pé.

7.3.2.6 Construção Residencial Alternativa. Enquanto a estrutura de madeira construída no local é tradicionalmente associada à construção residencial, existem outras formas e materiais sendo utilizados.

7.3.2.6.1 Casas Pré-fabricadas (Mobile Homes). Uma casa fabricada é uma estrutura transportável em uma ou mais seções e que, no modo de viagem, tem 2,4 m (8 pés) ou mais de largura e 12,2 m (40 pés) ou mais de comprimento ou, quando erguida, no local, é de 29,7 m_2(320 $pés_2$) ou mais. Esta estrutura é construída sobre um chassi permanente (quadro) e projetada para ser utilizada como habitação com ou sem fundação permanente quando conectada às utilidades necessárias.*(Consulte NFPA 501.)* Nos EUA, desde 15 de junho de 1976, uma casa fabricada deve ser projetada e construída de acordo com 24 CFR 3280, “Padrões de segurança e construção de casas fabricadas (Padrão HUD)”.

(UMA) As casas fabricadas consistem em quatro componentes ou subconjuntos principais: chassi, sistema de piso, sistema de parede e sistema de telhado. O chassi é a base estrutural da casa fabricada, recebendo todas as cargas verticais da parede, teto e piso, e transferindo-as para dispositivos de estabilidade que podem ser pilares ou sapatas ou para uma fundação. O chassi geralmente consiste em duas vigas longitudinais de aço, apoiadas por travessas de aço. Os estabilizadores de aço em balanço do lado de fora das vigas principais trazem a largura do chassi para a largura total aproximada da superestrutura. O sistema de piso é composto por seus elementos de esquadria, com deck de chapa colado e pregado nas vigas, mantas isolantes de fibra de vidro instaladas entre as vigas e uma barreira de vapor selando o fundo do piso. Dutos e tubulações são frequentemente instalados longitudinalmente dentro do sistema de piso. O acabamento do piso geralmente é carpete, piso resiliente, linóleo ou azulejo.

(B) Em casas padrão HUD mais recentes, o revestimento externo é de metal, vinil ou madeira em vigas de madeira, e as superfícies internas das paredes externas geralmente são de gesso cartonado. Em casas mais antigas, pré-HUD Standard, as paredes são tipicamente vigas de madeira com revestimento externo de alumínio e as superfícies das paredes internas combustíveis geralmente são painéis de madeira.

(C)O sistema de telhado em casas HUD Standard consiste em um sistema de vigas e vigas de teto de madeira emoldurada ou um sistema de treliças de madeira. O deck do telhado é geralmente orientado a tábuas ou compensados presos ao topo das vigas ou treliças do telhado. Coberturas acabadas geralmente são telhas de composição. Em unidades padrão HUD mais recentes, o gesso cartonado pode ser fixado diretamente na parte inferior das vigas do teto ou nas cordas inferiores das treliças. Isolamento de lã de rocha ou celulose ou mantas de isolamento fornecem o isolamento do telhado. Em casas mais antigas, pré-HUD Standard, a cobertura externa geralmente é de aço galvanizado ou alumínio. As superfícies internas do teto podem ser de material combustível ou gesso cartonado.

(D) Placas de aço reforçam as conexões entre os sistemas de parede e piso. A cinta de aço diagonal liga os pisos e o teto em uma unidade completa.

(E) Unidades mais antigas que consistem em exteriores de metal e interiores de painéis de madeira podem sofrer incêndios de maior intensidade e rapidez do que incêndios em estruturas unifamiliares construídas no local. O curto tempo de queima das paredes e do teto resulta em um envolvimento rápido das paredes das vigas e dos suportes do telhado e do deck. Essas unidades tendem a ter salas menores que podem resultar em maior carga de combustível por unidade de volume do que geralmente existe em outras habitações. O invólucro de metal externo resulta em maior feedback de calor de radiação após ser exposto a um incêndio interno. A cobertura metálica impede nominalmente a ventilação vertical automática que resulta em maior envolvimento do fogo.

(F) Em casas mais novas, o uso de gesso nas paredes e tetos, redução da propagação de chamas de materiais ao redor de equipamentos de aquecimento e cozinha e fumaça obrigatória alarmes, onde mantido e operável, tende a resultar em incidentes de incêndio semelhantes aos observados em casas tradicionais de construção em estrutura de madeira. Em unidades padrão pré-HUD mais antigas,

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

A ignição de materiais combustíveis adjacentes a equipamentos de aquecimento e cozinha e a falta de detectores de fumaça estão entre os problemas de incêndio identificados.

7.3.2.6.2 Casas Modulares. Uma casa modular é construída em uma fábrica e colocada sobre uma base construída no local, total ou parcialmente, de acordo com um padrão adotado, administrado e aplicado pela agência reguladora, ou mediante acordo recíproco com a agência reguladora, para habitações convencionais construídas no local.

7.3.2.6.3 Construção Residencial Steel Frame. Muitos construtores hoje estão adotando estruturas de aço para edifícios residenciais. Como a construção de aço moldado a frio está se tornando mais prevalente na construção residencial, os códigos de construção modelo estão abordando as características estruturais e de segurança contra incêndio das estruturas de aço. A estrutura de aço tem muitas semelhanças com a construção convencional de estrutura de madeira. Os métodos de estrutura de aço estão disponíveis para sistemas construídos no local (balão ou plataforma), painéis e pré-projetados. O aço, como a construção em alvenaria, não é combustível; no entanto, a estrutura de aço pode perder sua capacidade estrutural sob forte exposição ao calor. Testes demonstraram que vigas de aço expostas e vigas que podem existir em espaços inacabados podem falhar em períodos tão curtos quanto 3 minutos durante as condições de incêndio.

7.3.2.7 Elementos Estruturais Fabricados em Madeira. As madeiras laminadas se comportarão de maneira semelhante às madeiras pesadas até que o calor do fogo comece a afetar negativamente a estabilidade estrutural. Se ocorrer falha, o investigador deve documentar as dimensões gerais da viga, bem como as dimensões das peças coladas. Vigas laminadas são como madeira pesada porque sua massa permanecerá e suportará cargas mais longas do que madeira de dimensão e vigas de aço desprotegidas. As vigas laminadas geralmente são projetadas apenas para uso interno. Os efeitos do clima podem diminuir a capacidade de carga da viga e devem ser considerados se a viga tiver sido exposta à água ou outras condições semelhantes.

7.3.2.7.1 As "vigas em I" de madeira são construídas com madeira de pequena dimensão ou engenheirada, como o ban- co superior e inferior, tendo como alma da viga a chapa de madeira ou compensado orientado. Conjuntos de vigas de piso mais recentes podem ser feitos totalmente de cordas superiores e inferiores laminadas com madeira compensada "chip". Esses membros são geralmente mais finos do que as vigas de piso e os membros estruturais típicos que eles substituem. Como resultado, a queima da teia e a falha resultante podem ocorrer mais rapidamente do que é geralmente previsto com o uso de madeira dimensional. Também aumentando a taxa de queima da teia está o uso de madeira serrada fabricada, como madeira compensada e placas de fios orientados, que podem apresentar falha adesiva, causando delaminação e desintegração. A falha pode causar o colapso precoce dos conjuntos de piso/teto. As brechas na rede de serviços públicos podem permitir a propagação do fogo pelos espaços e resultar em falhas mais precoces. Ao contrário das treliças de madeira, as vigas de madeira I confinarão o fogo ao espaço da viga por um período de tempo.

7.3.2.7.2 As treliças de madeira são semelhantes às treliças de outros materiais em seu design geral e construção. Os membros da treliça são frequentemente fixados com pregos ou placas de reforço. Os reforços podem levar a falhas mais precoces do que a queima dos membros. Esta falha ocorre porque os reforços metálicos conduzem o calor rapidamente para dentro da madeira, causando carbonização, e porque os próprios dentes de penetração de fixação são curtos. A carbonização faz com que a madeira "solte" o reforço, levando ao colapso da treliça. A falha de uma treliça induzirá cargas nas treliças adjacentes que podem levar a um colapso rápido.

7.3.3 Construção Ordinária.

7.3.3.1A diferença entre a construção ordinária e a em caixilharia reside sobretudo na construção das paredes exteriores. Na construção da estrutura, os componentes de suporte de carga das paredes são de madeira. Na construção comum, as paredes externas são de alvenaria ou outros materiais não combustíveis. As divisórias internas, piso e estrutura do telhado são montagens de madeira e, em geral, utilizam os métodos de estrutura de plataforma ou contraventados. A construção comum é classificada como construção do Tipo III, conforme definido na NFPA 220.

7.3.3.2Há uma série de fatores que afetam a propagação do fogo neste tipo de construção, incluindo materiais combustíveis e poços verticais abertos. Além desses itens, pode haver muitos outros fatores que podem influenciar a propagação do fogo, incluindo tetos múltiplos, penetrações de utilidades, falha estrutural e colapso prematuro.

7.3.4 Construção do Moinho.A construção do moinho é um tipo de construção de madeira pesada onde existem apenas vigas e sem vigas, de modo que o vão do piso é um vão. Isso cria pequenas baias no edifício, mas produz uma forte resistência à ignição e uma capacidade estendida de manter sua carga e resistir à queima durante o incêndio. A construção da semi-fábrica é semelhante, mas produz vãos maiores através da utilização de vigas e vigas. Edifícios semi-mill têm uma forte resistência à queima e têm a capacidade de manter sua capacidade de carga durante condições de incêndio, embora a capacidade seja geralmente considerada um pouco menor do que a construção de um moinho completo.

7.3.5 Construção Incombustível.

7.3.5.1 Geral.

7.3.5.1.1A construção não combustível é usada principalmente em edifícios comerciais, industriais, de armazenamento e arranha-céus. Os principais componentes estruturais são incombustíveis. A principal característica de interesse na construção não combustível é que a própria estrutura não adicionará combustível ao fogo e não contribuirá diretamente para a propagação do fogo. A construção incombustível pode ou não ser resistente ao fogo, embora toda construção tenha alguma resistência ao fogo inerente.

7.3.5.1.2 Materiais frágeis, como tijolo, pedra, ferro fundido e concreto não reforçado, são fortes em compressão, mas fracos em tração e cisalhamento. Colunas e paredes, mas não vigas, podem ser construídas com esses materiais. Materiais dúcteis, como o aço, se deformarão antes da falha durante as condições de incêndio. Se estiver na faixa elástica do membro, ele retomará sua forma anterior sem perda de resistência após a remoção da carga. Se estiver em sua faixa plástica, o membro ficará permanentemente deformado, mas poderá continuar suportando a carga. Em qualquer caso, o alongamento ou a deformação podem produzir colapso ou danos no edifício.

7.3.5.2 Construção Metálica. Vigas de aço expostas e vigas normalmente existem em espaços inacabados. Esses elementos expostos demonstraram, por teste, que falham em menos de 3 minutos em uma típica exposição ao fogo por flash.

7.3.5.2.1 Os elementos estruturais usados na construção incombustível são principalmente aço, alvenaria e concreto. Elementos de ferro forjado podem ser encontrados em edifícios mais antigos, e cobre e ligas, como latão e bronze, são usados principalmente em aplicações decorativas e não em aplicações de carga. O alumínio raramente é encontrado como elemento estrutural, embora seja usado na construção de paredes cortina e como revestimento em

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

construção combustível e incombustível. O alumínio derreterá a uma temperatura bem abaixo daquelas encontradas em incêndios. Um fio energizado pode entrar em contato com materiais condutores, causando uma falha. Esta condução pode resultar no que parece ser um ponto de origem secundário. O concreto e a alvenaria geralmente absorvem mais calor do que o aço porque esses materiais requerem mais massa para obter a resistência necessária em relação ao aço. O betão e a alvenaria são bons isolantes térmicos, pelo que não aquecem rapidamente e não transferem calor rapidamente para dentro ou através deles. O aço é um bom condutor de calor, por isso absorve calor e transfere calor muito mais rápido do que alvenaria ou concreto.

7.3.5.2.2O aço perderá sua capacidade de suportar uma carga em temperaturas muito mais baixas do que o concreto ou a alvenaria e falhará bem abaixo das temperaturas encontradas em um incêndio. Os elementos estruturais de aço podem deformar, empenar ou desmoronar como resultado da exposição ao fogo. O ferro forjado resistirá a temperaturas mais altas que o aço, mas mesmo as colunas de ferro forjado podem distorcer quando expostas a incêndios em edifícios. A suscetibilidade de um elemento estrutural de aço a danos em um incêndio depende da intensidade e duração do incêndio, do tamanho do elemento de aço e da carga transportada pelo elemento de aço.

7.3.5.2.3 Embora todos os conjuntos de construção tenham alguma resistência ao fogo inerente, os conjuntos com classificação de incêndio são tipos que foram testados sob procedimentos específicos estabelecidos para classificações de incêndio por hora. As classificações de resistência ao fogo podem referir-se à capacidade de um sistema estrutural para suportar uma carga durante um incêndio ou para evitar a propagação de um incêndio. As classificações de resistência ao fogo são determinadas com base em um teste específico e não indicam necessariamente por quanto tempo um sistema funcionará em qualquer incêndio real.

7.3.5.3 Construção de Concreto ou Alvenaria. Outros materiais de construção importantes incluem concreto e alvenaria. Esses materiais possuem uma resistência inerente aos efeitos do fogo devido à sua massa, alta densidade e baixa condutividade térmica.

7.3.5.3.1 Concreto e alvenaria são encontrados em muitas formas e aplicações. Conjuntos de alvenaria e concreto possuem alta resistência à compressão e relativamente baixa resistência à tração. Consequentemente, ambos precisam de reforço para resistência à tração.

7.3.5.3.2 As falhas de aterramento nestes tipos de materiais geralmente estão relacionadas à falha de armadura e falha na conexão entre os componentes. A falha da armadura pode resultar da transferência de calor através do concreto ou da alvenaria, ou do espaçamento superficial e exposição da armadura às temperaturas de incêndio. As conexões geralmente são feitas de aço e suas falhas ocorrem em temperaturas bem dentro da faixa encontrada em incêndios estruturais.

7.4 Montagens de Construção.

7.4.1 Geral.*Montagens*, conforme usado neste capítulo, pode ser descrito como uma coleção de componentes, como elementos estruturais, para formar uma parede, piso/teto ou outros. Os componentes podem ser conjuntos como portas que fazem parte de uma unidade completa maior. A forma como os conjuntos reagem a um incêndio muitas vezes influencia a forma como o incêndio cresce e se espalha, bem como a forma como mantêm a sua integridade estrutural durante o incêndio. As montagens são muitas vezes interdependentes, e a falha de uma pode contribuir para a falha de outra.

7.4.1.1 Os conjuntos podem ou não ter classificação de resistência ao fogo; no entanto, a maioria dos conjuntos fornecerá alguma resistência ao fogo. Também deve ser notado que a maioria dos conjuntos não são classificados para penetração de fumaça, com exceção de umidade de controle de fumaça.

s. A documentação da cena deve incluir o que estava lá para comparação posterior com os requisitos de código aplicáveis.

7.4.1.2 Uma montagem sem classificação significa que não sabemos o que os testes de fogo padrão indicariam, dado o tempo de falha nas condições de teste de fogo.

7.4.1.3 Os conjuntos são classificados para um critério específico de teste de fogo e sob condições de teste. As condições reais de incêndio encontradas na estrutura podem ser mais severas e podem fazer com que a montagem falhe em um momento que seja realmente menor do que a classificação horária atribuída como resultado do teste de incêndio. A falha de uma montagem por si só não é um indicador da causa do incêndio; no entanto, convém determinar as circunstâncias associadas à falha da montagem.

7.4.1.4 Quando as montagens são avaliadas após um incêndio, deve-se considerar qualquer deficiência local de um componente na montagem geral, como um buraco na parede, telhas faltando no teto ou mesmo uma porta bloqueada aberta.

7.4.2 Conjuntos de Piso/Teto/Telhado. Os conjuntos de piso/teto falham de várias maneiras, incluindo colapso, deflexão, distorção, transmissão de calor ou penetração de fogo, permitindo a propagação vertical do fogo. A falha depende de vários fatores, incluindo o tipo de elementos estruturais; a proteção dos elementos; e vão, carga e espaçamento entre vigas. Os conjuntos de piso nominais são testados para exposição ao fogo por baixo e não por cima. Existem dados experimentais limitados para incêndios que queimam para baixo, o que pode ocorrer em vários mecanismos, como radiação de camada quente ou queda. Cargas vivas e peso da água podem contribuir para o colapso de pisos e tetos.

7.4.2.1 As penetrações são regularmente encontradas em conjuntos de piso/teto. As penetrações são frequentemente usadas para fornecer acesso a serviços públicos, sistemas HVAC, encanamentos, dados de computador e comunicação e outras funções. As penetrações em conjuntos de piso/teto com classificação de fogo devem ser vedadas para manter a classificação. As penetrações não vedadas facilitam a passagem de fogo e fumaça pelo conjunto piso/teto.

7.4.2.2 Os conjuntos de telhado afetam a estabilidade estrutural durante o incêndio, em vez da resistência à propagação do incêndio. Os telhados podem ter um grande impacto na dinâmica do fogo se o telhado falhar em um incêndio.

7.4.3 Paredes. As paredes desempenham várias funções relacionadas à segurança contra incêndio, sendo a mais óbvia a compartimentação, que tende a limitar a propagação do fogo. As paredes de compartimentos são construídas de acordo com vários padrões, desde divisórias não classificadas até paredes corta-fogo parapetadas autoportantes.

7.4.3.1 As paredes podem ou não ser classificadas como corta-fogo e as paredes classificadas podem ou não suportar carga. Além disso, as paredes de suporte de carga podem ser classificadas como corta-fogo, embora sua função não seja impedir a propagação do fogo. A parede corta-fogo não será eficaz se não for contínua através do teto e da seção do sótão da estrutura.

7.4.3.2 Uma parede corta-fogo é uma parede que separa edifícios ou subdivide um edifício para evitar a propagação do fogo e possui uma classificação de resistência ao fogo e estabilidade estrutural.

7.4.3.3 Uma parede de barreira de fogo é uma parede, que não seja uma parede de fogo, com uma classificação de resistência ao fogo. Paredes corta-fogo e barreiras corta-fogo não precisam atender aos mesmos requisitos que as barreiras de fumaça.

7.4.3.4 As barreiras de fumaça são membranas contínuas, verticais ou horizontais, como um conjunto de parede, piso ou teto, projetadas e construídas para restringir o movimento da fumaça. UMA

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

barreira de fumaça pode ou não ter uma classificação de resistência ao fogo. Tais barreiras podem ter aberturas protegidas.

7.4.3.5 As penetrações são regularmente encontradas em montagens de paredes. As penetrações geralmente são usadas para fornecer acesso a portas, utilitários, sistemas HVAC, encanamentos, dados de computador e comunicação e outras funções. As penetrações em conjuntos de parede com classificação de fogo devem ser vedadas para manter a classificação. As penetrações não vedadas facilitam a passagem do fogo e do fumo através do conjunto da parede, permitindo que o fogo se propague horizontalmente.

7.4.3.6 Uma parede de barreira contra incêndio não precisa ser construída com materiais incombustíveis. Paredes de barreira contra incêndio construídas com materiais combustíveis incluem o uso de pinos de madeira com placa de gesso Tipo X nas superfícies externas. Onde a estrutura tem um conjunto de parede de suporte de carga, materiais combustíveis podem ser usados novamente. Neste caso, existem duas paredes de vigas separadas construídas; o acabamento exterior é em gesso cartonado; entre as duas paredes de pinos, o compensado é fixado; e há um espaço de ar entre as paredes. A maioria dos requisitos para uma parede de barreira contra incêndio terá o Tipo X em ambos os lados da parede para torná-la resistente ao fogo.

7.4.3.7Há uma série de outras paredes encontradas em estruturas. Embora essas paredes não tenham sido submetidas a testes de incêndio para serem classificadas, elas ainda fornecerão alguma resistência à propagação do fogo dentro de um edifício.

7.4.4 Portas. As portas podem ser um fator chave na propagação do fogo. As portas podem ser feitas de uma variedade de materiais e ser classificadas como corta-fogo ou não. Deve-se notar que, se houver uma abertura de porta em uma parede ou divisória corta-fogo, ela deverá ser fornecida com uma porta corta-fogo apropriada, instalada como um conjunto completo. Os conjuntos de portas resistentes ao fogo devem incluir molduras, dobradiças, fechos, dispositivos de travamento e, se fornecidos (e permitidos), vidros. As portas corta-fogo podem ser de madeira, aço ou aço com núcleo isolado de madeira ou material mineral. Enquanto algumas portas têm valor isolante insignificante, outras podem ter uma taxa de transmissão de calor de 120°C, 230°C e 340°C (250°F, 450°F e 650°F). Isso significa que as portas limitarão o aumento de temperatura no lado não exposto a esse valor respectivo quando expostas ao tempo-temperatura padrão por 30 minutos. Este valor isolante auxilia a saída, particularmente em escadarias em edifícios de vários andares, e fornece alguma proteção contra autoignição de combustíveis perto do lado não exposto da abertura. Além da classificação da porta, para ser eficaz na limitação da propagação do fogo de um compartimento para outro, a porta deve estar fechada. A posição das portas pode mudar durante e após um incêndio por vários motivos, incluindo sistemas de fechamento automático, movimentação de pessoal e atividades de supressão de incêndio. s lado não exposto. Além da classificação da porta, para ser eficaz na limitação da propagação do fogo de um compartimento para outro, a porta deve estar fechada. A posição das portas pode mudar durante e após um incêndio por vários motivos, incluindo sistemas de fechamento automático, movimentação de pessoal e atividades de supressão de incêndio. s lado não exposto. Além da classificação da porta, para ser eficaz na limitação da propagação do fogo de um compartimento para outro, a porta deve estar fechada. A posição das portas pode mudar durante e após um incêndio por vários motivos, incluindo sistemas de fechamento automático, movimentação de pessoal e atividades de supressão de incêndio.

7.4.5 Espaços Ocultos. Espaços geralmente inacessíveis ou áreas de acesso limitado de uma estrutura, como espaço intersticial acima de um teto, abaixo de um piso ou entre paredes. Os sótãos, acessíveis ou não, podem também ser considerados um espaço oculto. Espaços ocultos fornecem um caminho oculto para que o fogo cresça ou se espalhe sem ser identificado no início do evento. No momento em que o fogo sai do espaço oculto, muitas vezes já se espalhou extensivamente por toda a estrutura. Incêndios em espaços ocultos são difíceis de extinguir. Espaços ocultos são encontrados em quase todos os tipos de construção e podem ter recursos integrados de proteção contra incêndio, como sprinklers, barreiras e detecção automática. A presença, desempenho ou ausência desses recursos de proteção pode ter um efeito dramático na progressão do incêndio. Para os espaços ocultos identificados como incombustíveis, a construção do espaço oculto deve ser de conjuntos incombustíveis ou resistentes ao fogo, ou deve ter sido fornecido com revestimento de proteção contra fogo listado. Espaços ocultos normalmente classificados como incombustíveis ainda podem conter alguns materiais combustíveis, como madeira tratada com retardante de fogo, cabos de comunicação e fiação de energia e tubos de plástico. Os incêndios ainda podem começar e se espalhar em espaços ocultos classificados como incombustíveis.

7.5* Materiais de Construção.

7.5.1 Aço Estrutural.O aço estrutural desprotegido perde sua resistência em altas temperaturas e deve ser protegido da exposição ao calor produzido por incêndios em edifícios. Esta proteção isola o aço do calor. Existem vários métodos e materiais que podem ser usados para fornecer proteção térmica às estruturas de aço.

7.5.1.1 Encaixe. Membros estruturais de aço podem ser envoltos em concreto vazado. Isso permite excelente durabilidade, mas é caro, volumoso e demorado. Os membros de aço também podem ser revestidos com sistemas de placa, proporcionando uma barreira entre o fogo e o membro estrutural, diminuindo a quantidade de calor transmitida. Os materiais mais comuns usados em sistemas de placas são silicato de cálcio e gesso.

7.5.1.2 Tratamento de Superfície. Os tratamentos de superfície aplicados diretamente ao membro também são capazes de isolar um membro.

7.5.1.3 Prova de fogo em spray. Revestimentos cimentícios e de fibra mineral pulverizados de baixa densidade são amplamente utilizados. A proteção é excelente se aplicada corretamente; no entanto, pode ser acidentalmente raspado ou danificado durante a construção ou reforma. A aplicação inicial pode ser monitorada e a manutenção deve ser realizada para garantir que a proteção contra incêndio seja eficaz.

7.5.1.4 Revestimentos Intumescentes. Revestimentos intumescentes têm sido usados para aumentar a resistência ao fogo do aço estrutural. Esses revestimentos aparecem como tintas no membro de aço em condições normais, mas intumescem, ou incham, quando aquecidos, formando um isolamento ao redor do aço.

7.5.1.5 Enchimento. Uma forma menos comum de proteção para elementos estruturais de aço é o preenchimento de membros ocos. O enchimento atua como um dissipador de calor para reduzir o aumento de temperatura no elemento de aço. Alguns materiais também podem suportar carga, carregando parte da carga que não é mais transportada pelo elemento de aço. Os materiais de enchimento mais comuns são concreto ou água.

7.5.2 Concreto Armado.O concreto é frequentemente usado como revestimento protetor para outros materiais, bem como um material estrutural de suporte de carga primário, e geralmente funciona bem em uma situação de incêndio. A mistura de concreto pode afetar a resistência ao fogo do concreto, incluindo a densidade do concreto, agregados e teor de umidade. O dimensionamento real do elemento de concreto também é importante, como o recobrimento sobre as barras de aço e as condições de contenção.

7.5.3 Madeira. Dependendo de sua forma, a madeira pode ou não fornecer integridade estrutural razoável em um incêndio. Os fatores importantes que influenciam a resistência ao fogo são o tamanho físico e o teor de umidade dos membros. Tratamentos retardadores de fogo também podem ser usados para retardar a ignição e retardar a combustão.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

7.6 Impacto dos Sistemas Passivos de Proteção Contra Incêndio na Investigação.

7.6.1 Um investigador precisa determinar se uma medida de proteção passiva contra incêndio falhou e, se o fez, por que isso ocorreu. O dano pode ter sido devido a problemas com o projeto do sistema, incluindo o projeto inicial não ser adequado para a gravidade do incêndio esperada, ou o risco de incêndio mudando ao longo da vida útil da estrutura e não modificando adequadamente a proteção contra incêndio. Também podem ter ocorrido problemas com a construção inicial ou aplicação da proteção, ou manutenção inadequada, como permitir brechas nas paredes dos compartimentos ou danos nos revestimentos aplicados. A análise dos danos aos sistemas também pode auxiliar no desenvolvimento do histórico de crescimento do fogo.

7.6.2 Análise de Danos Estruturais.O conhecimento da resposta de um elemento estrutural ao fogo pode ajudar a determinar a gravidade de um incêndio através do exame dos danos causados ao elemento estrutural. A resposta da proteção de um elemento estrutural também pode auxiliar na determinação da gravidade do incêndio. Se a gravidade do incêndio for conhecida, pode ser possível usá-la na eliminação da origem ou das causas do incêndio.

7.7 Parâmetros de Projeto e Instalação do Sistema.

7.7.1A simples identificação da presença de um sistema ou componente de proteção passiva contra incêndio é insuficiente na avaliação desse sistema ou componente. O investigador deve avaliar se cada sistema e/ou componente teve um papel na evolução do incêndio.

7.7.2 Se for determinado que o sistema de proteção passiva contra incêndios teve um papel na evolução do incêndio, trabalhos adicionais podem ser realizados para analisar melhor esse papel.

7.7.2.1 Os aspectos do sistema de proteção contra incêndio que podem ser avaliados estão incluídos nas Seções 7.4 e 7.5.

7.7.2.2 Os materiais utilizados e as espessuras de cada componente do sistema de proteção passiva contra incêndio devem ser avaliados, documentados e analisados.

7.7.2.3 Parte da avaliação do sistema de proteção passiva contra incêndio deve ser a utilização de testes, listagens, aprovações e/ou certificações de laboratórios de testes reconhecidos.

7.7.2.4A qualidade da construção/instalação deve ser avaliada, documentada e analisada.

7.7.3O sistema de proteção passiva contra incêndio deve ser avaliado em conjunto com uma análise dos códigos, normas, guias e instruções do fabricante aplicáveis que regulam esse sistema.

7.7.4A proteção de aberturas em uma estrutura pode ser um aspecto crítico do crescimento e propagação do fogo. A forma como essas aberturas são protegidas pode ser avaliada, documentada e analisada.

7.7.4.1 As portas, incluindo caixilhos e estrutura, devem ser avaliadas, documentadas e analisadas. Isso deve incluir a classificação de incêndio e instalação da porta, moldura da porta, ferragens da porta e construção ao redor da porta.

7.7.4.2A proteção de aberturas em uma estrutura pelo uso de janelas deve ser avaliada, documentada e analisada. Isso deve incluir o vidro da janela, mecanismos/ferragens de abertura, moldura e construção ao redor da janela. O tipo de vidro, a espessura das vidraças e o número de vidraças também devem ser incluídos.

7.7.4.3 Os dutos dentro de uma estrutura devem ser avaliados, documentados e analisados. Os dutos geralmente penetram nas paredes, pisos e tetos e podem ser analisados para determinar qual papel, se houver, o duto teve na evolução do incêndio.

7.7.4.4 Absorventes de fumaça e/ou fogo devem ser analisados como parte da tubulação quanto ao seu papel na evolução do incêndio. Isso deve incluir se os amortecedores de fumaça e/ou fogo foram presente, ou deveriam estar presentes e se funcionam
cionado como pretendido.

7.7.5 Todas as penetrações através de sistemas passivos de proteção contra incêndio devem ser avaliadas, documentadas e analisadas para determinar se foram adequadamente protegidas ou vedadas e para determinar se contribuíram para a evolução do incêndio. Além disso, todas as penetrações através de sistemas passivos de proteção contra incêndio devem ser avaliadas em relação aos códigos aplicáveis, padrões e instruções do fabricante.

7.8 Documentação e Coleta de Dados.

7.8.1 Quando o sistema de proteção passiva contra incêndio for determinado como um fator na evolução do incêndio, deve ser realizada documentação adicional e coleta de dados.

7.8.2 Como parte da coleta de informações, toda e qualquer documentação disponível relativa ao projeto dos sistemas de proteção contra incêndio deve ser obtida. Isso pode incluir planos de projeto, especificações de projeto, variações aprovadas pela autoridade competente e qualquer outro documento relacionado como o sistema foi projetado.

7.8.3 Deve ser obtido e examinado um histórico das licenças aplicáveis, que podem incluir as licenças de construção e de incêndio. As licenças podem ser usadas para determinar os escopos de trabalho supostamente executados e as várias partes que podem ter interesse no incidente, e podem ajudar a estabelecer um cronograma de eventos que levaram ao incêndio.

7.8.4 Todas e quaisquer faturas disponíveis devem ser obtidas e examinadas. As faturas podem ajudar o investigador a estabelecer qual trabalho foi realizado por quais partes e podem fornecer informações sobre quais materiais e componentes foram adquiridos.

7.8.5 Além dos planos de projeto e especificações de projeto, quando disponíveis, desenhos como construídos devem ser obtidos para auxiliar o investigador na determinação das condições pré-incêndio. Se os desenhos executados não estiverem disponíveis, pode ser necessário, se possível, criar desenhos executados com base nas condições pós-incêndio.

7.8.5.1A documentação de uma cena de incêndio deve incluir medições, diagramas e/ou fotografias suficientes para que um desenho ou reconstrução como construído possa ocorrer depois que a cena de incêndio não estiver mais disponível para o investigador.

7.8.6 Quando disponível, a documentação de manutenção, inspeção e/ou teste deve ser obtida para qualquer sistema de proteção contra incêndio que possa ter desempenhado um papel na evolução do incêndio. Esta documentação deve incluir formulários de inspeção, fotografias, faturas e assim por diante.

7.8.7O investigador deve trabalhar para identificar e coletar qualquer literatura de produto específica para o sistema de proteção contra incêndio. Isso pode incluir manuais de instalação, manuais do usuário, especificações, informações sobre o modelo do fabricante do produto e informações sobre sistemas pré-projetados.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

7.8.8A identificação, manuseio, armazenamento e transferência de evidências podem ser críticos para fornecer a todas as partes interessadas a oportunidade de avaliar as evidências. Sempre que possível, todas as partes interessadas devem ser notificadas da perda e ter a oportunidade de examinar as provas existentes. Se a coleta de evidências for considerada necessária para análise posterior, deve-se tomar cuidado para minimizar a destruição ou alteração das evidências durante os processos de coleta e manuseio. A destruição ou alteração das provas sem consentimento, acordo ou presença de outras partes interessadas conhecidas pode resultar em uma reclamação de espoliação de provas.*(Veja também 12.3.5.)*

7.9 Análise.

7.9.1 Análise de Código.

7.9.1.1 Pode haver vários códigos para analisar a fim de realizar uma avaliação completa. No mínimo, o código de construção, o código de prevenção de incêndio e os códigos de manutenção da propriedade devem ser revistos. Além disso, a NFPA*101*pode precisar ser revisto se foi legalmente adotado pela jurisdição local ou pelo estado em que o incêndio ocorreu.

7.9.1.2O código de construção que estava em vigor quando uma licença foi emitida para construir ou modificar uma estrutura é normalmente indicado no pedido de licença e/ou licença de construção. Como os códigos de prevenção de incêndio e manutenção predial contêm principalmente disposições para edifícios existentes, a edição aplicável será a que estiver em vigor no dia do incêndio. Tanto o nome de cada código quanto a edição específica são muito importantes.

7.9.1.3O código de construção incluirá requisitos para sistemas de proteção passiva contra incêndio. Estes incluem o seguinte:

(1)*Tipo de Construção.*Este capítulo indica as classificações de fogo exigidas dos elementos da estrutura. Este capítulo também fornecerá informações sobre onde materiais combustíveis podem ser usados em construções não combustíveis.

(2)*Construção com classificação de resistência ao fogo.*Este capítulo indica as classificações de fogo exigidas dos elementos da estrutura. Este capítulo também fornecerá informações sobre onde materiais combustíveis podem ser usados em construções não combustíveis.

7.9.1.3.1 Tipo de Construção. Este capítulo indica as classificações de fogo exigidas dos elementos da estrutura. Este capítulo também fornecerá informações sobre onde materiais combustíveis podem ser usados em construções não combustíveis.

7.9.1.3.2 Construção com classificação de resistência ao fogo. Este capítulo fornece provisões para elementos de estrutura específicos. Este capítulo também incluirá itens como penetrações, sistemas de juntas, proteção de aberturas e aberturas de dutos. Existem procedimentos bem estabelecidos disponíveis para calcular a resistência ao fogo de materiais específicos ou combinações de materiais.

7.9.1.4 Outros capítulos como Vidros e Vidros, Placas de Gesso e Gesso, e assim por diante, também pode conter informações úteis informação. Várias disposições no código de construção fazem referência a padrões específicos, por exemplo, ASTM e UL.

7.9.1.5NFPA*101*contém disposições tanto para novas construções como para edifícios existentes. A classificação de ocupação é o primeiro item que precisa ser determinado para identificar as disposições específicas do código que precisam ser avaliadas. NFPA*101* também possui um capítulo que contém requisitos específicos para sistemas passivos de proteção contra incêndio.

7.9.1.6O código de prevenção de incêndio e o código de manutenção de propriedade normalmente conterão requisitos básicos de manutenção para construção à prova de fogo. Eles também exigem que a proteção de abertura seja mantida adequadamente.

7.9.2 Análise de Projeto.

7.9.2.1 Os documentos de construção aprovados e as cópias dos códigos aplicáveis são essenciais para esta parte da análise. A análise pode determinar se os sistemas foram ou não construídos de acordo com os documentos de construção aprovados. Os documentos de construção incluirão desenhos, especificações e possivelmente alguns cálculos de projeto. Os desenhos incluirão plantas baixas, detalhes, elevações de seção transversal e cronogramas para o trabalho.

7.9.3 Análise de Instalação.

7.9.3.1 Os documentos de construção aprovados e as cópias dos códigos aplicáveis são essenciais para esta parte da análise. Os sistemas de proteção passiva contra incêndio podem ser inspecionados para determinar se foram construídos de acordo com os documentos de construção aprovados. Só porque um sistema foi construído de acordo com os documentos de construção aprovados não significa necessariamente que ele esteja em conformidade com os códigos aplicáveis.

7.9.4 Desempenho do Sistema.

7.9.4.1 Se a modelagem ou cálculos de computador puderem ser usados para avaliar o desempenho do sistema passivo de proteção contra incêndio, as propriedades térmicas das paredes, tetos e pisos provavelmente serão necessárias para a avaliação.

7.9.5 Teste e Análise de Manutenção.

7.9.5.1 Normalmente, não há nenhum tipo de teste periódico necessário para sistemas de proteção passiva contra incêndio. O mesmo se aplica à manutenção periódica. No entanto, o proprietário do edifício pode ser obrigado a manter os sistemas, garantindo que eles não sejam danificados ou violados.

7.9.6 Origem e Determinação da Causa.

7.9.6.1O investigador deve examinar todos os sistemas de proteção passiva contra incêndio para determinar o efeito que eles tiveram no crescimento e propagação do fogo. Tanto os códigos de incêndio quanto os de manutenção de propriedade exigem que os conjuntos com classificação de incêndio sejam mantidos para que resistam adequadamente à passagem de fogo e fumaça.

7.9.6.2 Análise de Danos Estruturais.

7.9.6.2.1 Penetrações.O investigador pode examinar todas as penetrações através de um conjunto à prova de fogo. Se as penetrações foram devidamente vedadas ou não, pode ser documentado. O investigador pode determinar se cada penetração contribuiu ou não para a propagação do fogo e da fumaça.

7.9.6.2.2 Sistemas Conjuntos. Os sistemas de juntas que foram instalados dentro ou entre paredes corta-fogo, conjuntos de piso ou piso/teto e conjuntos de telhado ou teto/teto podem ser examinados. O investigador pode determinar se o sistema falhou por não resistir à passagem do fogo como esperado por sua classificação de fogo. O sistema de junta pode ser avaliado para verificar se foi instalado com segurança na junta em todo o comprimento. Pode-se notar que o código de construção contém exceções para exigir sistemas de juntas com classificação de fogo.

7.9.6.2.3 Portas corta-fogo. Quaisquer portas corta-fogo devem ser examinadas para determinar se funcionaram como foram projetadas. A extensão do dano a uma porta corta-fogo pode ser cuidadosamente avaliada e documentada. Atenção especial pode ser dada à avaliação

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

ção do dispositivo de fechamento para determinar se ele funcionou corretamente. As informações na etiqueta da porta podem ser gravadas.

7.9.6.2.4 Janelas de incêndio. A extensão do dano a cada janela de incêndio pode ser avaliada e registrada. A espessura da vidraça e se foi ou não aramada pode ser documentada juntamente com o estado do caixilho. As informações na etiqueta da porta podem ser gravadas.

7.9.6.2.5 Aberturas de Dutos e Transferência Aérea. Quaisquer abafadores corta-fogo, abafadores de fumaça, abafadores de fogo/fumo combinados ou abafadores de radiação de teto podem ser examinados para determinar se funcionaram conforme projetado. O dispositivo/método de atuação pode ser examinado. Deve-se notar que o código de construção pode permitir que os dutos penetrem em um conjunto à prova de fogo sem exigir um amortecedor de incêndio sob certas condições.

7.9.6.2.6 Bloqueio de fogo e rascunho. Se o edifício tiver espaços ocultos combustíveis, qualquer bloqueio de fogo ou proteção contra correntes de ar pode ser avaliado e documentado. O investigador pode determinar se o fireblocking/draftstopping foi instalado nos locais corretos. O material e a espessura podem ser documentados.

N 7.10* Sistemas de Aquecimento. Este material fornece uma compreensão básica dos sistemas de aquecimento comumente encontrados em incidentes de incêndio residenciais e comerciais leves. É importante ter um conhecimento básico desses sistemas e seu desempenho para entender seu potencial impacto em um incidente de incêndio. Este material é uma introdução aos tipos de sistemas e como eles devem ser documentados e avaliados durante uma investigação de incêndio. Existe uma infinidade de recursos que descrevem esses sistemas com muito mais detalhes. O usuário deste guia deve consultar o material de referência listado no anexo para obter mais informações. Esta discussão abrange sistemas de aquecimento permanentemente instalados comumente usados em ocupações residenciais e comerciais leves. Os sistemas HVAC montados no telhado estão além do escopo desta discussão.

N 7.10.1 Componentes do Sistema.

N 7.10.1.1 Armazenamento e Fornecimento de Combustível. Os combustíveis usados para caldeiras, fornos, lareiras e fogões consistem em gás natural, propano, óleo combustível e combustíveis sólidos como madeira e carvão. Normalmente, o gás natural é canalizado diretamente para o prédio do consumidor a partir das instalações das concessionárias. O propano é normalmente entregue como propano líquido e transferido para o tanque do cliente. O óleo combustível é normalmente fornecido e armazenado em tanques no prédio do consumidor e canalizado para a caldeira ou forno. Madeira e carvão são normalmente entregues no local do consumidor e armazenados em pilhas, caixas ou sacos antes de serem usados. Consulte o Capítulo 10 para uma discussão detalhada sobre sistemas de gás natural e propano. Existem alguns dispositivos de produção de calor que usam combustíveis exclusivos, como óleo usado, serragem ou outras fontes de combustível disponíveis localmente.

N 7.10.1.2 Dispositivos de Produção de Calor.

N 7.10.1.2.1 Caldeiras. As caldeiras são de água quente ou vapor e construídas em aço ou ferro fundido. Eles são normalmente alimentados por propano, gás natural, óleo combustível ou combustíveis sólidos. A caldeira pode estar localizada dentro da estrutura ou fora da estrutura. Os dispositivos de segurança nas caldeiras são para evitar condições que possam resultar em explosões ou incêndios. Os dispositivos de segurança monitorizam a falta de água, a temperatura e as pressões na caldeira.

N 7.10.1.2.2 Fornos. Os fornos incluem unidades centrais de ar forçado, fornos de piso e unidades de parede. Os fornos centrais de ar forçado são tipicamente classificados pela direção do fluxo de ar através da unidade como fluxo descendente, fluxo ascendente ou horizontal. Fornos de piso, como o nome sugere, são montados nos pisos das estruturas. Os fornos de parede geralmente são uma unidade autônoma instalada na parede ou em uma parede. Esses dispositivos podem ser movidos a gás, óleo ou combustível sólido ou operados eletricamente. Fornos que são a gás, óleo ou combustível sólido são normalmente equipados com um respiro ou uma chaminé. Alguns fornos de parede a gás podem não ter ventilação.

N 7.10.1.2.3 Aquecedores Radiantes/Convectivos. Essas unidades geralmente são um painel plano instalado em uma parede, piso ou teto. O calor é gerado pelo painel a partir de elementos elétricos ou água quente que passa por tubos. Os painéis elétricos radiantes podem ser controlados por termostato.

N 7.10.1.2.4 Fogões. Esses tipos de dispositivos de aquecimento usam madeira, pellets de madeira ou carvão como combustível. Estas estufas são utilizadas para aquecimento direto do espaço em que se encontram e são constituídas por uma câmara de incêndio rodeada por uma caixa de metal ou pedra-sabão. Os fogões estão equipados com um respiradouro ou chaminé.

N 7.10.1.2.5 Lareiras Construídas na Fábrica. Essas unidades são geralmente de construção metálica e usam diferentes tipos de revestimentos, refratários e isolamento para fornecer segurança quando instaladas em um invólucro de madeira de uma estrutura. Essas unidades podem ser a gás ou combustível sólido. Alguns têm um mecanismo para circular o ar aquecido. Dispositivos de combustível sólido podem ter um ignitor a gás. As lareiras construídas na fábrica são normalmente conectadas a uma ventilação ou chaminé, mas algumas podem não ter ventilação.

N 7.10.1.2.6 Lareiras de Alvenaria. Essas unidades diferem das lareiras construídas na fábrica, pois são construídas no local. Normalmente, essas lareiras não têm nenhum controle sobre o suprimento de ar para o combustível em chamas. Essas unidades podem ser a gás ou combustível sólido. Lareiras de alvenaria são normalmente conectadas a uma chaminé.

N 7.10.1.2.7 Unidades de Aquecimento Elétrico. Há uma variedade de dispositivos que utilizam eletricidade para gerar calor. Exemplos são rodapés, aquecedores de ambiente instalados permanentemente, geralmente montados em uma parede ou piso, e sistema central de ar forçado, incluindo bombas de calor.

N 7.10.1.3 Chaminé/Respiradouro. Os respiradouros e as chaminés são utilizados para evacuar os aparelhos que queimam combustível e que produzem calor para o exterior do edifício. Os respiros são unidades construídas na fábrica com diferentes designações de tipo, como respiros de gás B, BW e L. Respiros de tipo específico devem ser usados para fornos ou aparelhos específicos para fornecer uma instalação segura e operação adequada da unidade. As chaminés são normalmente divididas em três categorias: construídas em fábrica, alvenaria e chaminés de metal não listadas. As unidades construídas na fábrica são um conjunto completo e foram testadas de acordo com os padrões de segurança. As chaminés de alvenaria são construídas no campo e não podem ser testadas até serem concluídas. Chaminés de metal não listadas não são submetidas a testes de segurança.

N 7.10.1.4 Dispositivos de Controle e Segurança. Controles e dispositivos de segurança são necessários em sistemas de aquecimento para evitar operação inadequada.

N 7.10.1.4.1 Pressostatos. Um pressostato é um dispositivo de segurança que monitora as pressões operacionais no sistema de aquecimento. Os pressostatos nos sistemas de aquecimento monitoram se foi estabelecida uma tiragem ou fluxo de ar na câmara de combustão e na chaminé do dispositivo de aquecimento. Os pressostatos também são usados para monitorar a pressão do combustível em sistemas a óleo, baixa e alta pressão em sistemas de gás e pressão de água ou vapor. As pressões devem ser adequadas ao interruptor para permitir o funcionamento do sistema de aquecimento.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

N **7.10.1.4.2 Limites de Alta Temperatura.** Um limite de alta temperatura (HTL) é um tipo de interruptor de detecção de calor que funciona para evitar o superaquecimento do sistema de aquecimento. O HTL não funciona quando o sistema está funcionando corretamente. O HTL é normalmente um dispositivo normalmente fechado que se abre quando uma temperatura predefinida é atingida desligando a unidade. O HTL pode ser redefinido automaticamente, redefinindo manualmente ou um dispositivo que precisa ser substituído.

N **7.10.1.4.3 Interruptores de Porta.** Esses interruptores são normalmente encontrados em fornos ou outros sistemas de aquecimento onde a(s) porta(s) ou tampa(s) deve(m) estar instalada(s) para uma operação segura. A chave geralmente tem um êmbolo com mola que deve ser pressionado, resultando em um conjunto fechado de contatos que permite a operação da unidade. Se a porta estiver faltando, o interruptor estará aberto e não permitirá que a unidade funcione. Esses interruptores podem ser ignorados, permitindo que a unidade funcione sem a presença da porta ou tampa.

N **7.10.1.4.4 Sensores de Chama.** Os controles primários de segurança necessários fazem com que o combustível desligue em caso de falha de ignição ou falha de chama. Um sensor de chama é um tipo de dispositivo de segurança que fornece segurança, certificando-se de que uma chama está presente enquanto o combustível está sendo fornecido ao aparelho de aquecimento. Para aparelhos a gás, é utilizado um sistema automático de ignição a gás. Ambos os tipos de controles detectam a presença ou ausência de chama. Os controles de segurança primários geralmente fornecem partida e parada do queimador em resposta a mudanças na demanda. Outros controles de segurança incluem intertravamentos de ar/combustível, intertravamentos de atomizador/combustível, regulagem de pressão e intertravamentos, intertravamentos de temperatura do óleo, reinício manual, desligamento remoto, válvulas de desligamento de segurança e circuitos de controle de segurança.

N **7.10.1.4.5 Detectores de Rolagem de Chama.** Os sistemas de aquecimento podem utilizar um interruptor de liberação de chama em aparelhos a gás para evitar a liberação de chamas da câmara de combustão devido a vários problemas com a unidade. Os problemas incluem tiragem inadequada através do aparelho ou acúmulo de fuligem no trocador de calor. Este interruptor detecta a propagação da chama e desliga o aparelho até que o serviço seja executado e o interruptor seja substituído ou reiniciado.

N **7.10.1.4.6 Termostatos de Controle.** Um termostato de controle é um interruptor regulador de temperatura que controla a temperatura de operação do dispositivo. O termostato de controle liga e desliga um dispositivo em um ponto definido durante a operação normal. Exemplos de um termostato de controle seriam um termostato de parede para um forno ou um termostato em um forno a gás que faz com que o ventilador de circulação seja acionado quando o forno atinge uma temperatura definida no trocador de calor. Uma falha de um termostato de controle geralmente não causa um incêndio sem falhas de outros dispositivos na mesma unidade.

N **7.10.2 Instalação.** Existem vários códigos e normas que abrangem a instalação de diferentes tipos de dispositivos de produção de calor e os suprimentos de combustível associados. Estes normalmente seguem as instruções de instalação do fabricante para detalhes específicos. Os tópicos abordados incluem posicionamento, espaço aéreo, ar de combustão, ar de resfriamento, suprimento de combustível, ventilação e controles.

N **7.10.2.1** A instalação inicial de chaminés, lareiras e aberturas deve permitir a inspeção dos arredores para determinar se as folgas exigidas foram mantidas e se as provisões corretas para suporte, estabilização, inspeção futura e manutenção estão em vigor. Conectores e chaminés para aparelhos de queima de combustível sólido devem ser projetados, localizados e instalados para permitir o acesso para inspeção e limpeza interna.

N **7.10.3 Operação e Manutenção.** Os sistemas de aquecimento têm diretrizes específicas para sua operação e uso seguros. A maioria requer manutenção regular. A operação e manutenção dos sistemas de aquecimento devem seguir as instruções do fabricante. Lareiras e chaminés construídas no local devem ser mantidas seguindo padrões como NFPA 211.

N **7.10.4 Possíveis Causas de Incêndio.** Os sistemas de aquecimento geralmente causam incêndios porque envolvem altas temperaturas durante a operação e podem envolver riscos, incluindo misturas combustíveis e combustíveis. Os diferentes componentes em um sistema de aquecimento podem incluir vários tipos de combustível, aplicações de aquecimento, métodos de queima, armazenamento de sistemas de distribuição, respiros, chaminés e lareiras, cada um dos quais apresenta riscos de incêndio plausíveis. A instalação, operação e manutenção adequadas são essenciais para a segurança e prevenção contra incêndios ao utilizar sistemas de aquecimento. A instalação envolve o sistema de fornecimento de combustível, o dispositivo de produção de calor, os dispositivos de controle e segurança, o ar de combustão e os sistemas de ventilação.

N **7.10.4.1 Instalação Inadequada de Sistemas de Fornecimento de Combustível.** Vazamentos e subsequente ignição do combustível, combustíveis gasosos incompatíveis com o orifício do queimador ou o regulador, ou detritos ou sedimentos entrando no sistema causando problemas operacionais podem resultar de uma instalação inadequada. O fornecimento de combustível do sistema de gás é abordado mais detalhadamente no Capítulo 10.

N **7.10.4.2 Instalação inadequada de dispositivos produtores de calor.** Todos os dispositivos de produção de calor terão uma folga mínima para materiais combustíveis, dependendo do dispositivo. Estas distâncias referem-se à quantidade de calor que o aparelho transfere para as superfícies adjacentes. Em alguns casos, as folgas podem ser reduzidas através da instalação de construções incombustíveis ou isolantes. As folgas são projetadas para evitar a ignição de combustíveis adjacentes quando o dispositivo de aquecimento é operado em sua temperatura máxima.

N **7.10.4.2.1** A instalação de dispositivos produtores de calor também deve considerar o meio ambiente. Como exemplo, um dispositivo de chama aberta em uma garagem onde podem estar presentes vapores de gasolina deve ser elevado acima da superfície do piso. Os fornos de piso devem ser instalados com folgas suficientes não apenas para proteger pisos e paredes combustíveis, mas também para manter o revestimento do forno e a tubulação conectada a ele fora de contato com terra ou materiais úmidos.

N **7.10.4.3 Instalação inadequada de dispositivos de controle e segurança.** A instalação e ajuste de controles para sistemas de aquecimento montados em campo ou destinados a aplicações específicas devem ser confiados apenas a pessoas com conhecimento desses dispositivos. Os dispositivos de segurança são geralmente predefinidos pelo fabricante ou instalador.

N **7.10.4.4 Instalação Inadequada de Chaminés e Respiros.** O tipo de chaminé ou ventilação deve ser adequado ao dispositivo de aquecimento e à aplicação. A instalação inadequada das chaminés ou aberturas onde passam ou são adjacentes à construção combustível cria um risco resultante de uma folga inadequada. As lareiras construídas em fábrica requerem chaminés que se interconectam com as passagens de ar. A não ligação do recuperador a esta chaminé específica pode ser extremamente perigosa e viola claramente os requisitos de instalação e a listagem. As seções de chaminés de paredes múltiplas e cheias de isolamento não devem ser trocadas. Preencher o espaço entre a chaminé e o caixilho de madeira com isolamento, ou colocar o caixilho na parede da chaminé ou contra a parede da chaminé irá interferir com a dissipação do calor para longe da chaminé e do caixilho, podendo causar ignição.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

ção. A falha em fixar as juntas ou alinhar as partes que transportam gás de uma chaminé construída na fábrica pode permitir que as chamas entrem em passagens externas reservadas para o fluxo de ar de resfriamento. Chaminés ou respiros mal apoiados podem permitir que eles se movam, resultando em aberturas ou contato com combustíveis causando ignição. Corta-fogos, escudos de isolamento de sótão ou espaçadores de lareira às vezes são instalados ou alterados de forma inadequada, de modo que madeira, isolamento e outros materiais estejam no espaço aéreo projetado para resfriamento ou próximo às superfícies aquecidas. O espaço entre a chaminé e o invólucro deve ser pelo menos o espaço mínimo especificado na NFPA 211 ou nas instruções do fabricante para chaminés listadas.

N **7.10.4.5 Violações de Requisitos de Espaço Aéreo.** Os fornos podem produzir temperaturas perigosamente altas, principalmente se a circulação de ar for restrita. Deve ser deixado um espaço de ar entre as blindagens e a superfície de irradiação de calor de um lado e entre a barreira e o material combustível do outro. As correntes de ar nesses espaços impedirão que o material combustível atinja uma temperatura perigosa. A instalação de blindagem ou barreira sem espaços adequados para circulação de ar pode criar cenários de ignição. A ventilação e o fornecimento de ar de combustão devem permitir a combustão adequada do combustível, a tiragem da chaminé e a manutenção de temperaturas seguras.

N **7.10.4.6 Utilizando Dispositivos e Acessórios Não Listados.** Esses dispositivos podem incluir fogões de barril construídos em casa e trocadores de calor com chaminé ou ventilação. Dispositivos ou acessórios não listados provavelmente não foram testados ou avaliados para a aplicação específica. Fogões caseiros não foram avaliados quanto a folgas efetivas ou uso pretendido. Alguns acessórios podem restringir o fluxo de ar aumentando as temperaturas de funcionamento ou introduzir componentes combustíveis. Se foram feitos reparos, os componentes substituídos podem não ser apropriados para a aplicação ou uso.

N **7.10.4.7 Componentes de controle e segurança burlados ou com falha.** O fluxo descontrolado de combustível não queimado para aparelhos e queimadores pode levar a consequências graves. Explosões resultantes de acúmulos de combustível não queimado na câmara de combustão ou devido a condições de sobrepressão podem romper as linhas de combustível.

N **7.10.4.7.1** Para proteger contra a descarga de combustível não queimado ou misturas inadequadas de combustível e ar, são fornecidos controles de segurança para queimadores de combustível. Os controles de segurança são geralmente predefinidos pelo fabricante ou instalador. Qualquer alteração destas configurações ou ignorar qualquer controle de segurança pode levar a consequências graves. Quando um controle defeituoso é substituído, um modelo e configuração semelhantes devem ser usados.

N **7.10.4.8 Manutenção ou Limpeza Inadequada.** As inspeções devem ser realizadas pelo menos anualmente, e a limpeza, manutenção e reparos devem ser realizados conforme necessário. A limpeza deve ser feita por métodos que não prejudiquem o desempenho estrutural ou térmico. Quando a inspeção ou um mau funcionamento operacional mostra que uma chaminé, lareira ou ventilação existente está danificada, corroída, inadequada ou de tamanho inadequado, ela deve ser reparada, reconstruída ou redimensionada de acordo com os requisitos de construção e funcionais.

N **7.10.4.8.1** O creosoto é uma coleção de alcatrões e outros hidrocarbonetos produzidos pela destilação pirolítica da madeira. Em condições ideais, esses produtos são consumidos nas chamas de um fogo de lenha. Quando a lenha é queimada em um fogão sob condições de limitação de ar, ela pode não ser totalmente queimada e pode se depositar nas superfícies do fogão, do conector e da chaminé. O creosoto é combustível e, se inflamado, pode alimentar um incêndio perigoso em partes do sistema de ventilação não projetadas para resistir à combustão. Quando ocorre um acúmulo dentro de uma chaminé, esses depósitos podem queimar por tempo suficiente para causar temperaturas de superfície que podem inflamar a estrutura ao seu redor.

N **7.10.4.8.2** Se a falta de espaço ao redor de um aparelho dificulta a acessibilidade, o aparelho, ou pelo menos algumas partes dele, será negligenciado. Esse mesmo raciocínio se aplica a aparelhos localizados em locais afastados e de difícil acesso, como fornos suspensos e fornos em sótãos e espaços sob o piso.

N **7.10.4.8.3** Os sistemas de combustível que alimentam automaticamente combustíveis sólidos precisam de manutenção para garantir que o combustível seja alimentado na taxa adequada e para que o fogo não queime novamente no suprimento de combustível.

N **7.10.4.8.4** Em fornos, a degradação do trocador de calor pode levar a temperaturas elevadas do gabinete que podem inflamar combustíveis próximos. A manutenção inadequada das válvulas de alívio de pressão em caldeiras pode resultar em sobrepressão com explosão.

N **7.10.4.9 Uso Indevido.** Se um aparelho for superaquecido deliberadamente ou por negligência, pode haver um perigo grave e imediato. A sobrequeima prolongada de uma chaminé pode causar aquecimento excessivo nas paredes adjacentes. Cinzas recolhidas em recipientes combustíveis ou a colocação de recipientes de cinzas em superfícies combustíveis podem resultar em incêndios. As brasas dentro das cinzas podem permanecer quentes por um longo período de tempo e inflamar combustíveis. A colocação de combustíveis demasiado perto de dispositivos de aquecimento pode provocar a sua ignição.

N **7.10.4.9.1** O uso de líquidos inflamáveis para ligar dispositivos de combustível sólido pode causar incêndios repentinos e queima descontrolada dentro e fora do dispositivo.

N **7.10.4.9.2** A falta de portas ou triagem na lareira ou fogão pode permitir que brasas ou produtos de combustível em chamas escapem e acendam combustíveis próximos.

N **7.10.4.10 Eventos Elétricos.** Falha de aquecimento elétrico elementos podem fazer com que faíscas ou material fundido sejam ejetados do dispositivo de aquecimento. Curtos-circuitos e conexões aquecidas podem gerar energia suficiente para inflamar materiais combustíveis dentro ou fora do dispositivo. O Capítulo 9 discute falhas elétricas, fontes de ignição e avaliação e documentação recomendadas com mais detalhes.

N **7.10.5 Documentação e Coleta de Dados.** Esses tópicos são discutido em detalhes em outros capítulos deste documento, incluindo o Capítulo 16. O material a seguir fornece detalhes relacionados à investigação de sistemas de aquecimento.

N **7.10.5.1** Quando um sistema ou componente de aquecimento é identificado como um fator potencial na causa do incêndio, documentação adicional e coleta de dados deve ser realizada. Durante o processo de documentação, é importante que o investigador considere o dispositivo de aquecimento e quaisquer componentes associados como um sistema completo. Embora a documentação detalhada dos componentes individuais do sistema deva ser realizada, todo o sistema de aquecimento e sua instalação também exigem documentação detalhada como um todo. A documentação de outros sistemas prediais que possam ter interagido com o sistema de aquecimento e que possam ser fatores na causa ou progressão do incêndio também deve ser realizada. Antes que qualquer parte do sistema seja desconectada ou movida, deve-se considerar a necessidade de operar ou testar os componentes do sistema no local.

N **7.10.5.2 Documentação das informações do sistema de aquecimento.** o investigador deve documentar o sistema de aquecimento e sua instalação

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

ção, incluindo, mas não limitado ao layout do espaço onde instalado, sistemas prediais de apoio, outros sistemas prediais que possam ser fatores na progressão do incêndio, sistemas de ar de combustão e configuração de instalação de ventilação e ventilação, conforme aplicável. O investigador também deve trabalhar para identificar o sistema de aquecimento específico, os componentes do sistema associado e outros sistemas de construção envolvidos, incluindo o fabricante, número do modelo e número de série, data de fabricação e quaisquer outros dados ou etiquetas, como avisos, instruções, e recomendações. Essas informações devem incluir o uso de fotografia e anotações, pois esses itens às vezes são difíceis de fotografar. Muitas vezes é necessário mover o dispositivo de aquecimento para obter esses dados; no entanto, isso deve ser feito somente após o(s) item(ns) serem documentados in loco,

N **7.10.5.2.1**O investigador deve coletar qualquer literatura de produto específica para o sistema de aquecimento. Isso pode incluir manuais de instalação, manuais do usuário, especificações, informações sobre o modelo do fabricante do produto e informações sobre sistemas pré-projetados.

N **7.10.5.2.2**Como parte da coleta de informações, toda a documentação disponível relativa ao projeto do sistema de aquecimento deve ser obtida. Isso pode incluir planos de projeto, especificações de projeto, apresentação de equipamentos, variações aprovadas pela autoridade competente e qualquer outro documento relacionado a como o sistema foi projetado e instalado. Desenhos marcados ou construídos devem ser obtidos (se disponíveis) para ajudar o investigador a determinar as condições pré-incêndio. Pode ser possível criar desenhos como construído com base nas condições pós-incêndio se nenhum desenho pré-incêndio puder ser encontrado.

N **7.10.5.2.3**Um histórico das licenças de construção aplicáveis para novas construções ou reformas deve ser obtido e examinado. As licenças podem ser usadas para determinar o escopo do trabalho supostamente executado e as várias partes que podem ter interesse no incidente, e podem ajudar a estabelecer um cronograma de eventos que levaram ao incêndio. As faturas devem ser obtidas e examinadas. As faturas podem ajudar o investigador a estabelecer qual trabalho foi realizado por quais partes e podem fornecer informações sobre quais materiais e componentes foram adquiridos.

N **7.10.5.2.4**A documentação de manutenção, inspeção e/ou teste deve ser obtida para qualquer sistema de aquecimento que possa ter tido um papel na causa ou progressão do incêndio. Essa documentação deve incluir formulários de inspeção, fotografias, faturas e assim por diante. Podem existir documentos relativos ao comissionamento ou aceitação inicial desses sistemas. Estes podem conter informações sobre os resultados da primeira colocação em funcionamento e teste e como o sistema de aquecimento pode interagir com outros sistemas do edifício.

N **7.10.5.3 Documentação de Danos.**Danos causados por incêndio ou explosão no sistema de aquecimento e nos elementos de construção próximos devem ser observados e fotografados antes que a cena seja perturbada ou alterada. Possíveis fontes de combustível nas proximidades e quaisquer condições incomuns na área também devem ser observadas.

N **7.10.5.3.1**A documentação de uma cena de incêndio deve incluir medições, diagramas e/ou fotografias para que uma reconstrução precisa possa ocorrer depois que a cena de incêndio não estiver mais disponível. O investigador deve considerar que todo o sistema pode precisar ser documentado, incluindo combustível ou fornecimento elétrico, dispositivo de aquecimento, controles e componentes de ventilação.

N **7.10.5.4 Documentando Posições de Controles.**Atenção especial na documentação deve ser dada à posição de todos os controles (p. do sistema ou indicar o seu estado no momento do incêndio.

N **7.10.5.5 Outros Dados Importantes.**Outros registros podem ser úteis ao investigar possíveis incidentes no sistema de aquecimento. Contas ou registros de serviços públicos podem ser coletados para garantir que o combustível e/ou energia estava disponível no momento do incidente. Os dados meteorológicos para o momento do incidente também podem ser coletados para fornecer informações sobre o status operacional esperado do sistema de aquecimento. Alguns sistemas mais avançados podem ter dados gravados que podem ser acessados e/ou baixados do sistema, termostato, rede residencial ou predial, dispositivo remoto ou algo semelhante.

N **7.10.5.6 Reunindo as peças do sistema de aquecimento.**Quando um sistema de aquecimento foi danificado pelo fogo ou atividades de supressão, todos os esforços devem ser feitos para reunir as peças do sistema e mantê-las juntas. Após a exposição ao fogo, muitos dos componentes podem se tornar quebradiços e podem se desintegrar com o manuseio, razão pela qual é importante documentar suas condições neste momento. Onde for considerado útil e não resultar em danos significativos aos restos dos componentes do sistema, alguma reconstrução das peças pode ser feita para fins de documentação e análise. Essa reconstrução pode incluir a substituição de peças destacadas e a movimentação do dispositivo para sua localização e posição originais. A tentativa de operar ou testar o sistema não deve ser feita durante o exame inicial da cena do incêndio. Isso pode danificar ainda mais o sistema ou seus componentes e possivelmente destruir evidências críticas. O exame neste ponto deve ser estritamente não destrutivo e apenas com o propósito de coletar dados sobre a condição do sistema após o incêndio. Exemplos de testes não destrutivos incluem o uso de um volt/ohmímetro para verificar a resistência ou continuidade dos circuitos. Pode haver casos em que haja exceções para não testar sistemas de aquecimento no momento de um exame de cena de incêndio. Uma exceção que pode exigir o teste de um sistema de aquecimento antes da remoção do local do incêndio pode incluir o teste de fumaça dos sistemas de ventilação. Isso não deve impedir o teste de sistemas prediais de suporte, como sistemas de abastecimento de gás combustível, conforme necessário para preservar evidências críticas antes da desconexão do sistema de aquecimento e componentes desses sistemas de suporte. O Capítulo 17 deve ser consultado para orientação adicional.

N **7.10.5.6.1**Sempre que possível, todas as partes interessadas devem ser notificado da perda e dada a oportunidade de examinar as provas no local. Reconhece-se que podem ser exigidos testes antes da notificação de todas as potenciais partes interessadas como parte de uma investigação pelas autoridades ou devido a questões de segurança. Essas atividades devem ser suficientemente documentadas para que aqueles que não estiverem presentes possam avaliar o teste e interpretar os dados. Se a coleta de evidências for considerada necessária para análise posterior, deve-se tomar cuidado para minimizar a destruição ou alteração das evidências durante os processos de coleta e manuseio. A identificação, preservação, manuseio, armazenamento e transferência de evidências são fundamentais para fornecer uma oportunidade para todas as partes interessadas avaliarem as evidências. Destruição ou alteração da prova sem consentimento, acordo,

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

N 7.10.6 Análise de Origem e Causas.A determinação da origem deve seguir as orientações descritas em outras partes deste documento. O investigador deve considerar que os incêndios envolvendo sistemas de aquecimento envolvem uma série de dispositivos e componentes alguns que podem não estar localizados na origem. Por exemplo, um regulador de gás montado na parte externa de um prédio que falha pode resultar em incêndio no dispositivo de aquecimento. Um bloqueio na ventilação também pode causar o lançamento e a ignição no dispositivo. A investigação da causa pode precisar se expandir além da área de origem para incluir uma avaliação de todo o sistema.

Capítulo 8 Sistemas Ativos de Proteção Contra Incêndio

8.1* Introdução.Este capítulo fornece uma compreensão básica dos sistemas ativos de proteção contra incêndio, que inclui informações gerais, componentes-chave, parâmetros operacionais e de instalação, coleta de dados e análise. Os sistemas passivos de proteção contra incêndio são abordados no Capítulo 7. É importante ter um conhecimento básico dos sistemas de proteção contra incêndio presentes e seu desempenho durante um incidente para entender o papel do sistema e seu impacto no incidente de incêndio.

8.1.1 Este capítulo fornece uma descrição dos sistemas mais comumente encontrados instalados em edifícios. Sistemas de alarme de incêndio, incluindo dispositivos de detecção e notificação, sistemas à base de água e sistemas de supressão de incêndio são discutidos.

8.1.2*Este capítulo é uma introdução aos tipos de sistemas e como eles devem ser documentados e abordados durante a investigação de incêndio. Existe uma infinidade de recursos que descrevem esses sistemas com muito mais detalhes. O usuário deste guia deve consultar o material de referência listado no Anexo A para obter mais informações.

8.1.3O desempenho dos sistemas de proteção contra incêndio pode ser relevante para o desenvolvimento ou teste de hipóteses associadas à origem, causa ou propagação de um incêndio e, como tal, o sistema deve ser avaliado e documentado.

8.1.4A documentação e análise de sistemas ativos de proteção contra incêndio geralmente precisam da assistência técnica de engenheiros ou especialistas técnicos. O movimento, manipulação, energização e desenergização dos componentes do sistema podem resultar na destruição de dados críticos. A perda desses dados pode dificultar a análise e formulação de origem e gerar hipóteses, podendo ser considerada espoliação de evidências. Mesmo que o escopo da atribuição de um investigador não inclua a análise dos sistemas de proteção contra incêndio, a documentação e a análise desses sistemas podem ser importantes para outras partes interessadas, portanto, a preservação desses sistemas é fundamental.

8.2 Documentação de Sistemas de Proteção Contra Incêndio.

8.2.1 Documentação do Projeto.A documentação do projeto referente ao sistema de proteção contra incêndio específico ou componente de interesse do investigador deve ser obtida. O número de documentos de projeto e a localização desses documentos podem variar de acordo com o tipo específico de sistema ou componente. Os documentos de projeto são frequentemente modificados desde o momento em que o projeto é concebido até sua construção ou instalação. O investigador deve obter o maior número possível de versões. Os documentos de projeto podem estar na posse do projetista, fabricante, agência certificadora, instalador, proprietário ou ocupante do edifício ou da AHJ.

8.2.2 Histórico de Permissão. Se o projeto e/ou instalação do sistema ou componente requerer uma autorização do AHJ, a origem O arquivo de autorização final na posse do AHJ deve ser examinado pelo investigador e copiado, se necessário. O arquivo de licença pode conter desenhos de projeto, modificações exigidas pela AHJ, avisos de deficiências e relatórios de inspeção. Se uma permissão foi exigida pelo AHJ, mas nenhuma foi obtida, isso deve ser observado.

8.2.3 Faturas e Contratos. Minutas de contratos, contratos finais, contratos revisados e faturas de serviços e materiais devem ser obtidos pelo investigador. Esses documentos podem estar em posse das partes do contrato, do vendedor do produto, do prestador de serviços ou do instalador.

8.2.4 Documentação de Instalação. Após a conclusão do projeto, os planos "as built" podem ter sido fornecidos ao proprietário do edifício. Dependendo do sistema, o fornecimento dos desenhos "como construído" pode ser exigido por um padrão, código ou AHJ. É importante comparar os planos "como construídos" com a instalação real, pois eles podem não estar em conformidade. As discrepâncias entre os planos "como construído" e a instalação real devem ser observadas.

8.2.5 Registros de Inspeção e Manutenção. Alguns sistemas de proteção contra incêndios precisam de inspeção e manutenção periódicas. Códigos, padrões e o AHJ podem exigir inspeção e manutenção periódica dos sistemas e que tais inspeções e manutenção sejam documentadas. Os documentos de inspeção e manutenção podem ser encontrados na posse do proprietário do edifício ou entidade responsável pelo edifício, da entidade que prestou serviços e/ou inspecionou o sistema e da AHJ.

8.2.6 Literatura do Produto. Informações sobre o produto gerado pelo fabricante do sistema ou componente devem ser obtidas. A literatura pode estar em posse do proprietário do sistema, distribuidor do produto, vendedor ou disponível diretamente do fabricante. A literatura do produto geralmente está disponível em sites de distribuidores e fabricantes. A literatura do produto pode ter mudado desde o momento em que o produto foi adquirido ou instalado e a data da investigação. Mesmo que a literatura original esteja disponível para o investigador, a literatura atual sobre o produto deve ser obtida para determinar se alguma mudança significativa no produto ou na literatura foi feita pelo fabricante. Essas alterações podem incluir alterações de design que afetam a investigação e avisos que não estavam presentes na documentação original. Alguns produtos, para atender aos requisitos do AHJ, deve ser listado por uma agência certificadora, como Underwriters Laboratories (UL). A agência certificadora manterá um arquivo sobre seus testes do produto e possivelmente sua inspeção da instalação de produção.

8.2.7 Histórico de Alarme/Ativação. Os sistemas de alarme podem ser monitorados, enviando dados além das informações de ativação de alarme para uma estação central de monitoramento. A empresa de monitoramento de alarmes deve ser avisada o quanto antes para preservar todos os dados registrados em seu sistema. Alguns painéis de alarme retêm dados no painel que não são transmitidos para a central de monitoramento. Os dados retidos no painel podem ser perdidos se o painel perde energia elétrica. O sistema de alarme pode ter energia de reserva de bateria, mas uma vez que a bateria perde a carga, os dados podem ser perdidos. Deve-se tomar cuidado para preservar o painel e sua fonte de alimentação. A assistência de um especialista em alarmes qualificado deve ser considerada antes que os dados sejam perdidos ou o painel seja removido ou manipulado.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

8.3* Sistemas de Alarme de Incêndio.

8.3.1 Informações Gerais.

8.3.1.1 Finalidade dos Sistemas. Um sistema de detecção e alarme de incêndio é um elemento importante entre as características de proteção contra incêndio de qualquer edifício. Como a maioria das mortes por incêndio resulta de incêndios em edifícios, o uso de sistemas de detecção e alarme de incêndio devidamente especificados, projetados, fabricados, instalados, mantidos e testados em edifícios pode ajudar a reduzir significativamente a perda de vidas por incêndio. Além disso, os sistemas de detecção e alarme de incêndio podem ajudar a limitar as perdas por incêndio em edifícios, independentemente da ocupação.

8.3.1.2* Componentes do Sistema.Os sistemas de alarme de incêndio são classificados de acordo com as funções que se espera que executem. Os componentes básicos de cada sistema incluem uma unidade de controle do sistema; uma fonte de alimentação primária ou principal; uma fonte de alimentação secundária ou de reserva; um ou mais circuitos de dispositivo de iniciação; um ou mais circuitos de aparelhos de notificação de alarme de incêndio; e, em alguns casos, monitoramento externo.

8.3.1.3 Operação Geral do Sistema.A operação de um sistema de alarme de incêndio começa com a detecção de um incêndio. Essa detecção pode consistir em um ocupante do edifício descobrindo um incêndio e ativando uma caixa manual de alarme de incêndio (ou seja, uma estação de acionamento) ou a ativação de um dispositivo automático de detecção de incêndio. Após a detecção de um incêndio, os aparelhos de notificação alertam os ocupantes do edifício e, dependendo do projeto do sistema, os serviços de emergência.

8.3.2* Componentes Chave dos Sistemas.

8.3.2.1 Unidade de Controle de Alarme de Incêndio (FACU). Uma FACU é o componente do sistema de alarme de incêndio que recebe sinais de dispositivos de iniciação, como detectores de fumaça ou calor ou acionadores manuais ou outras FACUs, e processa esses sinais para determinar parte ou toda a função de saída necessária do sistema de alarme de incêndio (s) que devem ser ativados, como um sinal de alarme, sistema de supressão ou controle do sistema HVAC. Uma FACU (ou seja, um painel) geralmente é fornecida com fontes de alimentação primárias e secundárias. A Figura 8.3.2.1 mostra um exemplo de uma FACU com um painel de exibição.

8.3.2.2 Fonte de Alimentação. Uma fonte de alimentação é uma fonte de energia elétrica operacional, que inclui os circuitos e terminações que a conectam aos componentes do sistema dependentes.

8.3.2.2.1 Primário. Para sistemas de alarme de incêndio (utilizando uma FACU e incluindo sistemas de alarme de incêndio domésticos, a energia primária é normalmente fornecida por um circuito de derivação dedicado via luz e energia comercial ou um gerador acionado por motor com pessoal treinado em serviço. Para dispositivos de alarme de fumaça que não requerem um FACU, a alimentação primária pode ser um circuito ramificado ou, em certas circunstâncias, via bateria, de acordo com requisitos específicos em padrões como*NFPA 72*.

8.3.2.2.2 Secundário. Os sistemas de alarme de incêndio domésticos e comerciais são obrigados a ter uma fonte de alimentação secundária, normalmente uma bateria. Em geral, a maioria dos sistemas atuais é projetada para 24 horas de energia de backup. Muitos alarmes de fumaça alimentados por CA também têm energia de backup por bateria. Esses alarmes normalmente funcionarão por pelo menos 7 dias com energia de reserva da bateria.

8.3.2.3 Dispositivos de Iniciação. Um componente do sistema que origina a transmissão de uma condição de mudança de estado, como um detector de fumaça, caixa de alarme de incêndio manual ou interruptor de supervisão.

8.3.2.3.1 Tipo Spot. Um dispositivo no qual o elemento de detecção está concentrado em um local específico, como um único ponto no teto. Um alarme de fumaça é um exemplo de dispositivo do tipo spot.

8.3.2.3.2 Tipo de Linha. Um dispositivo no qual a detecção é contínua ao longo de um caminho, como um cabo sensível ao calor e detectores de fumaça de feixe projetado.

8.3.2.3.3 Vídeo. Um sistema de detecção que cobre um volume analisando automaticamente imagens de vídeo em tempo real para detectar fumaça ou chamas.

8.3.2.4 Detecção de Fumaça.

8.3.2.4.1 Detectores de Fumaça vs. Alarmes de Fumaça. Um detector de fumaça faz parte de um sistema de alarme de incêndio, e um alarme de fumaça é uma unidade que inclui os componentes de detecção e aviso em uma única unidade e não requer uma FACU para alimentação e supervisão por*NFPA 72*. Alguns detectores de fumaça incluem sirenes; no entanto, eles devem estar conectados a uma FACU para operar. A Figura 8.3.2.4.1(a) mostra um exemplo de alarme de fumaça e a Figura 8.3.2.4.1(b) mostra um exemplo de detector de fumaça.



FIGURA 8.3.2.1 Tela FACU/LCD.*(Fonte: Gamewell-FCI, Northford, CT)*

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 8.3.2.4.1(a) Alarme de fumaça de várias estações interconectáveis sem fio. ***(Fonte: Kidde, Mebane, NC)***



FIGURA 8.3.2.4.1(b) Detector de Fumaça do Tipo Ponto Eletrônico. ***(Fonte: System Sensor Corp, St. Charles, IL)***

8.3.2.4.2 Ionização. *Ionizacao* é o princípio de usar uma pequena quantidade de material radioativo para ionizar o ar entre dois eletrodos carregados diferencialmente para detectar a presença de partículas de fumaça. As partículas de fumaça que entram no volume de ionização, ou câmara, diminuem a condutância do ar reduzindo a mobilidade dos íons. O sinal de condutância reduzida é processado e usado para transmitir uma condição de alarme quando atende aos critérios predefinidos. Os detectores de ionização são geralmente mais sensíveis a chamas do que os detectores fotoelétricos. A grande maioria dos alarmes de fumaça em ocupações residenciais são dispositivos de ionização. A Figura 8.3.2.4.2 mostra um diagrama do princípio de funcionamento de um sensor de ionização.

8.3.2.4.3 Fotoelétrico. *Fotoelétricos* é o princípio do uso de uma fonte de luz e um sensor fotossensível que normalmente está deslocado do caminho da fonte de luz, conforme mostrado na Figura 8.3.2.4.3. Em geral, os detectores fotoelétricos medem a quantidade de luz espalhada para o sen ou quando a fumaça entra na luz s são caminho. Photoel detector elétrico geralmente mais sensíveis aos fogo latente res do que ioniz detectores de ação. A maioria dos detectores em fi é um alarm sys itens (por exemplo, comerciais, e você e/s idade) são foto domésticos, dispositivos elétricos.

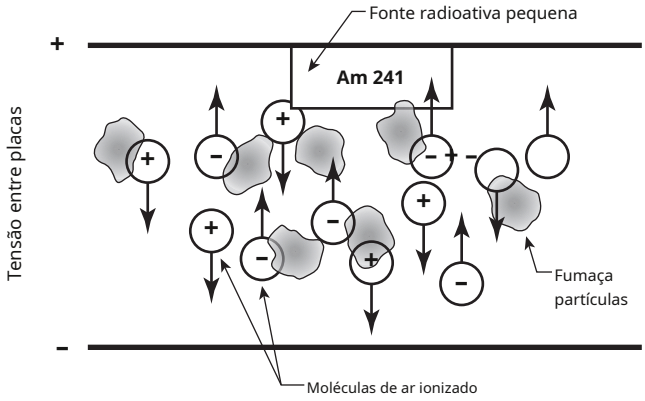


FIGURA 8.3.2.4.2 Operação do Detector de Fumaça de Ionização e Alarmes . ***(Fonte: Manual da NFPA 72)***

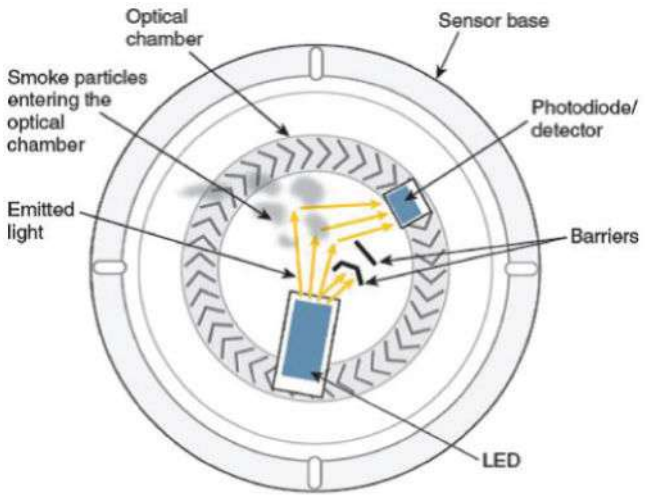


FIGURA 8.3.2.4.3 Funcionamento do Detector de Fumaça por Dispersão de Luz Fotoelétrico. ***(Fonte: Manual da NFPA 72)***

8.3.2.4.4 Amostragem de Ar – Aspirado. Os sistemas de amostragem de ar consistem em uma rede de tubos ou tubulações com orifícios de amostragem que puxam o ar do espaço protegido de volta para um detector central *(ver Figura 8.3.2.4.4).* Os sistemas de amostragem de ar normalmente têm uma ampla faixa de sensibilidade, abrangendo faixas típicas de detectores de fumaça pontuais e incluindo uma faixa muito mais sensível com níveis de alarme de fumaça em uma ordem de magnitude mais baixa. Esses sistemas são frequentemente usados na proteção de ocupações de alto valor devido à sua alta sensibilidade.

8.3.2.4.5 Viga Projetada. Os detectores de fumaça de feixe projetado consistem em uma fonte de luz projetada em um receptor fotossensível. O detector mede a fumaça com base na quantidade de luz obscurecida quando a fumaça cruza o caminho do feixe de luz. Os detectores de feixe são geralmente usados para proteger grandes espaços abertos com comprimentos de feixe acima de cerca de 50 m a 150 m (160 pés a 500 pés).

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

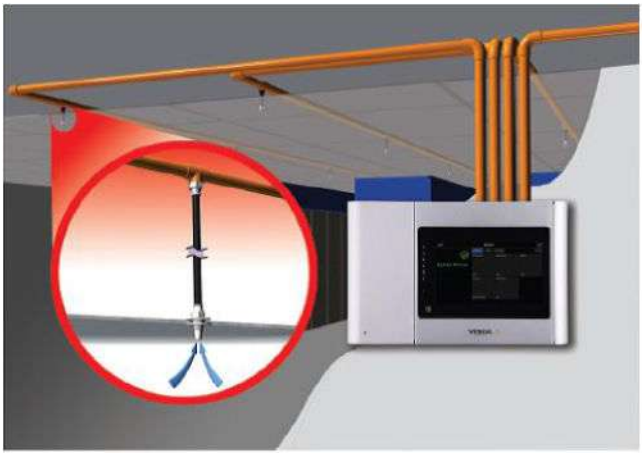


FIGURA 8.3.2.4.4 **Uso de Tubos de Amostragem para Transporte de Fumaça-Ar carregado para a unidade de detecção central do detector de amostragem de ar.** ***(Fonte: Xtralis, Norwell, MA)***

8.3.2.5 Detecção de Calor.

8.3.2.5.1 Detectores de Calor Pontual e Linear. Existem dois tipos principais de detectores de calor: detectores de ponto e detectores lineares. Cada tipo pode responder à temperatura por meio de um limite de temperatura fixo ou um limite de temperatura de taxa de aumento. Os detectores de calor não são considerados equipamentos de segurança de vida e são usados principalmente para proteção de propriedade, particularmente em aplicações onde a detecção de fumaça não é apropriada ou não é necessária. Detectores de calor spot são rotineiramente combinados com detectores de fumaça em um único dispositivo. A Figura 8.3.2.5.1(a) até a Figura 8.3.2.5.1(d) mostram exemplos de diferentes tipos de detectores de calor.

8.3.2.5.2 Detector de Incêndio com Sensor de Energia Radiante. Um dispositivo que detecta energia radiante, como ultravioleta, visível ou infravermelho, emitida como produto da reação de combustão e obedece às leis da ótica.

8.3.2.5.3 Detectores de Chama. Um detector de energia radiante que detecta uma chama. Existem muitos tipos de detectores de chama, sendo que alguns são capazes de proteger uma área cônica, aproximadamente 45 graus na vertical e estendendo-se por uma distância de até 15 m (50 pés) a 60 m (200 pés) na horizontal.



FIGURA 8.3.2.5.1(a) Detector de Calor Eletrônico Tipo Ponto. ***(Fonte: System Sensor Corp, St. Charles, IL)***

8.3.2.5.4 Detectores de faísca/brasa. Detectores de faíscas/ brasas são instalados para detectar faíscas ou brasas que podem resultar em incêndio ou explosão. As aplicações típicas incluem o monitoramento de material à medida que passa por dutos ou transportadores. Esses dispositivos normalmente funcionam no espectro infravermelho e se destinam a operar em ambientes escuros.

8.3.2.6* Outros Tipos de Detectores.Vários tipos de detectores de gás são usados em ocupações industriais/comerciais e residenciais. Os tipos típicos incluem monóxido de carbono (CO) e gás combustível, como propano e hidrogênio. Além de detectores independentes, alguns sistemas de detecção de incêndio combinam sensores de gás, particularmente CO, com outros sensores de incêndio, como fumaça, para fornecer detectores multicritério que reivindicaram vantagens de detecção aprimorada e/ou alarmes falsos reduzidos. A manutenção e calibração de detectores de gás podem ser um aspecto crítico do desempenho.

8.3.2.7 Aparelhos de Notificação.UMA*dispositivo de notificação*é um componente de um sistema de alarme de incêndio, como campainha, buzina, alto-falante, luz ou exibição de texto que fornece saídas audíveis, táteis ou visíveis, ou qualquer combinação delas. A notificação de um alarme pode ser fornecida dentro da área protegida para alertar os ocupantes ou em locais remotos para alertar a equipe da instalação ou os bombeiros. A Figura 8.3.2.7(a) até a Figura 8.3.2.7(c) mostra exemplos de dispositivos de notificação.

8.3.3* Parâmetros de Operação e Instalação do Sistema.

8.3.3.1 Recursos da FACU.A FACU é a unidade operacional central do sistema de alarme de incêndio. A FACU recebe, processa e anuncia os sinais do sistema, incluindo condições de alarme, supervisão e problemas. Esses sinais podem ser armazenados na memória eletrônica da FACU, comunicados a uma estação de serviço de monitoramento central ou gravados por uma impressora FACU dedicada. A FACU serve como meio de reconhecimento, silenciamento e redefinição de todos os sinais do sistema de alarme de incêndio. Um painel indicador remoto que exibe o status operacional do sistema de alarme de incêndio e as condições atuais do alarme às vezes está localizado próximo à entrada de um prédio. O painel do anunciador remoto é uma extensão da FACU e serve como recurso para os socorristas ajudarem na interpretação e localização das condições de alarme.



FIGURA 8.3.2.5.1(b) Detector de Calor de Temperatura Fixa do Tipo Ponto. ***(Fonte: System Sensor Corp, St. Charles, IL)***

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

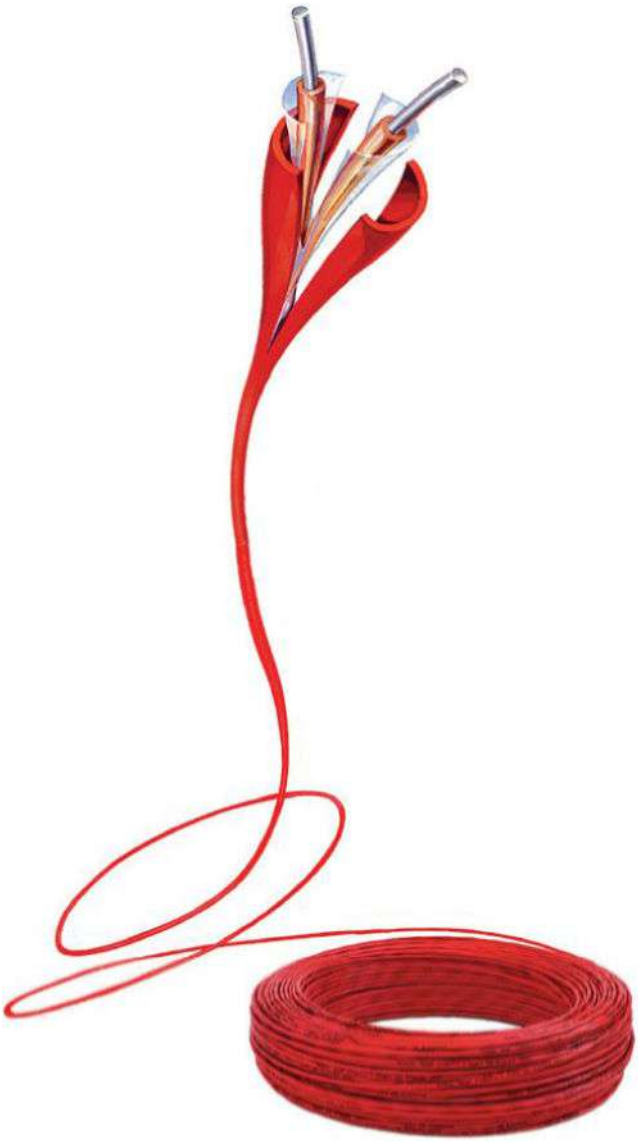


FIGURA 8.3.2.5.1(c) Detector de calor tipo linha.*(Fonte: The Protectowire Co., Inc., Pembroke, MA)*



FIGURA 8.3.2.5.1(d) Detector de Calor de Compensação de Taxa — Montagem Horizontal.*(Fonte: Kidde-Fenwal, Ashland, MA)*



FIGURA 8.3.2.7(a) Aparelho de Notificação Textual Audível/ Visível.*(Fonte: Eaton, Long Branch, NJ)*

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 8.3.2.7(b) Exibição do dispositivo de notificação Defletor Mecânico. ***(Fonte: Cooper Wheelock, Inc. dba Cooper Notification, Long Branch, NJ)***



FIGURA 8.3.2.7(c) Aparelho de Notificação Audível para Áreas de Alto Ruído Ambiente. ***(Fonte: Signal Communications Corp., Woburn, MA)***

8.3.3.2* Localização e Espaçamento dos Dispositivos. A localização e o espaçamento dos dispositivos de iniciação e dispositivos de notificação são abordados pelas instruções e padrões do fabricante, como *NFPA 72*. Deve-se considerar o espaçamento inicial do dispositivo e os locais de montagem para cenários de detecção desafiadores, como tetos mais altos que o normal, tetos com vigas e vigas e tetos inclinados.

8.3.3.3 Comunicação Interna do Sistema. Dispositivos de inicialização e dispositivos de notificação podem ser conectados a uma FACU por meio de circuitos com fio ou comunicação sem fio. Os circuitos de alarme de incêndio com fio servem como meio para alimentar, monitorar e ativar os circuitos do dispositivo de inicialização e do dispositivo de notificação.

8.3.3.4 Meios de Transmissão de Alarmes. Os painéis de controle de alarme de incêndio podem retransmitir sinais de alarme para uma estação de supervisão de várias maneiras, incluindo um circuito dedicado independente de qualquer estação de comutação, uma linha telefônica de saída unidirecional e via transmissão sem fio.

8.3.3.5 Sistemas Monitorados e Controlados.

8.3.3.5.1 Estação Central. UMA *estação central* é uma estação de supervisão listada para o serviço de estação central que também normalmente fornece serviços de estação de supervisão menos rigorosos, como serviços de supervisão remota.

8.3.3.5.2 Estação Proprietária. UMA *estação proprietária* é uma estação de supervisão sob a mesma propriedade que o(s) sistema(s) de alarme de incêndio das instalações protegidas que ela supervisiona ou monitora, e onde os sinais de alarme, supervisão ou problema são recebidos e onde o pessoal está presente o tempo todo para supervisionar operação e investigar os sinais.

8.3.3.5.3 Estação Remota. UMA *estação remota* é uma estação de supervisão onde são recebidos sinais de alarme, supervisão ou problema ou qualquer combinação deles provenientes de sistemas de alarme de incêndio de instalações protegidas e onde o pessoal está presente em todos os momentos para agir.

8.3.4* Análise.

8.3.4.1 Documentação do Sistema e Coleta de Dados. Os componentes, locais e condições do sistema de alarme de incêndio devem ser documentados e analisados. Além dos itens de documentação geral observados na Seção 8.2, os sistemas de alarme de incêndio devem ser documentados com considerações sobre fonte de alimentação, ativação de detector, ativação de notificação e integração com outros sistemas. Outros sistemas podem incluir supressão de incêndio, controles de HVAC, fechamento de portas e barreiras, recall de elevadores e controle de fumaça.

8.3.4.2 Análise de Código. Embora os códigos impostos por várias jurisdições variem de uma jurisdição para outra, o código prescritivo básico para sistemas de alarme de incêndio na maioria dos lugares é *NFPA 72*. Os requisitos de *NFPA 72* pode ser adotado como está, ou pode ser adotado com modificações por códigos de modelo, como o *Código Internacional de Construção* ou com variações postas em prática por funcionários locais. Em alguns casos, pode haver múltiplas agências de financiamento responsáveis por diferentes edições do código. Sempre que uma análise de código de um sistema de alarme de incêndio for realizada, o investigador deve tentar determinar o seguinte antes de prosseguir com uma análise de código:

(1) Que código e edição era aplicável quando o prédio planos foram aprovados ?
(2) Existem alterações locais a esse código? (Consulte o AHJ para obter essas informações. O AHJ pode ser uma combinação de agências locais, estaduais, tribais ou federais.)
(3) As variações do código foram concedidas durante o projeto do edifício com base na análise baseada no desempenho ou em alguma outra justificativa? Em caso afirmativo, relatórios de análise de projeto devem estar disponíveis.
(4) Que códigos de manutenção estavam em vigor durante a vida útil do sistema de alarme de incêndio?
(5) O provedor de seguros tem requisitos adicionais de alarme de incêndio que tiveram impacto no projeto do sistema?
(6) Se o dispositivo ou sistema não foi exigido pelo código, por que foi instalado e foi instalado e mantido de acordo com o código?

8.3.4.3 Análise de Projeto.

8.3.4.3.1 Compreender o projeto de um sistema de alarme de incêndio é fundamental para determinar o impacto que ele pode ter durante um incêndio. Vários conceitos importantes no projeto do sistema de alarme de incêndio são destacados em 8.3.4.3.2 a 8.3.4.3.5.

8.3.4.3.2 A posição do equipamento de alarme de incêndio, particularmente dispositivos de iniciação e dispositivos de notificação, pode afetar muito o desempenho. A localização do detector em relação ao incêndio influenciará o tempo de ativação. A localização dos aparelhos de notificação em relação aos ocupantes influenciará a resposta dos ocupantes.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

8.3.4.3.3A avaliação da adequação do equipamento para a aplicação é parte integrante do projeto. Isso pode incluir o tipo de dispositivo de inicialização, a localização e o espaçamento e o método de monitoramento.

8.3.4.3.4O projeto do sistema precisa considerar a carga de energia do equipamento, o projeto do circuito e o dimensionamento adequado das fontes de alimentação.

8.3.4.3.5O sistema de notificação deve levar em conta questões de audibilidade e visibilidade. Alguns sistemas podem incluir inteligibilidade além da audibilidade e visibilidade.

8.3.4.4 Análise de Instalação. As instalações devem ser comparadas com as recomendações do fabricante, desenhos de projeto e códigos e normas aplicáveis. Características do edifício, acesso a dispositivos, construção, reformas e uso da instalação devem ser considerados ao analisar o desempenho de dispositivos de inicialização e dispositivos de notificação.

8.3.4.5 Teste e Análise de Manutenção. Testes e manutenção de rotina são importantes para a operação bem-sucedida de um sistema de alarme de incêndio. Os códigos de construção locais contêm requisitos para teste e manutenção e devem ser referenciados durante uma análise do sistema. Os registros de teste e manutenção devem ser obtidos e avaliados em conjunto com os dados do sistema de alarme e as informações do cronograma.

8.3.4.6 Desempenho do Sistema.O desempenho de um sistema ou dispositivo inclui alimentação adequada, condições de operação e funcionalidade do equipamento. O desempenho pode incluir uma análise do tempo de ativação de dispositivos de inicialização e dispositivos de notificação, a funcionalidade de interconexão com outros sistemas, uma resposta do ocupante à notificação de alarme e transmissão e resposta a sinais de problema e alarme.

8.3.4.6.1 Análise de Alarme de Fumaça , Detector de Fumaça e Calor Detector Resposta. Na reconstrução do fogo, o conhecimento se e quando um alarme de fumaça específico soou ou fumar detector ativado durante o incêndio podem ser dados valiosos. Determinação de alarme notificação pode ser possível a partir de entrevista-testemunhas ou socorristas; no entanto, alarmes de fumaça, fumaça detectores, detectores de calor, equipamento do sistema de alarme de incêndio, ou os aparelhos de identificação podem frequentemente ser danificados pelo fogo, de modo que um alarme pode não ser ouvido quando os socorristas chegarem. Além disso, as testemunhas podem simplesmente não se lembrar de ouvir um alarme durante um incidente de incêndio, embora um alarme possa ter soado. Além disso, em alguns casos, um exame físico do alarme de fumaça pode fornecer informações sobre se o alarme de fumaça soou ou não através da identificação de uma maior deposição de fuligem ao redor da sirene.

8.3.4.6.2 Análise de Deposição de Fumaça. Em muitos casos, a natureza da deposição de fuligem em certas superfícies de alarmes de fumaça típicos de uma e várias estações pode mostrar que o alarme de fumaça soou ou não durante um incêndio. Além disso, a cor e a consistência desses depósitos também podem ajudar a determinar o tipo de combustível queimado em um incêndio. Normalmente, a fuligem que será depositada de um incêndio em chamas será um material à base de carbono preto. No entanto, combustíveis como espuma de poliuretano podem produzir depósitos de alcatrão laranja durante a combustão latente. *(Ver 6.3.13.3.)*

8.3.4.6.3* Tempo de Resposta de Alarme.Existem modelos computacionais que podem auxiliar na análise da resposta de equipamentos de detecção e alarme de incêndio. Informações adicionais sobre modelagem podem ser encontradas na Seção 21.4.

8.3.4.6.4 Estimativa do Tamanho do Incêndio. Pode ser possível usar a ativação ou desativação de detectores para determinar o tamanho do incêndio em um determinado momento. O tamanho mínimo de incêndio necessário para ativar o sistema pode ser estimado por meio de testes ou cálculos. Se o sistema não foi ativado, mas foi considerado corretamente projetado e em condições de funcionamento, pode ser possível usar esse tamanho estimado do incêndio como o tamanho máximo do incêndio; ao passo que se o sistema foi ativado, um tamanho mínimo de incêndio pode ser estabelecido. Conhecer o tamanho máximo ou mínimo do incêndio pode ser uma ajuda para determinar a causa do incêndio e os meios de sua propagação.

8.3.4.7 Desenvolvimento de Cronograma. Se o sistema de detecção e alarme estiver conectado a um sistema monitorado, esses registros podem ser usados para estabelecer um cronograma de desenvolvimento de fumaça e incêndio. Em alguns casos, a localização ou zona específica do primeiro detector de alarme pode ser usada para restringir uma área de origem. Alguns sistemas fornecem apenas dados de alarme e problemas e não especificam uma zona ou dispositivo específico. Esta informação pode ser útil para comparar o tempo de ativação do sistema com o tempo e as observações dos primeiros bombeiros ou outras testemunhas, na avaliação do crescimento e propagação do incêndio. Também pode ser útil saber onde e quando os alarmes manuais foram ativados; no entanto, esta informação pode ser mais indicativa da localização dos ocupantes do edifício e suas rotas de fuga do que a localização real da origem do incêndio.

8.3.4.7.1O acesso aos dados de qualquer painel de alarme só deve ser feito por uma pessoa treinada e competente para evitar que os dados sejam corrompidos ou apagados. Deve-se considerar a condição de energia do sistema e os danos ao sistema antes de tentar acessar os dados. Em alguns casos, se o sistema ainda estiver energizado, as informações devem ser coletadas antes da retirada do painel, pois o corte de energia pode alterar ou apagar a memória. No entanto, ligar um sistema danificado, seja no painel ou ao longo dos circuitos de dispositivos conectados ao painel, também pode causar alterações nos dados ou danos adicionais ao sistema.

8.3.4.7.2 Os dados do sistema de alarme também podem ser coletados de uma estação de monitoramento central/remoto se o sistema for monitorado continuamente. As informações de incidentes anteriores também podem ser coletadas nessas estações.

8.3.4.7.3 Quando um sistema de alarme por zonas está presente, as zonas ativadas podem ser indicadas através de luzes indicadoras no painel de controle principal. Esforços devem ser feitos para fotografar esse painel o mais cedo possível na investigação, pois a energia de backup para esses painéis geralmente expira dentro de dias ou mesmo horas após a perda de energia do edifício.

8.3.4.8* Danos Térmicos.Danos térmicos aos dispositivos de notificação podem reduzir ou eliminar sua capacidade de alertar os ocupantes. A documentação e a análise do dano térmico podem ser usadas para determinar o nível de temperatura no ambiente dos dispositivos.

8.3.4.9* Eficácia do Alarme de Incêndio.Estudos têm sido realizados sobre a eficácia de aparelhos de notificação de alerta em vários indivíduos, incluindo deficientes auditivos, idosos, crianças e pessoas com deficiência de julgamento. A reação de um ocupante ao alarme também deve ser avaliada, pois a reação também pode ser influenciada por diversas deficiências, como uso de drogas ou álcool, ou limitações mentais e físicas.

8.3.4.10 Impacto no Comportamento Humano.

8.3.4.10.1*A presença de sistemas ativos de proteção contra incêndio pode ter impacto no comportamento dos ocupantes do edifício. Incêndio

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

os sistemas de alarme estão entre as variáveis de segurança contra incêndio incorporadas que podem ser críticas para a conscientização de um indivíduo sobre um incêndio. A pesquisa mostrou que as mensagens verbais e diretivas podem ser mais eficazes na criação de uma resposta, em comparação com as campainhas de alarme e as sirenes sozinhas.

8.3.4.10.2* Alarmes falsos prévios e mau funcionamento do sistema de alarme podem reduzir o efeito positivo de ter um sistema de alarme no edifício, porque os ocupantes podem não responder adequadamente à notificação de alarme. Numerosos alarmes falsos reduzem as respostas apropriadas dos ocupantes ao alarme.

8.4 Sistemas de Supressão de Incêndio à Base de Água.

8.4.1* Informações Gerais.

8.4.1.1 Finalidade dos Sistemas. Os sistemas de extinção de incêndio à base de água são aqueles projetados para reagir em condições predeterminadas, incluindo temperaturas ou ativação de alarme de incêndio, liberando água e distribuindo-a em padrões e quantidades especificados em áreas designadas. A distribuição de água destina-se a extinguir um incêndio ou impedir a sua propagação.

8.4.1.2 Operação Geral do Sistema.

8.4.1.2.1 Mecanismo de Extinção. Os métodos de extinção de incêndio usam um ou mais mecanismos para extinguir ou controlar um incêndio. O mecanismo de extinção dominante para sistemas de extinção de incêndio à base de água é por resfriamento. A combustão flamejante requer uma alta temperatura para que as reações químicas ocorram. Ao reduzir a quantidade de calor na zona de combustão, um incêndio pode ser controlado ou extinto. A Figura 8.4.1.2.1 mostra o controle de incêndio por um sistema de sprinklers.

8.4.1.2.2* Tipos de Sistemas à Base de Água.

8.4.1.2.2.1 Sistema de Aspersores de Tubulação Úmida. Um sistema de sprinklers empregando sprinklers automáticos conectados a um sistema de tubulação contendo água e conectado a um abastecimento de água, de modo que a água seja descarregada imediatamente de sprinklers abertos pelo calor de um incêndio. A Figura 8.4.1.2.2.1 descreve os componentes básicos de um sistema de sprinklers de tubulação úmida. [**13,** 2019]

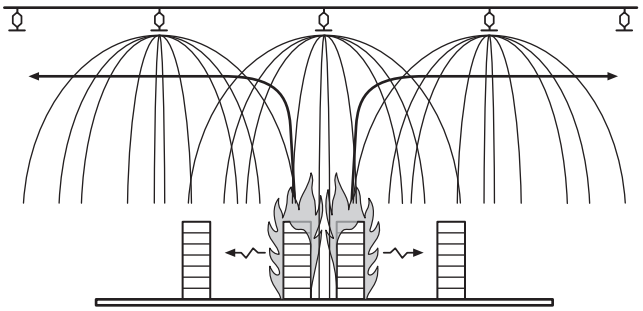


FIGURA 8.4.1.2.1 **Controle de Incêndio por Sprinklers — Conceitual.** ***(Fonte: Manual de Proteção contra Incêndios)***

8.4.1.2.2.2 Sistema de Aspersores de Tubulação Seca. UMA *sistema de aspersão de tubo seco* é um sistema de sprinklers que emprega sprinklers automáticos que são acoplados a um sistema de tubulação contendo ar ou nitrogênio sob pressão, cuja liberação, a partir da abertura de um sprinkler, permite que a pressão da água abra uma válvula conhecida como válvula de tubulação seca, e a água então flui para o sistema de tubulação e para fora dos aspersores abertos. A Figura 8.4.1.2.2.2 mostra os componentes básicos de um sistema de sprinklers de tubulação seca. [**13,** 2019]

8.4.1.2.2.3 Sistema de Sprinkler de Pré-ação. UMA *sistema de aspersão de pré-ação* é um sistema de sprinklers que emprega sprinklers automáticos conectados a um sistema de tubulação que contém ar que pode ou não estar sob pressão, com um sistema de detecção suplementar instalado nas mesmas áreas que os sprinklers [**13,** 2019]. A operação do sistema de detecção permite que a válvula de pré-ação

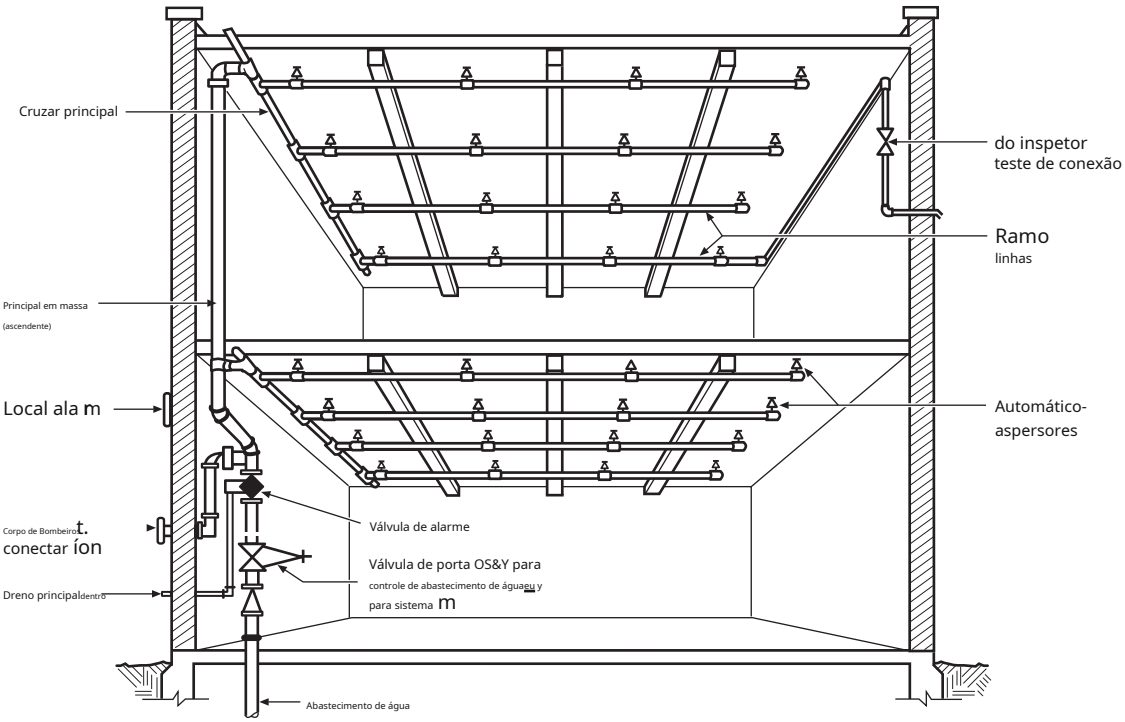


FIGURE 8.4.1.2.1 Componentes Básicos de um Sistema de Aspersores de Tubulação Úmida. ***(Fonte: Manual de Proteção Contra Incêndio)***

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido por IHS Markit under licença com NFPA

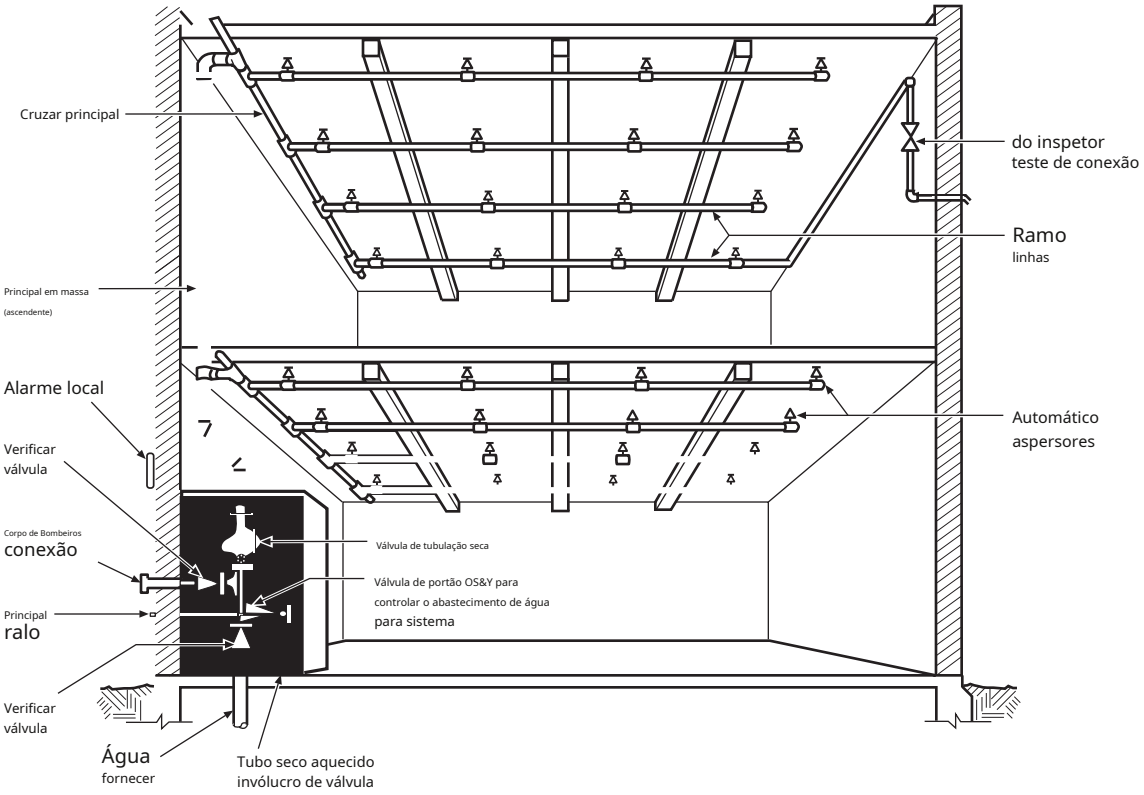


FIGURA 8.4.1.2.2.2 **Sistema de tubulação seca hipotética.** ***(Fonte: Manual de Proteção Contra Incêndio)***

abrir automaticamente e admitir água na rede de tubulação. A água não será descarregada do sistema até que um incêndio tenha gerado uma quantidade de calor suficiente para causar a operação de um ou mais sprinklers. A Figura 8.4.1.2.2.3 descreve os componentes básicos de um sistema de sprinklers de pré-ação.

8.4. 1.2.2.4 Sistema de Aspersores de Dilúvio. UMA *sistema de aspersão de* Co *mvio* é pri sistema nkler empregando sprinklers ou bicos abertos que uréa igado a um sistema de tubulação que está conectado a uma água s yp pe nas através de uma válvula que está aberta d pela operação de um voc ê det sis tema ec ion instalado no mesmo uc ma no os aspersores ou tele bicos. Quando esta válvula se abre, a água flui para dentro da ssim tubulação e é descarregada de todos os aspersores ou bicos conectados tele a da. A Figura 8.4.1.2.2.4 mostra os componentes básicos de um del sistema de sprinklers grande. [13, 2019]

N **8. 4 1.2.2.5 Pulverização de Água.** As hastes de pulverização de água são edu tio peracionalmente n cal para sistemas de inundação, mas a tubulação e descarga Os aspersores de pulverização n zz e são projetados para proteger um perigo de co nfiguração única, geralmente sendo componentes tridimensionais ou Uq ieu pment (ou seja, em oposição a um sistema de dilúvio, que é desenhado para cobrir o floco horizontal or área de um quarto m) o n z es eu s usados podem não estar listados fogo sp in klers e são usua eu s e cado pela um padrão de pulverização específico t o em conformidade com o tipo de de natureza mensionale da hazar d (e. g. , três eu cal spray pat andorinhas bei ig o al, wentilador, cheio círculo, je estreito) Exemplos de perigos po r protegido por sistemas de pulverização de água são transformadores elétricos co óleo de retenção para rolamentos de refrigeração ou turbogeradores. spr sim rua ems A água também pode ser usada externamente nas tunk s contém superfícies de líquidos ou gases inflamáveis (como geração). Aqui, o spray de água destina-se a resfriar o tanque e seu conteúdo para evitar a ruptura/explosão do tanque (BLEVE) e a propagação do fogo.

8.4.1.2.2.6 Sistemas de Névoa de Água. Um sistema de névoa de água é um sistema automático de proteção contra incêndio à base de água com bicos capazes de distribuir mas vapor de água para uma variedade de perigos. A definição de um *que névoa* é um spray de *er* água fina cujas gotas de água são menos de 1000 mícrons a uma distância de 3,3 pés do bocal de descarga.

8.4.1.2.2.7 Sistemas de Água Espuma. Os sistemas de espuma são usados para proteger uma variedade de perigos, incluindo aqueles envolvendo líquidos inflamáveis e invólucros como os cascos de navios. A espuma é gerada pela dosagem do concentrado de espuma com água. As espumas de baixa expansão funcionam cobrindo materiais em chamas com um manta de espuma. Espumas de média ou alta expansão são usadas para preencher os gabinetes.

8.4.1.2.3 Abastecimento de Água. Cada sistema de proteção contra incêndio à base de água é abastecido com água. A configuração deste fornecimento e os componentes associados ao fornecimento podem variar muito. Uma discussão detalhada dessas fontes de água está além do escopo deste documento.

8.4.2 Componentes Chave de Sistemas à Base de Água. Todos os componentes necessários para a operação bem-sucedida de um sistema à base de água devem ser listados por um laboratório de testes reconhecido nacionalmente.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

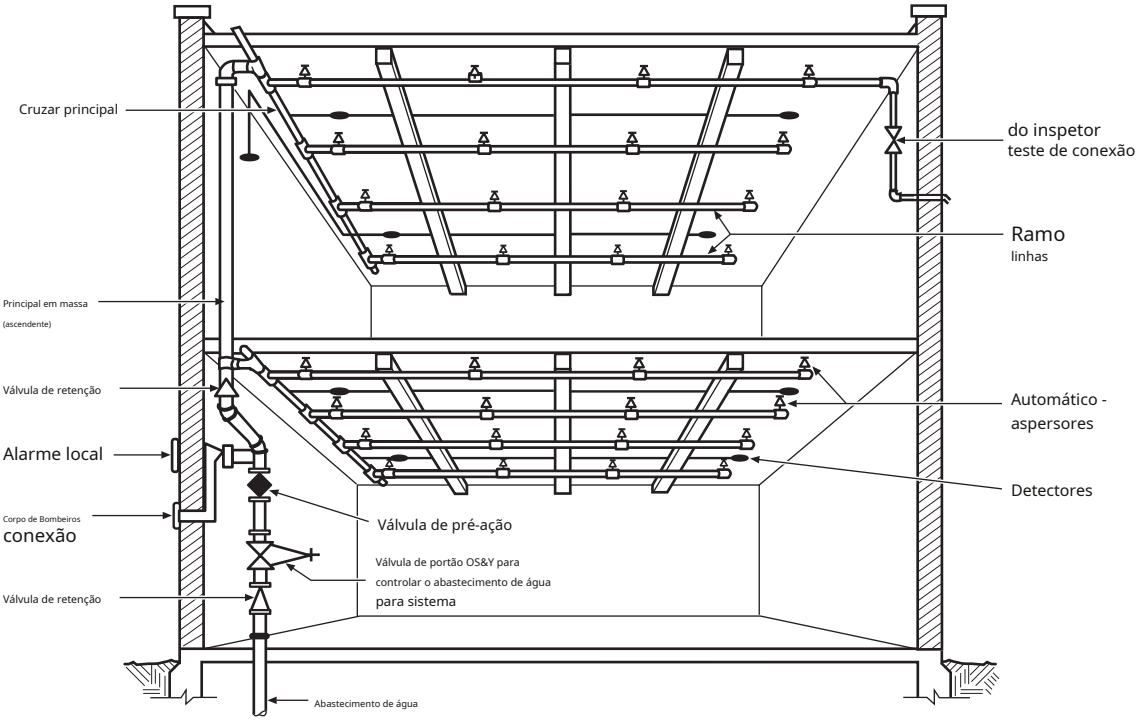


FIGURA 8.4.1.2.2.3 Sistema Típico de Sprinklers de Pré-ação.*(Fonte: Manual de Proteção Contra Incêndio)*

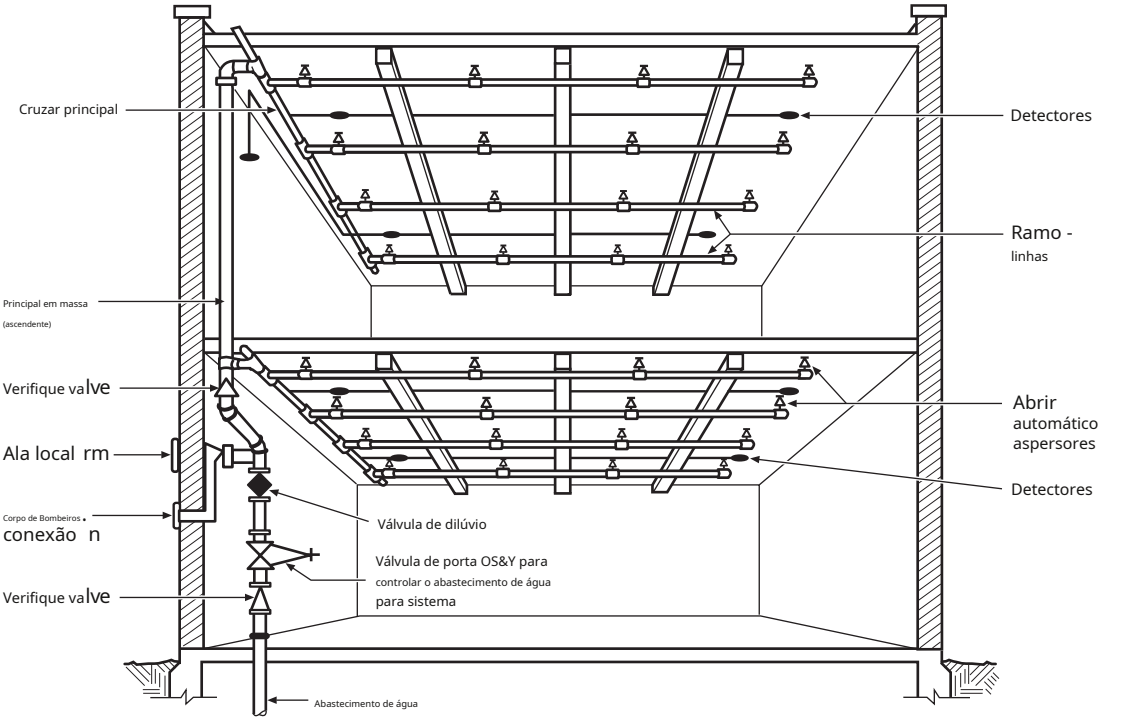


FIGURA 8.4.1.2.2.4 Sistema de Dilúvio.*(Fonte: Manual de Proteção Contra Incêndio)*

Copyright P eção Nacional de Incêndios Como citação
Fornecido pela IHS Markit sob licença com NFPA

8.4.2.1 Sprinklers/Bicos. Sprinklers e bicos devem ser listados e rotulados para a aplicação pretendida. As características do aspersor incluem o fator K, relacionado ao tamanho do orifício; Classificação de temperatura; orientação (por exemplopendente , vertical, parede lateral montado); fabricante- revestimentos aplicados; e restrição de espaçamento ções.

8.4.2.2 Tubulação. Vários materiais de tubulação são aceitáveis para uso em sistemas de sprinklers, com materiais de tubos de aço, cobre e não metálicos tratados pela NFPA 13. Esses materiais de tubos devem atender a determinados padrões de fabricação de tubos ou a determinados requisitos de listagem, ou ambos. Tubo não metálico só é aceitável sob condições limitadas. A NFPA 13 cobre os métodos de como o tubo deve ser instalado.

8.4.2.3 Sistema Válvulas . Os sistemas de aspersão automáticos são necessário ter pelo menos uma válvula instalada para permitir que o sistema seja desligado. Os sistemas de sprinklers nunca devem ser desligados, exceto quando as modificações do sistema estiverem sendo realizadas ou durante o período após um incêndio para permitir a substituição de qualquer sprinkler em operação.

8.4.2.4 Abastecimento de Água.

8.4.2.4.1 Todo sistema automático de combate a incêndio baseado em água deve ter pelo menos um abastecimento automático de água com pressão, capacidade, vazão e confiabilidade adequadas. Um abastecimento automático é aquele que não depende de nenhuma intervenção humana para operar manualmente válvulas, iniciar bombas ou fazer conexões para fornecer água no momento de um incêndio.

A Figura 8.4.2.4.1 mostra várias fontes e anexos de abastecimento de água.

8.4.2.4.2 A água pode ser fornecida a partir de uma única fonte ou de uma combinação de fontes, como abastecimento de água municipal, tanques de gravidade elevada, tanques ou reservatórios de nível, tanques de pressão, rios, lagos e água subterrânea.

8.4.2.4.3 O abastecimento de água pode exigir uma ou mais bombas para fornecer a pressão exigida pelo sistema de extinção de incêndio à base de água.

N **8.4.2.4.4** Além dos sistemas de abastecimento de água mencionados anteriormente, pode haver uma conexão do corpo de bombeiros (FDC) a ser utilizada para complementar o abastecimento de água e a pressão do sistema. Essas conexões podem ser encontradas no prédio ou distantes do prédio. É importante determinar se o corpo de bombeiros conectou mangueiras ou mangueiras ao FDC e se a água foi fornecida ou bombeada para os sistemas de proteção contra incêndio.

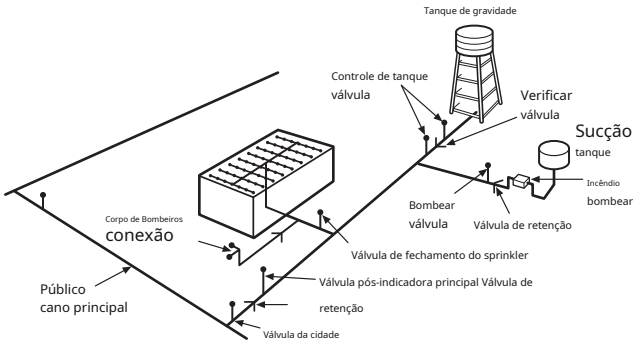


FIGURA 8.4.2.4.1 Sistema de aspersor hipotético. ***(Fonte: Manual de Proteção Contra Incêndio)***

N **8.4.2.4.5** Pode haver válvulas de controle adicionais ou de prevenção de refluxo para o sistema de abastecimento de água antes da válvula de controle mais visível no prédio. Essas válvulas podem estar localizadas distantes do edifício, acima ou abaixo do nível de acabamento e na estrada ou em outras superfícies acabadas, como estacionamentos. Qualquer restrição do fluxo de válvulas que não estejam completamente abertas ou funcionais como pretendido pode ser prejudicial à operação do sistema.

8.4.3 Parâmetros de Operação e Instalação do Sistema.

8.4.3.1 Localização e Espaçamento dos Sprinklers.

8.4.3.1.1 Os sprinklers devem ser instalados de acordo com as instruções de instalação do fabricante e os requisitos encontrados nos códigos e normas aplicáveis.

8.4.3.1.2 Os requisitos para a localização dos sprinklers são baseados nas características dos sprinklers e no perigo a ser protegido. Quanto maior o risco, mais próximos os aspersores estão localizados um do outro. A área de cobertura pode variar de 8,4 m^2 (90 $pés^2$) por sprinkler para ocupações de alto risco a 21 m^2 (225 $pés^2$) por aspersor para ocupações de risco leve. As áreas de cobertura maiores são apenas para sistemas projetados hidraulicamente. Além disso, há também uma dimensão máxima entre aspersores individuais. Sprinklers de cobertura estendida, testados e aprovados para um padrão de distribuição maior, podem ser instalados de acordo com os requisitos de listagem do fabricante. mentos. A cobertura máxima é limitada a 37,2 m^2 (400 $pés^2$).

8.4.3.1.3 Localização do sprinkler em relação ao piso ou teto componente também são controlados por padrões. Normalmente o defletor de um sprinkler deve estar entre 1 e 12 pol. (25 mm e 305 mm) de uma composição de piso ou teto ente. Existem várias exceções baseadas em condições específicas ções.

8.4.3.1.4 Em um edifício totalmente irrigado, os sprinklers estão localizados em todas as instalações, com poucas exceções explícitas. Se a construção for combustível, os sprinklers devem estar localizados dentro dos espaços ocultos combustíveis. Existem várias exceções a este requisito com base em condições muito específicas, como pequenos espaços de vigotas descontínuos.

8.4.3.2 Dimensionamento e Disposição do Tubo.

8.4.3.2.1 O dimensionamento e o arranjo da tubulação são baseados no método de programação da tubulação ou se o sistema precisar ser calculado hidraulicamente. Os sistemas modernos são quase sempre calculados hidraulicamente. O sistema de cronograma de tubulação era o único meio para determinar o dimensionamento da tubulação até a década de 1970. Os sistemas de cronograma de tubulação existentes podem ser estendidos usando um cronograma de tubulação, mas o tamanho da expansão é limitado pelos padrões.

8.4.3.2.2 Um sistema de programação de tubulação é baseado no conceito de usar tubos maiores à medida que mais aspersores são fornecidos. O tamanho do tubo começa em 18 mm ($3/4$pol.) ou 25 mm (1 pol.) e aumenta com base no número de sprinklers fornecidos por cada pedaço de tubo.

8.4.3.2.3 Um sistema projetado hidraulicamente é dimensionado com base na perda por atrito associada à quantidade de água que flui pelas tubulações e ao abastecimento de água disponível. Em um sistema calculado hidraulicamente, os tamanhos dos tubos não aumentam necessariamente com base no número de sprinklers servidos. Freqüentemente, o mesmo tamanho de tubo é usado para a maior parte do sistema para facilitar a instalação. Mais frequentemente, o tubo é dimensionado para minimizar o tamanho do tubo e o custo de instalação do sistema. Um cronograma de tubulação

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

sistema pode ser calculado hidraulicamente para determinar se o abastecimento de água forneceu fluxo e pressão suficientes para proteger o perigo presente.

8.4.3.3 Cobertura e Distribuição de Sprinklers.

8.4.3.3.1 Os aspersores têm cobertura e distribuição distintas. Com base principalmente nas características do defletor e no tamanho da abertura do aspersor, são determinados a quantidade de água escoada, o tamanho das gotículas de água, a distância que a água percorre e a consistência da distribuição.

8.4.3.3.2 De acordo com a NFPA 13, os aspersores devem distribuir uniformemente a água sobre a área que cobrem. O tamanho da gota de água afeta a penetração da água no fogo. Quanto maior o fogo, maior a gota de água necessária para neutralizar a flutuabilidade ascendente da fumaça e dos gases quentes liberados dos materiais em chamas. A quantidade de água também é crítica, pois se for menor do que o necessário, o fogo continuará a se desenvolver, excedendo a capacidade do sistema de controlá-lo.

8.4.3.3.3Há uma variedade de aspersores para atender a diferentes condições. Esses aspersores possuem padrões de distribuição e condições particulares para seu uso. Alguns exemplos são parede lateral, cobertura estendida, grande queda e sótão.

8.4.3.4 Vazão de Água e Pressão.

8.4.3.4.1A extinção de incêndios com recurso à água baseia-se em vários fatores relacionados com o perigo protegido. O mais crítico é a quantidade de água necessária para extinguir ou controlar o fogo. Essa quantidade de água e a área sobre a qual ela é distribuída foram determinadas por vários testes de fogo ao vivo nos últimos 100 anos. Para fornecer a água necessária, cada aspersor precisa descarregar uma quantidade predeterminada de água sobre a área que determinado aspersor protege. Esse número é conhecido como *densidade de projeto*. Para fornecer a densidade de projeto necessária, o aspersor precisa ser alimentado por um fluxo e pressão. A pressão mínima normal no aspersor mais remoto é de 0,5 bar (7 psi). Quanto maior a pressão no aspersor, maior a vazão. A pressão mínima necessária para alguns perigos pode exceder várias vezes esse mínimo.

8.4.3.4.2A soma dos caudais de todos os aspersores e as perdas por fricção nas tubagens devido à água que circula através deles resulta num caudal e pressão necessários para o sistema. Este fluxo e pressão são normalmente referenciados à base do riser. O abastecimento de água ao sistema deve atender ou exceder o fluxo e a pressão necessários. Caso contrário, a água distribuída sobre o perigo pode ser insuficiente para controlar ou extinguir o fogo.

8.4.3.5 Mecanismos e Critérios de Ativação.

8.4.3.5.1 Os sistemas à base de água podem ser ativados de várias maneiras. Alguns sistemas possuem aspersores fechados com elementos fusíveis ou bulbos de vidro, outros possuem aspersores abertos com um meio de controlar o fluxo de água na fonte e outros utilizam uma combinação de aspersores fechados e controle remoto do fluxo de água.

8.4.3.5.2 Sprinklers fechados com elementos fusíveis são ativados quando a temperatura na cabeça excede a temperatura nominal do elemento fusível e a ligação que retém a água é ejetada do sprinkler. Uma cabeça fechada tem um índice de tempo de resposta (RTI) associado a ela. Este é um número que se relaciona com a velocidade com que ele é ativado quando exposto a temperaturas acima de sua classificação. O tempo de ativação pode variar por um fator de dez. Um aspersor com um RTI mais baixo deve reagir mais rápido do que um com um RTI mais alto. A classificação de temperatura de um sprinkler pode ser tão baixo quanto 57°C (135°F) a 260°C (500°F). Aspersores de temperatura mais baixa com RTIs baixos devem ser os mais rápidos para ativar.

8.4.3.6 Sistemas Monitorados e Controlados.

8.4.3.6.1 Os sistemas são monitorados quanto ao fluxo de água para alertar as partes interessadas de que o sistema operou. As válvulas que controlam o abastecimento de água ao sistema podem ser monitoradas para permitir que os interessados saibam que o sistema está totalmente em serviço ou que uma parte do sistema está fora de serviço. Este monitoramento é normalmente realizado por conexão ao sistema de alarme de incêndio. Em muitos casos, existem apenas meios elétricos ou mecânicos de soar um alarme local quando a água flui no sistema.

8.4.3.6.2 Conforme indicado em 8.4.3.5 a 8.4.3.6.1, os sistemas de pré-ação e dilúvio contam com outros meios de detecção, automáticos ou manuais, para controlar o fornecimento de água aos bicos. Os meios de detecção devem ser adaptados às características do perigo protegido e às necessidades associadas à operação ou ocupação.

8.4.4 Análise.

8.4.4.1 Documentação do Sistema e Coleta de Dados.

8.4.4.1.1 Deve-se tomar cuidado durante a documentação e análise de sistemas de supressão de incêndio à base de água após um evento de incêndio ou explosão. Todo o sistema deve ser fotodocumentado o mais rápido possível. Manipular válvulas, remover componentes, redefinir alarmes e assim por diante pode ser potencialmente destrutivo. Aqueles com experiência em sistemas devem estar envolvidos em quaisquer atividades que possam alterar ou destruir dados sobre o sistema ou seu desempenho.

8.4.4.1.2 As evidências podem incluir documentos de projeto de sprinklers, planos, histórico de alarmes, dados do painel e registros de inspeção, teste e manutenção. Esses documentos devem ser protegidos e mantidos.

8.4.4.2 Análise de Código.

8.4.4.2.1 Embora os códigos aplicados por várias jurisdições variem de uma jurisdição para outra, o código prescritivo básico para sistemas de supressão de incêndio à base de água na maioria dos lugares é NFPA 13. Códigos adicionais estão disponíveis para a instalação de sistemas de sprinklers em residências unifamiliares e bifamiliares e casas fabricadas, e em ocupações residenciais de até quatro andares de altura. Outros códigos prescritivos fornecem orientação sobre questões como sistemas de tubos e mangueiras, sistemas de pulverização de água, sistemas aprimorados com espuma e vários outros tópicos. Os requisitos desses códigos podem ser adotados como estão, ou podem ser adotados com modificações por códigos de modelo, como o *Código Internacional de Construção* ou com variações postas em prática por funcionários locais.

Em alguns casos, pode haver aplicação múltipla agências responsáveis por diferentes edições do código. Sempre que uma análise de código de sistemas de supressão de incêndio à base de água é realizada, o investigador deve tentar determinar o a seguir antes de prosseguir com uma análise de código:

(1) Que código e edição era aplicável quando o prédio planos foram aprovados ?

(2) Existem alterações locais a esse código? (Consulte o AHJ para obter essas informações. O AHJ pode ser uma combinação de agências locais, estaduais, tribais ou federais.)

(3) As variações do código foram concedidas durante o projeto do edifício com base na análise baseada no desempenho ou em alguma outra justificativa? Em caso afirmativo, relatórios de análise de projeto devem estar disponíveis.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

(4) Que códigos de manutenção estavam em vigor durante a vida útil do sistema de supressão?
(5) O provedor de seguros tem requisitos de supressão adicionais que tiveram impacto no projeto do sistema?
(6) Se o dispositivo ou sistema não foi exigido pelo código, por que foi instalado e foi instalado e mantido de acordo com o código?

8.4.4.3 Análise de Projeto.

8.4.4.3.1 Compreender o projeto de sistemas de supressão de incêndio baseados em água é fundamental para determinar o impacto que pode ter tido durante um incêndio. Vários conceitos importantes são discutidos em 8.4.4.3.2 a 8.4.4.4.7.

Δ **8.4.4.3.2 Colocação.** A posição do bico de pulverização de água ou dos aspersores afetará muito sua capacidade de fornecer água que pode penetrar no foco de um incêndio. A NFPA 13 fornece recomendações detalhadas para espaçamento e colocação de sprinklers. Na prática, surgem vários problemas de colocação durante ou após a instalação que podem ter um impacto negativo na eficácia do sistema de supressão, como os seguintes:

(1) Instalação de luminárias suspensas sob ramais
(2) Instalação de tetos suspensos abaixo dos sprinklers, que obstruem o jato de água, ou acima dos sprinklers, que podem criar espaços combustíveis ocultos
(3) Instalação de prateleiras altas
(4) Instalação de prateleiras de armazenamento em rack
(5) Reconfiguração de paredes ou adição de mezanino
(6) Distância entre o aspersor e o pacote de combustível
(7) Instalação do tipo incorreto de sprinkler

8.4.4.4 Protegido contra Riscos.

8.4.4.4.1 Nível de Perigo. Os sistemas de extinção de incêndio à base de água são geralmente projetados para proteger contra um certo nível de perigo. A NFPA 13 usa grupos de perigo como "Leve", "Comum", "Perigo Extra" e "Ocupação Especial". O nível de perigo determinará a densidade da água que deve ser fornecida pelo sistema de supressão para proteger contra esse perigo. *(Consulte a Figura 8.4.4.4.1.)*

8.4.4.4.2 Alterações que afetam a classificação de perigo. Normalmente, os problemas com a classificação de risco ocorrem quando o uso de uma edificação é alterado, mas seu sistema de combate a incêndios não. Por exemplo, se um prédio industrial originalmente usado como padaria (perigo comum) foi comprado por uma nova empresa e convertido para uso no processamento de plásticos (risco extra), então o sistema de supressão de incêndio existente precisaria ser atualizado. Se essa atualização não ocorrer, um incêndio experimentado pela nova empresa pode não ser controlado pelo sistema antigo.

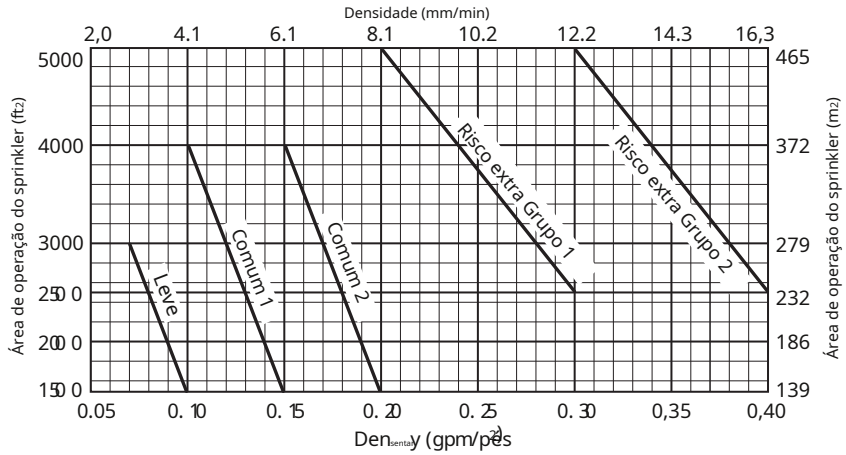
8.4.4.4.3 Capacidade. Os sistemas de supressão de incêndio à base de água são projetados para fornecer uma densidade predeterminada de água em uma área que foi calculada com base no risco de projeto que está sendo protegido. Por exemplo, um projeto pode exigir que uma densidade de 6,1 mm/min (0,15 gpm/ft$_2$) será fornecido em uma área de aplicação de 139 m$_2$(1500 pés$_2$). Se neste caso o aspersor a ser utilizado estiver listado com uma área de cobertura de 12,9 m$_2$ (130 pés$_2$), o sistema precisaria ser capaz de lidar com a ativação de até 12 aspersores (ou seja, 1500/130 arredondados). A capacidade adicional também seria adicionada ao sistema para contabilizar os fluxos de mangueira que podem ser necessários para a supressão. As informações sobre a capacidade de projeto do sistema podem ser úteis durante uma investigação por vários motivos. Se um número de sprinklers tiver sido ativado mais do que o previsto no projeto, vários problemas podem ser indicados, incluindo o seguinte:

(1) A carga de combustível era mais perigosa do que o inicialmente esperado durante o projeto do sistema.
(2) A taxa de crescimento do fogo foi mais rápida do que o esperado.
(3) Água insuficiente estava disponível para o sistema, potencialmente indicando problemas com adulteração de válvulas, falta de manutenção adequada do sistema ou redução no fornecimento de água disponível após o comissionamento do sistema.
(4) Havia obstruções presentes (por exemplo, luzes, prateleiras, etc.) que impediam que o jato de água chegasse ao foco do incêndio.
(5) Circunstâncias incomuns, como queda de um incêndio no telhado de um armazém através de várias claraboias causando um grande número de acionamentos de sprinklers.

8.4.4.4.4 Cobertura.

8.4.4.4.4.1 Valor da Cobertura do Edifício. Conhecer a quantidade de cobertura do edifício do sistema de proteção contra incêndio ajudará o investigador a analisar a quantidade de danos causados pelo incêndio, bem como os padrões de propagação do fogo.

8.4.4.4.4.2 Cobertura Total ou Completa. *Cobertura total ou completa* é onde um sistema de proteção contra incêndio cobre todos os quartos, halls, áreas de armazenamento, porões, sótãos, lofts, espaços acima suspensos



ΔFIGURA 8.4.4.4.1 Densidade/Área de Operação [13:Figura 8.3.1.1.]

direito autoral NFPA Provided by IHS Markit under license with NFPA
Fornecido por IHS Markit sob licença com NFPA

tetos e demais subdivisões e espaços acessíveis, bem como o interior de todos os armários, poços de elevadores, escadas fechadas, poços de elevadores e calhas.

8.4.4.4.4.3 Cobertura Parcial ou Seletiva. *Cobertura parcial ou seletiva* é onde um sistema de proteção contra incêndio cobre apenas uma parte das áreas selecionadas. Um exemplo de cobertura parcial ou seletiva é a ausência de sprinklers em sótãos combustíveis e banheiros permitidos pela NFPA 13D e NFPA 13R.

8.4.4.4.4.4 Cobertura Local. A cobertura local é onde um sistema de proteção contra incêndio protege apenas um local específico, como um determinado equipamento. Esses sistemas são normalmente chamados de sistemas de pulverização de água e usam bicos abertos em combinação com sistemas de detecção de calor ou chama.

8.4.4.4.4.5 Análise de Instalação. A análise da instalação de sistemas de supressão de incêndio à base de água deve ser conduzida por um uma profissional de projeto pessoa que está familiarizado com os requisitos de os códigos aplicáveis, bem como com quaisquer variações que possam estar em vigor para esse projeto. Normalmente, é mais eficiente realizar uma análise de instalação começando no abastecimento de água de entrada e movendo-se a jusante ao longo do sistema, observando tubos, válvulas, risers, bicos/sprinklers e outros componentes do sistema ao longo do caminho. Problemas comuns de instalação incluem o uso de tipos incorretos de sprinklers (por exemplo, pendentes instalados na posição vertical) e instalação inadequada de válvulas.

8.4.4.4.4.6 Teste e Manutenção. Testes e manutenção de rotina são importantes para a operação bem-sucedida de um sistema de combate a incêndio baseado em água. Os códigos de construção locais contêm requisitos para teste e manutenção e devem ser referenciados durante uma análise do sistema. Os registros de teste e manutenção devem ser mantidos pela empresa que os realizou; os dados pertinentes a essas inspeções devem ser fornecidos em etiquetas localizadas próximas às válvulas do sistema principal.

8.4.4.4.4.7 Desempenho do Sistema. O desempenho do sistema é analisado da mesma maneira que a instalação do sistema. Várias subcategorias de desempenho do sistema podem ser úteis para fornecer informações sobre a análise de um evento específico de incêndio ou explosão.

(A) Origem e Determinação da Causa. Uma série de pontos de dados úteis relevantes para o teste de hipóteses associadas à origem e causa de um incêndio que podem ser obtidos através da análise da ativação ou não ativação de um sistema de supressão de incêndio baseado em água.

(B)* Estimativa do Tamanho do Incêndio. Estão disponíveis métodos para estimar o tamanho de um incêndio no momento da primeira ativação do sprinkler, inclusive para sistemas ativados por um elemento com um RTI, como uma ligação termicamente fusível ou um bulbo de vidro frangível.

(C)* Modelagem de Incêndio. Uma variedade de modelos de computador estão disponíveis que podem ser usados para calcular o tempo de ativação de um sistema de supressão e, em alguns casos, seu impacto potencial no desenvolvimento do fogo. Independentemente de qual modelo é usado, as diretrizes de engenharia para fundamentar um modelo de incêndio para uma determinada aplicação devem ser empregadas.

8.4.4.4.4.8 Cronogramas. Muitos sistemas de supressão de incêndio estão conectados a um sistema de alarme. Esses sistemas podem fornecer horários de alarme para um serviço de monitoramento central, ou pelo menos para o disco rígido de um painel de alarme local. No mínimo, um sistema de supressão de incêndio baseado em água forneceria um alarme no início do fluxo de água. Em sistemas mais complexos, pode haver várias zonas de abastecimento de água que podem ajudar a identificar quais partes do sistema estavam fluindo água em momentos diferentes. Outra linha do tempo informações também podem estar disponíveis, como alarmes de tamper que indicam a que horas as válvulas foram abertas/fechadas ou outros sinais de supervisão/problema específicos para esse sistema. Deve ser feito um esforço para sincronizar quaisquer dados de tempo do sistema de alarme e outros dados de tempo de investigação com um relógio comum.

8.4.4.4.4.9 Impacto no Comportamento Humano. A presença de sistemas automáticos de extinção de incêndios, se conhecidos, pode afetar o comportamento. O efeito pode ser positivo ou negativo. Um efeito positivo é que o aumento da margem de segurança de tais sistemas proporciona aos ocupantes da estrutura envolvida mais tempo para responder aos perigos apresentados pelo incidente. Um exemplo de efeito negativo é a possível diminuição da visibilidade causada pela descarga do agente supressor, que pode impedir a saída.

8.5 Sistemas de Supressão de Incêndios Não Baseados em Água.

8.5.1* Informações Gerais.

8.5.1.1 Finalidade dos Sistemas. Os sistemas de supressão de incêndios gasosos e químicos são sistemas de supressão de incêndio especiais que utilizam meios de supressão de incêndio diferentes da água para perigos ou equipamentos especiais e específicos. Esses sistemas são comumente instalados para proteger coisas como operações de cozimento comercial, salas de máquinas de embarcações, compartimentos de máquinas de equipamentos pesados, salas de telecomunicações e dados, tanques de resfriamento e operações com líquidos inflamáveis.

8.5.1.2 Método de Aplicação. Os sistemas de extinção de incêndios gasosos e químicos são aplicados em um dos dois métodos básicos. Um método é descarregar uma quantidade suficiente de agente em um recinto para criar uma atmosfera de extinção em toda a área fechada. Isso é chamado de "inundação total". O segundo método é descarregar o agente diretamente no material em chamas. Isso é chamado de "aplicativo local". Com sistemas de inundação total, uma consideração importante é a integridade da área fechada. A área deve ser "apertada" o suficiente para manter a concentração do agente por tempo suficiente para afetar a extinção e evitar o reacendimento.

8.5.1.3 Agentes de Supressão.

8.5.1.3.1 Halons e Agentes Limpos. Halon 1301 (bromotrifluorometano ou $CBrF_3$) é incolor, inodoro, eletricamente gás não condutor que é um meio eficaz para extinguir incêndios. O Halon 1301 está incluído no Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, assinado em 16 de setembro de 1987. O protocolo permite a disponibilidade contínua de agentes extintores de incêndio halogenados nos níveis de produção de 1986. Esse protocolo e as alterações posteriores restringem a produção desse agente. Além disso, as jurisdições locais em alguns países (por exemplo, a EPA nos Estados Unidos) promulgaram outras regras que regulam a produção, uso, manuseio e deposição desse agente. O termo *agente limpo* é usado para descrever uma família de supressores de incêndio de gás inerte que substituíram o Halon 1301. Agentes de supressão de incêndio limpos são definidos como extintores de incêndio que vaporizam rapidamente e não deixam resíduos. Eles também são eletricamente não condutores. A Tabela 8.5.1.3.1 resume os agentes de supressão de incêndio limpos atualmente disponíveis incluídos na NFPA 2001.

8.5.1.3.2 Dióxido de Carbono. O dióxido de carbono é um produto comercial padrão com muitos usos. Para aplicações de extinção de incêndios, o dióxido de carbono tem várias propriedades desejáveis. Não é corrosivo e não danifica e não deixa resíduos para limpar após o incêndio. Ele fornece sua própria pressão para descarga através de tubos e bicos. Por ser um gás, ele penetrará e se espalhará por todas as partes de um perigo. Não vai

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Tabela 8.5.1.3.1 Agentes Extintores de Incêndio Limpos na NFPA 2001. [*Manual de Proteção Contra Incêndio:* Tabela 17.6.2]

FC-2-1-8	Perfluoropropano	C_3F_8
FC-3-1-10	Perfluorobutano	C_4F_{10}
FIC-13I1	Trifluoriodeto	FC_3EU
FK-5-12mmy2	Dodecafluoro-2-metilpentan-3-ona	$FC_3FC_2C(O)(CF(CF)_3)_2)$
Mistura de HCFC A	Diclorotrifluoroetano HCFC-123 (4,75%) Clorodifluorometano HCFC-122 (82%) Clorotetrafluoroetano HCFC-124 (9,75%) Isopropeni-1-metilciclohexeno (3,75%)	$CHC_{12}FC_3$
HCFC-124	Clorotetrafluoroetano	$CHCIFCF_3$
HFC-125	Pentafluoroetano	CHF_2FC_3
HFC-227ea	Heptafluoropropano	FC_3CHFCF_3
HFC-23	Trifluorometano	FC_3CHFCF_3
HFC-236fa	Hexafluoropropano	FC_3CH2CF_3
IG-01	Argônio	Ar
IG-100	Azoto	N_2
IG-541	Nitrogênio (52%)	N_2
	Argônio (40%)	Ar
	Dióxido de carbono (8%)	CO_2
IG-55	Nitrogênio (50%)	N_2
	Argônio (50%)	Ar



FIGURA 8.5.1.3.2 **Teste de descarga de aplicativo local ativado Imprensa de impressão.** ***(Fonte: Cortesia de Guardian Services, Inc.)***

conduzem eletricidade e, portanto, podem ser usados em perigos elétricos ativos. Pode efetivamente ser usado em praticamente todos os materiais combustíveis, exceto alguns metais ativos e hidretos metálicos, e materiais que contêm oxigênio disponível, como nitrato de celulose. O dióxido de carbono tem sido usado por quase um século para extinguir incêndios de líquidos inflamáveis, incêndios de gás e incêndios envolvendo equipamentos elétricos energizados. O agente de dióxido de carbono é armazenado em cilindros de alta pressão ou em refrigeração de baixa pressão. Por causa de seus efeitos em humanos, uma análise de segurança de vida é necessária como parte da decisão de empregar esse agente. A Figura 8.5.1.3.2 mostra um teste de descarga de aplicação local em uma impressora.

8.5.1.3.3 Químico Seco. Um agente extintor químico seco é um material em pó finamente dividido que foi especialmente tratado para ser repelente à água e capaz de ser fluidificado e fluxo livre para que possa ser descarregado através de mangueiras e tubulações quando sob pressão do gás expelente. Os produtos químicos secos produzidos por vários fabricantes geralmente não são idênticos em todas as características, e cada fabricante projeta equipamentos para uso com um produto químico seco específico. Os princípios de design do sistema aplicáveis aos produtos de um fabricante não são aplicáveis aos produtos de outro fabricante. Como resultado, não é prático incluir detalhes do projeto do sistema como parte deste guia. Atualmente, é geralmente aceito que as propriedades de extinção de chama dos produtos químicos secos são devidas à interação das partículas, que interrompem as reações em cadeia que ocorrem na combustão da chama. Os produtos químicos secos variam em sua eficácia de extinção de chamas. O produto químico seco é usado principalmente para extinguir incêndios de líquidos inflamáveis. O produto químico seco multiuso deve sua eficácia na extinção de incêndios envolvendo combustíveis comuns, como madeira e papel, à formação de um revestimento retardador de brilho sobre o material combustível. Os métodos de aplicação de química seca estão descritos na Figura 8.5.1.3.3(a). O termo produto químico seco não é intercambiável com o termo pó seco. Os agentes de pó seco são desenvolvidos principalmente para uso em incêndios de Classe D. A Figura 8.5.1.3.3(b) mostra os recipientes de agente e o mecanismo de descarga de um sistema químico seco típico. Os produtos químicos secos atualmente em uso são descritos em 8.5.1.3.3.1 até O termo produto químico seco não é intercambiável com o termo pó seco. Os agentes de pó seco são desenvolvidos principalmente para uso em incêndios de Classe D. A Figura 8.5.1.3.3(b) mostra os recipientes de agente e o mecanismo de descarga de um sistema químico seco típico. Os produtos químicos secos atualmente em uso são descritos em 8.5.1.3.3.1 até O termo produto químico seco não é intercambiável com o termo pó seco. Os agentes de pó seco são desenvolvidos principalmente para uso em incêndios de Classe D. A Figura 8.5.1.3.3(b) mostra os recipientes de agente e o mecanismo de descarga de um sistema químico seco típico. Os produtos químicos secos atualmente em uso são descritos em 8.5.1.3.3.1 até 8.5.1.3.3.3. Esses produtos químicos secos não são mais aceito pela UL 300, *Teste de Incêndio de Sistemas de Extinção de Incêndio para Proteção de Equipamentos de Cozinha Comercial*, para o proteção de sistemas comerciais de cozinha e ventilação.

8.5.1.3.3.1 Químico Seco à Base de Bicarbonato de Sódio. Este agente consiste principalmente em bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) e é adequado para uso em todos os tipos de incêndios de líquidos e gases inflamáveis (Classe B) e para incêndios envolvendo equipamentos elétricos energizados (Classe C). Em combinação com esses materiais, o agente à base de bicarbonato de sódio reage para formar um tipo de sabão (isto é, saponificação), que flutua sobre a superfície do líquido e previne efetivamente a reacendimento. O produto químico seco à base de bicarbonato de sódio geralmente não é recomendado para a extinção de incêndios em combustíveis comuns (Classe A), embora possa ter um efeito transitório na extinção de chamas superficiais desses materiais.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

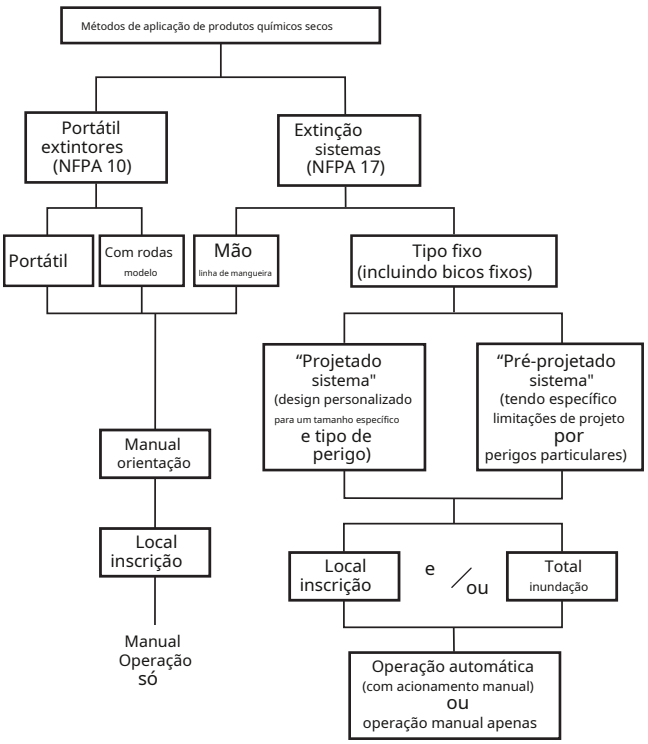


FIGURA 8.5.1.3.3(a) Métodos de Aplicação de Químico Seco.
(Fonte: Manual de Proteção contra Incêndios)



FIGURA 8.5.1.3 . 3(b) Agente Conta iners e disco discutir Mecanismo de um Típico Seco C hemico al Sistema.*(Azedo ce: fogo Proteção Handb ok)*

8.5.1.3.3.2 Químicos Secos Baseados em Sais de Potássio. Os agentes comercialmente disponíveis são essencialmente bicarbonato de potássio ($KHCO_3$), cloreto de potássio (KCl) e à base de uréia bicarbonato de potássio ($KC_2N_2H_3O_3$). Todos os três agentes são adequados para uso em todos os tipos de incêndios com líquidos e gases inflamáveis (Classe B) e também para incêndios envolvendo equipamentos elétricos energizados (Classe C). É geralmente reconhecido que os sais de potássio são mais eficazes em termos de mecanismos químicos de extinção do que os sais de sódio na extinção de incêndios de classe B, exceto aqueles em fritadeiras e outros equipamentos de cozinha. Os produtos químicos secos à base de sais de potássio não são geralmente recomendados para a extinção de incêndios em combustíveis comuns (classe A), embora possam ter um efeito transitório na extinção de chamas superficiais desses materiais.

8.5.1.3.3.3 Químico Seco Multiuso. Este agente possui fosfato monoamônico ($NH_4H_2PO_4$) como sua base e é semelhante em seu efeito sobre fogos de Classe B e Classe C para os outros químicos secos. No entanto, não possui característica de saponificação e não deve ser utilizado em fogos de fritadeiras. Ao contrário de outros produtos químicos secos, tem um efeito extintor considerável em materiais da Classe A. O agente, quando aquecido, decompõe-se para formar um resíduo fundido que irá aderir às superfícies aquecidas. Em superfícies sólidas combustíveis (Classe A), esta característica exclui o oxigênio necessário para a propagação do fogo.

8.5.1.3.4 Químico Úmido. Uma solução química úmida geralmente inclui, mas não está limitada a, uma solução à base de carbonato de potássio, à base de acetato de potássio, à base de citrato de potássio, ou uma combinação destas, e é misturada com água para formar uma solução alcalina capaz de ser descarregado através de tubulações ou tubulações quando sob pressão de gás expelente. O efeito da solução sobre incêndios em óleos e gorduras de cozinha comuns é combinar com esses materiais para formar uma espuma de supressão de vapor que flutua em uma superfície líquida, como em fritadeiras, e efetivamente previne o reacendimento da gordura. Os agentes químicos úmidos substituíram os químicos secos como o agente comumente usado em aplicações comerciais de cozimento. Os sistemas químicos úmidos são sistemas de aplicação local. A Figura 8.5.1.3.4 mostra uma instalação típica de restaurante.



FIGURA 8.5.1.3.4 Exemplos de Equipamentos de Cozinha Comercial Protegidos por Bocal.*(Fonte: Manual de Proteção Contra Incêndio)*

Direitos autorais NProteção contra Incêndio associação de ação
Fornecido b y IHS Markit sob licença com NFPA

8.5.1.3.5 Espuma de Expansão. Os sistemas de espuma produzem uma manta expansiva de espuma que é entregue à superfície do combustível que isola fisicamente o combustível da chama, bloqueia a entrada de ar necessária para continuar o processo de combustão e fornece algum resfriamento da superfície. As espumas são classificadas de acordo com sua taxa de expansão e se dividem em três categorias principais: baixa expansão (até 20:1), média expansão (20:1 a 200:1) e alta expansão (200:1 a 1000:1). . As espumas disponíveis incluem à base de proteínas (P), bases de fluoroproteínas (FP e FFP), espuma formadora de filme aquosa (AFFF), concentrados resistentes ao álcool (AR) e espumas químicas.

8.5.1.3.6 Aerossóis Condensados e Dispersos. Um aerossol condensado é definido como um meio extintor constituído por partículas sólidas finamente divididas, geralmente com menos de 10 mícrons de diâmetro, e matéria gasosa, gerada por um processo de combustão de um composto sólido formador de aerossol. Um aerossol disperso é definido como um meio extintor constituído por partículas finas de produtos químicos, geralmente com menos de 10 mícrons de diâmetro, já residentes dentro de um recipiente de armazenamento de agente pressurizado, suspenso em um halocarbono ou gás inerte. Os sistemas que utilizam esses agentes podem ser de inundação total ou de aplicação local.

8.5.2 Componentes Chave dos Sistemas.

8.5.2.1 Fornecimento do Agente de Supressão. Todos os sistemas de supressão de incêndio não baseados em água envolvem um suprimento limitado de agente. O número e o tamanho dos contêineres do agente determinam o suprimento. Os recipientes devem ser projetados e fabricados para armazenar o agente utilizado pelo sistema. Ocasionalmente, como para agentes de supressão gasosos, o agente pode ser armazenado sob pressão.

8.5.2.2 Fontes de Pressão. Para alguns sistemas, particularmente sistemas de supressão química seca, uma fonte de pressão associada, geralmente um gás inerte, como dióxido de carbono ou nitrogênio, é usada para pressurizar o sistema e fornecer o supressor químico ao fogo.

8.5.2.3 Tubulação de Distribuição.A tubulação de distribuição é projetada e construída com material compatível com as características do agente de supressão utilizado, a fonte de pressão utilizada e o ambiente a ser protegido.

8.5.2.4 Válvulas, Mangueiras e Conexões. Todas as válvulas, mangueiras, conexões e equipamentos associados devem ser listados e rotulados para a finalidade para a qual estão sendo usados.

8.5.2.5 Dosadores. No caso de sistemas de espuma expansiva, uma válvula dosadora é usada para misturar o concentrado de espuma com água em proporções especificadas. Métodos de dosagem comumente encontrados usam o efeito venturi ou pressão para dosar o concentrado no sistema nas proporções apropriadas. A Figura 8.5.2.5(a) mostra um esquema de um dosador venturi. A Figura 8.5.2.5(b) mostra um dosador de pressão balanceado.

8.5.2.6 Bicos de Distribuição. Os bicos de distribuição e os monitores podem ser fixos ou portáteis e geralmente são projetados para uso com o sistema de um fabricante específico. A Figura 8.5.2.6(a) mostra um bocal de distribuição comum de um sistema de produtos químicos úmidos protegendo as superfícies de cozimento. A Figura 8.5.2.6(b) mostra bicos descarregando dióxido de carbono.

8.5.2.7 Sistema de Atuação. Gasoso e à base de produtos químicos sistemas podem ser ativados de várias maneiras. Alguns sistemas utilizam dispositivos de detecção automática com liberações elétricas ou mecânicas para fluir o sistema. Esses sistemas podem incluir sensores que fazem parte do sistema de detecção e alarme de incêndio. Dispositivos de acionamento manual estão frequentemente presentes também*(veja a Figura 8.5.2.7)*.

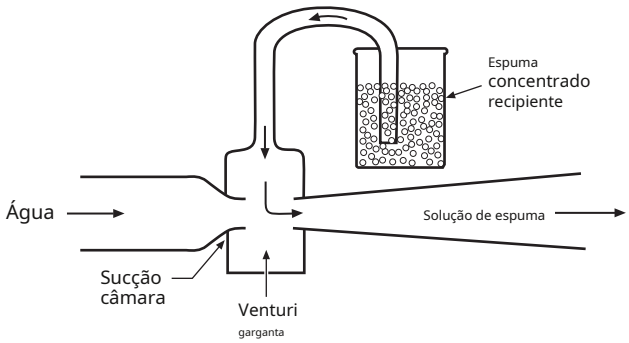


FIGURA 8.5.2.5(a) Indução Venturi ou Em Linha Proporcionador.*(Fonte: Manual de Proteção Contra Incêndio)*

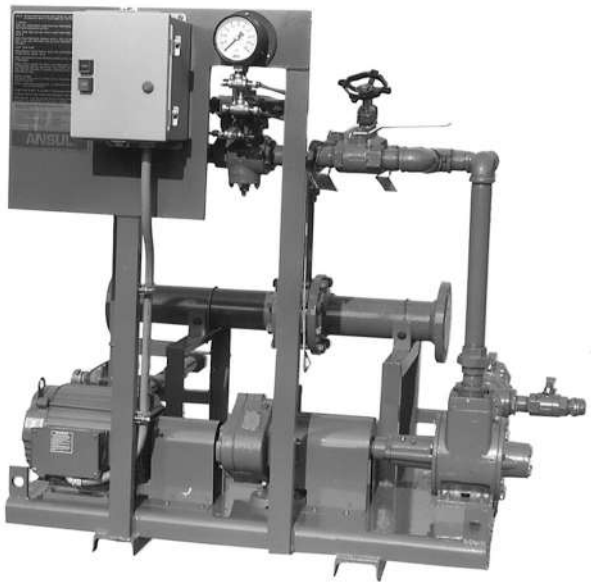


FIGURA 8.5.2.5(b) Dosador de Pressão Equilibrado Montado em Skid.*(Fonte: Cortesia da Tyco Fire Protection Products)*



FIGURA 8.5.2.6(a) Bicos Químicos Úmidos com Tampas Necessárias que Protegem Contra Entupimento de Vapores Carregados de Graxa. *(Fonte: Manual de Proteção contra Incêndios)*

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 8.5.2.6(b) Descarga de um Carbono de Aplicação Local Sistema de Extinção de Dióxido.*(Fonte: Cortesia da Tyco Fire Protection Products)*



Δ **FIGURA 8.5.2.7 Estação de acionamento manual claramente identificada.** ***(Fonte: Manual de Proteção contra Incêndios)***

8.5.2.8 Monitoramento e Controle do Sistema. Os sistemas são monitorados quanto ao fluxo supressor para alertar as partes interessadas de que o sistema operou. As válvulas que controlam o fornecimento de supressor ao sistema podem ser monitoradas para permitir que as partes interessadas saibam que o sistema está totalmente em serviço ou que uma parte do sistema está fora de serviço. Esta monitorização é normalmente realizada através da ligação ao sistema de alarme de incêndio. Alguns sistemas gasosos de inundação total e alguns sistemas gasosos de aplicação local são conectados a um painel de controle que, entre outros processos de controle, garante que um tempo de pré-descarga e alarme estejam presentes antes do fluxo do supressor para garantir a segurança da vida. Os sistemas também podem ser necessários para desligar fontes de combustível e/ou calor. A Figura 8.5.2.8 mostra uma válvula de fechamento de gás que fecha na atuação do sistema de extinção.



FIGURA 8.5.2.8 Válvula Típica de Fechamento de Gás que Fecha na Atuação do Sistema de Extinção.*(Fonte: Manual de Proteção Contra Incêndio)*

8.5.3 Parâmetros de Operação e Instalação do Sistema.

8.5.3.1 Localização e Espaçamento dos Bicos. As instruções de instalação do fabricante e os códigos e normas aplicáveis contêm os requisitos para a instalação de bicos para distribuição de agentes extintores. Os requisitos para a localização dos bicos são baseados nas características dos bicos e no perigo a ser protegido. Quanto mais grave o risco, mais próximos os bicos estão localizados um do outro.

8.5.3.2 Dimensionamento e Disposição do Tubo.O dimensionamento e a disposição dos tubos são baseados nas especificações para sistemas pré-projetados ou sistemas que são calculados hidraulicamente. Um sistema projetado hidraulicamente é dimensionado com base na vazão necessária e na perda por atrito associada a um agente que flui através da tubulação de distribuição e dos bicos.

8.5.3.3 Cobertura e Distribuição de Bocais. Os bicos têm cobertura e distribuição distintas, que se baseiam principalmente nas características do bico e na pressão local do sistema. Há uma variedade de bicos para atender a diferentes condições de cobertura e distribuição, como “inundação total” e “aplicação local” de agente de supressão de incêndio.

8.5.3.4 Mecanismos e Critérios de Ativação. Os sistemas não baseados em água podem ser ativados por meio da ativação de detecção de incêndio separada (por exemplo, sistema de alarme de fumaça) ou de um sistema de detecção integrado ao sistema de supressão (por exemplo, elemento térmico local).

8.5.3.5 Sistemas Monitorados e Controlados. Os sistemas são monitorados para detecção de incêndio e fluxo de agentes para alertar as partes interessadas de que o sistema operou. As válvulas que controlam o fornecimento do agente ao sistema podem ser monitoradas para permitir que as partes interessadas saibam que o sistema está totalmente em serviço ou que uma parte do sistema está fora de serviço. Este monitoramento é normalmente realizado por conexão ao sistema de alarme de incêndio. Em muitos casos, existem apenas meios elétricos ou mecânicos de soar um alarme local quando a água flui no sistema.

8.5.4 Análise.

8.5.4.1*Embora os códigos aplicados por várias jurisdições variem de uma jurisdição para outra, os códigos prescritivos relacionados a sistemas de supressão de incêndio não baseados em água na maioria das jurisdições estão incorporados na NFPA*Códigos Nacionais de Incêndio.* o

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

requisitos destes códigos podem ser adotados como estão, ou podem ser adotados com modificações por códigos de construção modelo, como o *Código Internacional de Construção* ou com variações postas em prática por AHJs locais. Sempre que uma análise de código de sistemas de supressão de incêndio não baseados em água for realizada, o investigador deve determinar o seguinte antes de prosseguir com uma análise de código:

(1) Que código estava em vigor quando o edifício recebeu seu certificado de ocupação?
(2) Existem alterações locais a esse código? (Consulte o AHJ para obter essas informações.)
(3) As variações do código foram concedidas durante o projeto do edifício com base na análise baseada no desempenho ou em alguma outra justificativa? Em caso afirmativo, relatórios de análise de projeto devem estar disponíveis.
(4) Que códigos de manutenção estavam em vigor durante a vida útil do sistema de supressão?
(5) O provedor de seguros tem requisitos de supressão adicionais que tiveram impacto no projeto do sistema?

8.5.4.2 Análise de Projeto.

8.5.4.2.1 Impacto do Fogo. Compreender o projeto de sistemas de supressão de incêndio não baseados em água é fundamental para determinar o impacto que ele pode ter durante um incêndio. Vários conceitos importantes no projeto de sistemas de supressão de incêndio não baseados em água são destacados em 8.5.4.2.2 a 8.5.4.2.11.

8.5.4.2.2 Protegido contra Riscos. Os sistemas de supressão de incêndio não baseados em água são geralmente projetados para proteger contra um certo nível de perigo. A extensão do perigo que está sendo protegido pode se estender de uma área localizada (ou seja, "aplicação de área local") ou do volume de um compartimento ou compartimentos (ou seja, "aplicação total de inundação"). O nível de perigo determinará a quantidade total de agente necessária; a taxa de aplicação do agente; o intervalo de tempo necessário da entrega do agente e o tempo para sustentar a presença do agente, taxa de aplicação do agente ou concentração do agente. Fritadeiras com maior eficiência energética e mudanças nos óleos de cozinha exigiram a mudança de agentes químicos secos para agentes químicos úmidos em aplicações de cozimento.

8.5.4.2.3 Colocação. A posição dos bicos de distribuição terá um grande impacto na capacidade de fornecer agente que possa penetrar no foco de um incêndio. NFPAs *Código Nacional de Incêndio* fornece padrões e diretrizes para requisitos e recomendações detalhadas e específicas para espaçamento e colocação de bicos de distribuição. Na prática, surgem vários problemas de colocação durante ou após a instalação que podem ter um impacto negativo na eficácia de um sistema de supressão não baseado em água. Um exemplo é a realocação de equipamentos de cozinha em uma instalação de cozinha comercial. Outro pode ser um bico do sistema de dióxido de carbono que foi deslocado durante a manutenção de uma impressora.

8.5.4.2.4 Instalação. A análise da instalação de sistemas de supressão de incêndio não baseados em água deve ser conduzida por um profissional de projeto ou pessoa que está familiarizado com os requisitos de os códigos aplicáveis, bem como com quaisquer variações que possam estar em vigor para esse projeto.

8.5.4.2.5 Desempenho do Sistema. O desempenho do sistema é analisado da mesma maneira que a instalação do sistema. Várias subcategorias de desempenho do sistema podem ser úteis para fornecer insights sobre a análise de um evento específico de incêndio ou explosão. O desempenho do sistema pode ser afetado por sistemas auxiliares, como o desligamento de um sistema de tratamento de ar em uma sala protegida por um sistema de inundação total.

8.5.4.2.6 Inspeção, Teste e Manutenção. Inspeção de rotina, teste e manutenção são importantes para a operação bem-sucedida de sistemas de supressão de incêndio não baseados em água. Os códigos locais contêm requisitos para inspeção, teste e manutenção e devem ser consultados durante uma análise do sistema. Os registros de inspeção, teste e manutenção devem ser mantidos pelo proprietário do sistema. Dados pertinentes a essas inspeções deve ser fornecido em inspeção relatórios apresentados pela entidade fiscalizadora e em tags localizadas perto das válvulas do sistema principal.

8.5.4.2.7 Origem e Causa. Uma série de dados úteis relevantes para o teste de hipóteses associadas à origem e causa de um incêndio que podem ser obtidos através da análise da ativação ou não ativação de um sistema de combate a incêndio não baseado em água.

8.5.4.2.8 Cronogramas. Os sistemas de supressão de incêndio não baseados em água podem ser ativados por uma conexão a um sistema de alarme de incêndio. Esses sistemas podem fornecer horários de alarme para um serviço de monitoramento central, ou pelo menos para o disco rígido de um painel de alarme local. No mínimo, um sistema de supressão de incêndio não baseado em água forneceria um alarme no início da entrega do agente. Outras informações da linha do tempo também podem estar disponíveis, como alarmes de violação que indicam a que horas as válvulas foram abertas/fechadas ou outros sinais de supervisão/problema específicos para esse sistema. Deve ser feito um esforço para sincronizar quaisquer dados de tempo do sistema de alarme e outros dados de tempo de investigação com um relógio comum.

8.5.4.2.9* Estimativa do Tamanho do Incêndio. Existem métodos disponíveis para estimar o tamanho de um incêndio no momento sistema ativação.

8.5.4.2.10 Impacto no Comportamento Humano. A presença de auto-sistemas automáticos de supressão de incêndio, se conhecidos, podem afetar o comportamento. O efeito pode ser positivo ou negativo. Um efeito positivo é que o aumento da margem de segurança de tais sistemas proporciona aos ocupantes da estrutura envolvida mais tempo para responder aos perigos apresentados pelo incidente. Um exemplo de efeito negativo é a possível diminuição da visibilidade causada pela descarga do agente supressor, que pode impedir a saída. Além disso, os efeitos tóxicos dos agentes em humanos podem ser um problema associado à exposição dos ocupantes a agentes de supressão não à base de água.

8.5.4.2.11* Modelagem de Incêndio. Uma variedade de modelos de computador estão disponíveis que podem ser usados para calcular o tempo de ativação de um sistema de combate a incêndios não baseado em água e, em alguns casos, seu impacto potencial no desenvolvimento do incêndio. Independentemente de qual modelo é usado, as diretrizes de engenharia para fundamentar um modelo de incêndio para uma determinada aplicação devem ser empregadas.

8.6 Questões de Espoliação. Deve-se tomar cuidado para preservar todas as evidências e documentos relacionados aos sistemas de proteção contra incêndio. Como a compreensão de muitos desses sistemas requer conhecimentos especiais, somente aqueles com conhecimento e equipamentos apropriados devem lidar com esses sistemas e evidências relacionadas para evitar potencial espoliação. *(ver 12.3.5).* A perda ou alteração de um item pode ter uma consequência significativa na investigação e em qualquer litígio que possa surgir.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

Capítulo 9 Eletricidade e Fogo

9.1* Introdução. Este capítulo discute a análise de sistemas e equipamentos elétricos. A ênfase principal é em edifícios com sistemas elétricos monofásicos de 120/240 volts. Estas tensões são típicas em edifícios residenciais e comerciais. Este capítulo também discute os princípios básicos da física relacionados à eletricidade e ao fogo.

9.1.1 Antes de iniciar uma análise de um item elétrico específico, supõe-se que o responsável por determinar a causa do incêndio já tenha definido a área ou ponto de origem. O equipamento elétrico deve ser considerado como uma fonte de ignição igual a todas as outras fontes possíveis e não como primeira ou última escolha. A presença de fiação ou equipamento elétrico na origem de um incêndio não significa necessariamente que o incêndio foi causado por energia elétrica. Muitas vezes o fogo pode destruir o isolamento ou causar alterações na aparência de condutores ou equipamentos que podem levar a falsas suposições. É necessária uma avaliação cuidadosa.

9.1.2 Condutores elétricos e equipamentos que são usados adequadamente e protegidos por fusíveis ou disjuntores de tamanho e funcionamento adequados normalmente não apresentam risco de incêndio. No entanto, os condutores e equipamentos podem fornecer fontes de ignição se materiais facilmente inflamáveis estiverem presentes onde foram instalados ou usados incorretamente. Uma condição na fiação elétrica que não está em conformidade com a *NFPA 70* pode ou não estar relacionado com a causa de um incêndio.

9.2 Eletricidade Básica.

9.2.1 Geral. O objetivo desta seção é apresentar termos e conceitos elétricos básicos de forma breve e simples, a fim de desenvolver uma compreensão prática deles.

9.2.2 Comparando Eletricidade com Hidráulica. A água que flui através de um cano é familiar para todos. Este fenômeno tem algumas semelhanças com a corrente elétrica que flui em um sistema elétrico. Devido a essas semelhanças, uma comparação limitada entre um sistema hidráulico e um sistema elétrico pode ser usada para entender um sistema elétrico.

9.2.2.1 Elementos de Sistemas Hidráulicos e Elétricos. Mesa 9.2.2.1(a) compara o hardware do sistema hidráulico selecionado com o hardware do sistema elétrico análogo. A Tabela 9.2.2.1(b) compara grandezas hidráulicas e unidades hidráulicas selecionadas com grandezas elétricas e unidades elétricas análogas.

Tabela 9.2.2.1(a) Hardware do Sistema Hidráulico e Hardware do Sistema Elétrico Análogo

Sistema hidráulico Hardware	Sistema elétrico Hardware
Bomba de pressão constante	fonte de tensão CC, como um bateria
Cano	Arame
Turbina de água	motor DC
Medidor de pressão diferencial	Voltímetro DC
Medidor de vazão	amperímetro DC
Válvula de corte	Trocar

9.2.2.2 Comparando Pressão Hidráulica com Tensão.

9.2.2.2.1 Em um sistema hidráulico, uma bomba cria um diferencial de pressão que pode forçar o líquido através de tubos e componentes hidráulicos. Manômetros comuns são conectados a um ponto em um sistema hidráulico. Isso pode causar o equívoco de que a pressão não é um fenômeno diferencial. Na realidade, todas as pressões são diferenciais. Os manômetros comuns registram a diferença entre a pressão no ponto medido e a pressão atmosférica. É importante entender que é uma pressão diferencial de uma extremidade de um tubo (ou componente) para a outra extremidade, não simplesmente a pressão em uma extremidade, que força o líquido através de um tubo (ou componente). Este diferencial pode ser determinado calculando a diferença entre as leituras em dois manômetros comuns ou usando um manômetro diferencial equipado com duas portas de detecção de pressão. A pressão hidráulica é frequentemente medida em quilopascals (kPa) ou libras por polegada quadrada (psi).

9.2.2.2.2 Em um sistema elétrico, uma bateria ou um gerador CC cria uma diferença de potencial ou tensão que pode forçar a carga através de um fio e de componentes elétricos. Voltímetros comuns registram a diferença de potencial entre dois pontos. Todas as tensões são diferenciais. A unidade de medida da diferença de potencial ou tensão é geralmente volts.

9.2.2.3 Comparando o Fluxo de Água com a Corrente. No sistema hidráulico, é a água que flui de forma útil. No sistema elétrico, é a carga que flui de maneira útil. A carga é um acúmulo de elétrons, assim como a água é um acúmulo de moléculas de água. A carga é medida em coulombs e a água pode ser

Tabela 9.2.2.1(b) Quantidades e Unidades Hidráulicas e Quantidades e Unidades Elétricas Análogas

Hidráulico Quantidades	Hidráulico Unidades	Elétrico Quantidades	Elétrico Unidades
Pressão	Libras por polegada quadrada (psi)	Potencial (tensão)	Volts
Pressão diferencial	Libras por polegada quadrada (psi)	Diferença de potencial (tensão)	Volts
Perda de pressão	Libras por polegada quadrada (psi)	Queda de tensão (tensão)	Volts
Quociente de vazão	Galões por minuto (gpm)	Corrente = taxa de fluxo de carga	Amperes = coulombs por segundo
Atrito/resistência ao fluxo	psi/galões por minuto	Resistência	Ohms
Diâmetro do tubo (interno)	Polegadas	Diâmetro do fio elétrico	AWG
Volume	Galões	Carregar	Coulombs

Nota: Para conversão SI, 1 psi = 6,89 kPa.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

medido em galões. A taxa de fluxo de carga é chamada de corrente elétrica, e a corrente é medida em amperes. Uma taxa de fluxo elétrico de um coulomb por segundo é equivalente a um ampere. A quantidade de corrente em amperes (A) pode ser medida com um amperímetro. A vazão do fluxo de água pode ser expressa em galões por minuto (gpm) ou litros por minuto (lpm), e pode ser medida com um medidor de vazão. A corrente elétrica pode ser corrente contínua (dc), como fornecida por uma bateria, ou corrente alternada (ac), como fornecida pelas concessionárias de energia elétrica ou inversores que convertem dc em ac.

Δ **9.2.2.4 Corrente Contínua e Corrente Alternada.** A corrente contínua flui em apenas uma direção, como em um sistema de água circulante, enquanto a corrente alternada flui para frente e para trás com uma frequência específica. Para muitas das aplicações encontradas neste texto, é útil visualizar circuitos CA como se fossem circuitos CC. Nos Estados Unidos, as concessionárias fornecem eletricidade a uma frequência de 60 hertz, ou 60 ciclos por segundo.

9.2.2.5 Comparando Tubulações de Água com Condutores. O tubo de água fornece o caminho para a água fluir. No sistema elétrico, condutores como fios fornecem o caminho para a corrente.

9.2.2.6 Comparação de Sistemas Hidráulicos Fechados com Circuitos Elétricos. Em um sistema hidráulico de circulação fechada (ao contrário de um sistema de entrega de mangueira de incêndio onde a água é descarregada pela extremidade), a água flui em um loop, retornando à bomba, onde é circulada novamente pelo loop. Quando a válvula é fechada, o fluxo para em todo o sistema. Quando a válvula é aberta, o fluxo é retomado. Um sistema elétrico deve ser um sistema fechado, em que a corrente deve fluir em um loop ou em um circuito completo. Quando a chave é ligada, o circuito está completo e a corrente flui. Quando o interruptor é desligado, o circuito é aberto e o fluxo de corrente para em todos os lugares do circuito. Consulte a Figura 9.2.2.6.

9.2.2.7 Comparação da perda de atrito hidráulico com a resistência elétrica.

9.2.2.7.1 Perdas por atrito em tubos resultam em quedas de pressão. O atrito elétrico (ou seja, resistência) em condutores e outras peças também resulta em quedas de pressão elétrica ou quedas de tensão. Para expressar a resistência como uma queda de tensão, a lei de Ohm deve ser usada. *(Ver 9.2.5.)*

9.2.2.7.2 Quando a eletricidade flui através de um material condutor, como um condutor, um tubo ou qualquer peça de metal, o calor é gerado. A quantidade de calor depende da resistência do material através do qual a corrente está fluindo e da quantidade de corrente. Alguns equipamentos elétricos, como uma unidade de aquecimento, são projetados com resistência apropriada para converter eletricidade em calor.

9.2.2.8 Comparando o tamanho do tubo com o calibre do fio. O fluxo de água em um tubo a uma dada queda de pressão é controlado pelo tamanho do tubo. Um tubo maior permitirá que mais volume por minuto de água flua do que um tubo menor em uma determinada queda de pressão. Da mesma forma, condutores maiores permitem que mais corrente flua do que condutores menores. Os tamanhos dos condutores são dados números American Wire Gauge (AWG). Quanto maior o número, menor o diâmetro do condutor. Pequenos condutores, como 22 AWG, são usados em telefones e outros circuitos de sinal onde pequenas correntes estão envolvidas. Condutores maiores, como 14, 12 e 10 AWG, são usados em circuitos residenciais. Quanto maior o diâmetro (e, portanto, quanto maior a área da seção transversal) do condutor, menor o número AWG e menor a resistência.

mento do condutor. Isso significa que um condutor de cobre de 12 AWG pode transportar com segurança uma corrente maior do que um condutor de cobre de 14 AWG menor. *(Consulte a Figura 9.2.2.8.)*

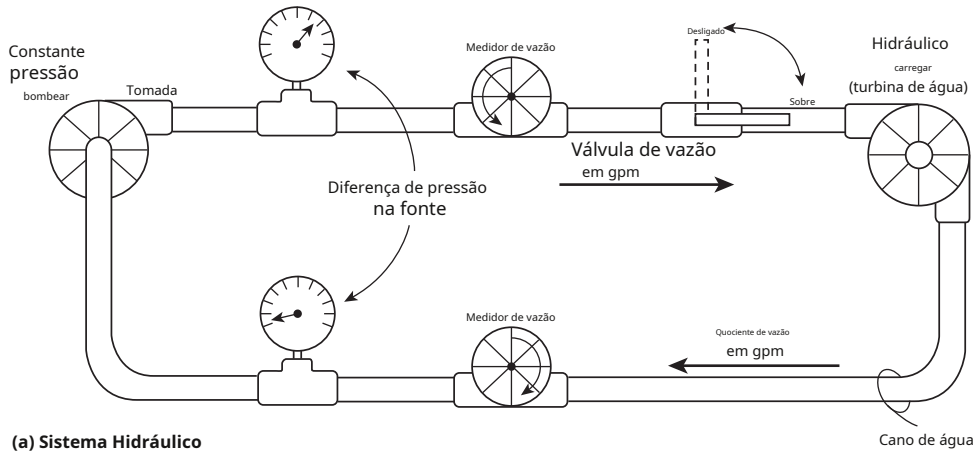
9.2.3 Ampacidade. A ampacidade de um condutor é a corrente em amperes que um condutor pode transportar continuamente sob as condições de uso sem exceder sua classificação de temperatura. Isso depende da temperatura ambiente em que o condutor está operando, bem como de outros fatores, como se o condutor está em conduite com outros condutores que transportam corrente semelhante, sozinho ou ao ar livre, e assim por diante. Por exemplo, Tabela 3.10.15(B)(16) (anteriormente Tabela 310.16) de *NFPA 70* lista a ampacidade do condutor de cobre 8 AWG com isolamento TW (termoplástico resistente à umidade) como 40 amperes. Esta classificação é baseada em uma temperatura ambiente de 30°C (86°F) e na instalação em um conduíte ou canaleta ao ar livre contendo no máximo três condutores. Quaisquer alterações – como mais condutores em uma pista, temperatura ambiente mais alta ou isolamento ao redor do conduíte – que reduzam a perda de calor para o ambiente diminuirão a ampacidade. Este condutor de mesmo tamanho é classificado em 50 amperes com isolamento THWN (termoplástico resistente à umidade e ao calor); o isolamento THWN tem uma classificação de temperatura de 75°C (167°F) em comparação com 60°C (140°F) para o isolamento TW.

9.2.3.1 Os valores de ampacidade para um condutor dependem do aquecimento do condutor causado pela corrente elétrica, da temperatura ambiente em que o condutor está operando, da classificação de temperatura do isolamento e da quantidade de calor dissipada do condutor para o ambiente. A corrente que passa por um condutor de alumínio gera mais calor do que a mesma corrente que passa por um condutor de cobre do mesmo diâmetro; a ampacidade de um condutor de alumínio é menor do que a de um condutor de cobre do mesmo tamanho. Além disso, a ampacidade de um condutor é reduzida quando ele é operado em temperatura elevada ou quando é revestido com um material que proporciona isolamento térmico. Por outro lado, a ampacidade real de um único condutor ao ar livre ou em um conduíte será maior do que a indicada nas tabelas.

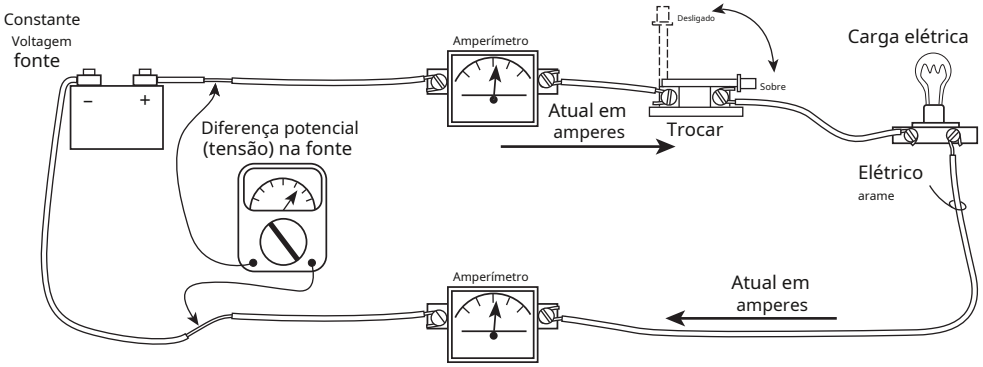
9.2.3.2 Um fator de segurança é incluído nos valores de ampacidade. Simplesmente demonstrar que a ampacidade foi excedida não significa que o fogo teve uma fonte de ignição elétrica.

9.2.4 Condutividade dos Condutores. Alguns materiais condutores conduzem corrente com menos resistência do que outros materiais. A prata conduz melhor que o cobre. O cobre conduz melhor que o alumínio. O alumínio conduz melhor que o aço. Isso significa que um condutor de cobre 12 AWG terá menos resistência do que o condutor de alumínio 12 AWG do mesmo tamanho. Haverá menos calor gerado em um condutor de cobre do que em um condutor de alumínio para a mesma corrente e tamanho AWG.

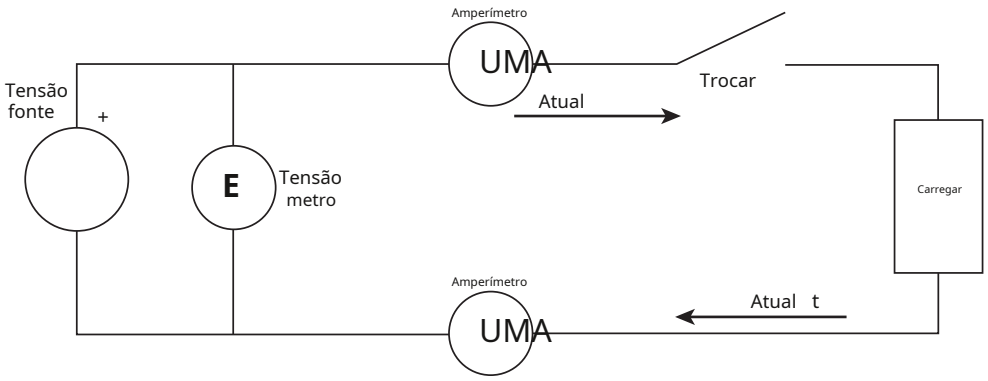
Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



(a) Sistema Hidráulico



(b) Sistema Elétrico



(c) Representação Esquemática Elétrica do Circuito Elétrico Mostrado em (b)

FIGURA 9.2.2.6 A Representação ruit, um Circuito Elétrico Analógico e um Esquema Hidráulica Ci da Mesma Elec r t Círculo ical interface do usuário **t.**

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Fio de Cobre Sólido		
	Diâmetro	Resistência em ohms por 1000 pés (305 m) em 158∞F (70∞C)
14 AWG	0,064 pol. (1,63 mm)	3.1
12 AWG	0,081 pol. (2,06 mm)	2,0
10 AWG	0,102 pol. (2,60 mm)	1.2

FIGURA 9.2.2.8 Condutores. American Wire Gauge (AWG) Tamanhos, Diâmetros de Seções Transversais e Resistência de Condutores Comumente Encontrados em Fiação Predial.

9.2.5 Lei de Ohm.A discussão a seguir pode ser aplicada com precisão apenas a circuitos CC (corrente contínua). Equações semelhantes, mas um pouco mais complexas, são necessárias na análise de circuitos CA (corrente alternada). A lei de Ohm afirma que a tensão *(veja a Figura 9.2.5)*em um circuito é igual à corrente multiplicada pela resistência, ou

[9.2.5]

$$E = EU \times R$$

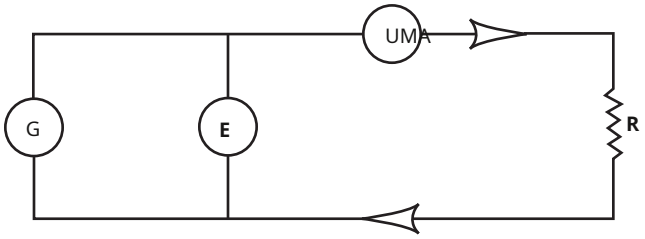
Onde:
E=Voltagem
EU=amperagem
R=resistência

9.2.5.1 Tensão (*E*) é medido em volts, corrente (*EU*) é medida em amperes, e a resistência (*R*) é medido em ohms.

9.2.5.2 Usando esta lei simples, a queda de tensão pode ser encontrada se a corrente e a resistência forem conhecidas. Reorganizando os termos, podemos resolver a corrente se a tensão e a resistência forem conhecidas:

[9.2.5.2]

$$\text{atual} = \frac{\text{Voltagem}}{\text{resistência}} \text{ ou amperes} = \frac{\text{volts}}{\text{ohms}}$$



$$\mathbf{R}(\text{resistência}) = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{EU}}\left[\frac{\text{Voltagem}}{\text{amperagem}}\right]$$

E(tensão) =**EU**(amperagem)¥**R**(resistência)

$$\mathbf{EU}(\text{amperagem}) = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{R}}\left[\frac{\text{Voltagem}}{\text{resistência}}\right]$$

FIGURA 9.2.5 Lei de Ohm em um Circuito Simples t.

9.2.5.3 Além disso, a resistência pode ser encontrada se a corrente e a tensão forem conhecidas:

[9.2.5.3]

$$\text{resistência} = \frac{\text{Voltagem}}{\text{atual}} \text{ ou ohm} = \frac{\text{volts}}{\text{amperes}}$$

9.2.5.4 Um voltímetro e um amperímetro podem ser usados para determinar a resistência. Um ohmímetro (parte de um multímetro simples) também pode ser usado para determinar a resistência se a resistência de contato for minimizada. Se a resistência e a tensão podem ser medidas, a amperagem pode ser calculada.

9.2.6 Energia Elétrica. Quando os elétrons são movidos (corrente elétrica) através de uma resistência, a energia elétrica é gasta. Essa energia pode aparecer de várias maneiras, como a luz de uma lâmpada ou o aquecimento de um condutor.

9.2.6.1A taxa na qual a energia é usada é chamada de potência. A quantidade de potência é expressa em watts (W). Uma lâmpada de 100 W produz mais luz e calor do que uma lâmpada de 60 W.*(Consulte a Figura 9.2.6.1.)*

9.2.6.2A energia pode ser expressa de muitas maneiras diferentes. Por aplicações elétricas, a energia é geralmente medida em watts-segundo ou watt-hora. Um watt-segundo é igual a 1 joule e um watt-hora é igual a 3600 joules (3,413 Btu).

9.2.7 Roda da Lei de Ohm. Potência em sistemas elétricos (*P*) é medido em watts. Aparelhos resistivos, como secador de cabelo ou lâmpada, são classificados em watts. A potência é calculada conforme mostrado na roda da lei de Ohm, na Figura 9.2.7. As relações entre potência, corrente, tensão e resistência são importantes para os investigadores de incêndio devido à necessidade de descobrir quantos amperes foram consumidos em um caso específico. Consulte a Figura 9.2.7 para obter um resumo desses relacionamentos. Se, por exemplo, vários aparelhos forem encontrados conectados a um cabo de extensão ou muitos aparelhos estiverem conectados a vários receptáculos no mesmo circuito, o investigador poderá calcular o consumo de corrente para encontrar se a ampacidade do condutor foi excedida. Embora a ampacidade possa ter sido excedida, seria benéfico ao investigador procurar a assistência de um especialista em eletricidade para determinar se a situação de sobrecorrente foi um fator contribuinte na sequência de ignição.

9.2.7.1 Os cálculos fornecidos no exemplo a seguir fornecem apenas resultados aproximados, pois foram simplificados para evitar os cálculos mais complexos necessários para circuitos CA. Por

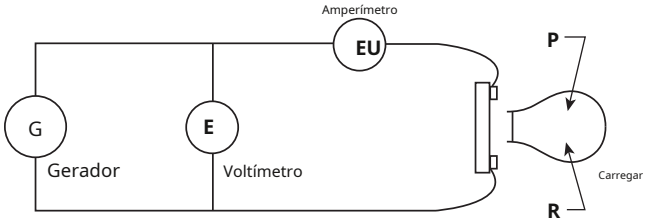
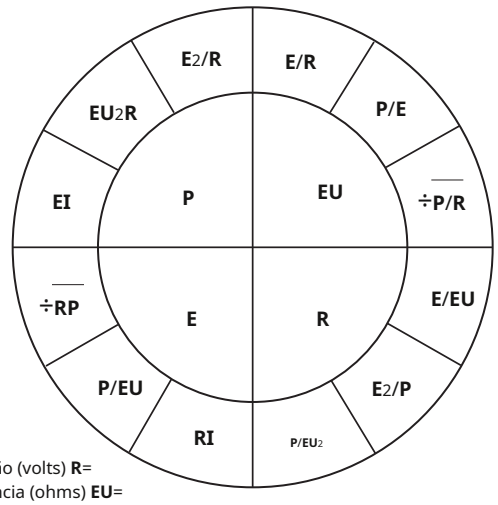


FIGURA 9.2.6.1 A potência em Watts (*P*) Consumido por um Lâmpada, um Produto da Corrente (*EU*) Quadrado e a Resistência (*R*) da Lâmpada.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



E=tensão (volts) **R**= resistência (ohms) **EU**= corrente (ampères) **P**= potência (watts)

FIGURA 9.2.7 Roda da Lei de Ohm para Circuitos Resistivos.

Por exemplo, um secador de cabelo projetado para operar em 120 volts consome 1500 watts:

[9.2.7.1(a)]

$$\text{atual } (EU) = \frac{\text{potência } (P)}{\text{Voltagem } (E)} = \frac{1500 \text{ watts}}{120 \text{ volts}} = 12{,}5 \text{ amperes}$$

[9.2.7.1(b)]

$$\text{resistência } (R) = \frac{\text{Voltagem}^2 (E^2)}{\text{potência } (P)} = \frac{120^2 \text{volts}}{1500 \text{ watts}} = 9{,}6 \text{ ohms}$$

9.2.7.2 Para verificar os resultados, faça o seguinte cálculo:

[9.2.7.2(a)]

$$\text{volts } (E) = EU \times R = 12{,}5 \times 9{,}6 = 120 \text{ V}$$

[9.2.7.2(b)]

$$\text{watts} = (EU)^2 \times R = (12{,}5)^2 \times 9{,}6 = 1500 \text{ W}$$

9.2.8 Aplicando a Lei de Ohm.O exemplo a seguir mostrará como encontrar os amperes totais, supondo que o aquecedor e a proteção do circuito estejam ligados e estejam carregando catual. UMA aquecedor elétrico portátil e panela são conectados a um ucabo de extensão 18 AWG. O aquecedor é de 1500 W e a panela é de 900 W. A relação anteriorshow de relacionamentos d essa corrente potência igual dividida pela tensão.

[9.2.8(a)]

$$\text{amperes}(EU) = \frac{\text{watts}(P)}{\text{volts}(E)} \text{ ou } \frac{1500}{120}$$

=12,5 A para o aquecedor

[9.2.8(b)]

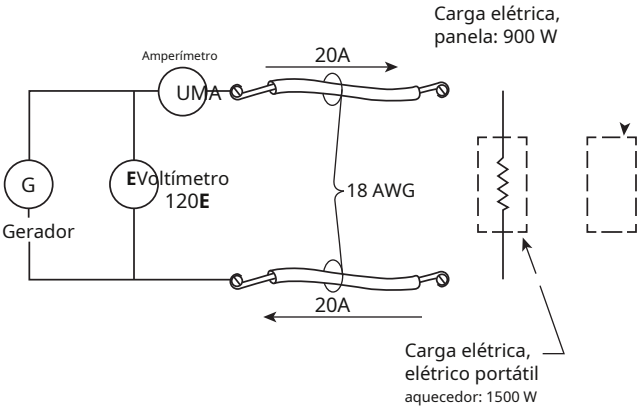
$$\text{amperes}(EU) = \frac{\text{watts } (P)}{\text{volts}(E)} \text{ ou } \frac{900}{120}$$

=7,5 A para o pote

9.2.8.1A amperagem total de um circuito é a soma da amperagem de cada dispositivo que está conectado ao circuito. A amperagem total para um circuito composto por três tomadas é a amperagem total de todos os dispositivos conectados a essas tomadas. Da mesma forma, a amperagem total em um cabo de extensão é a soma da amperagem de cada dispositivo conectado ao cabo de extensão.

9.2.8.2 No exemplo ilustrado na Figura 9.2.8.2, as amperagens calculadas foram de 12,5 A e 7,5 A, então a amperagem total desse cabo de extensão quando ambos os aparelhos estavam funcionando foi de 12,5 A + 7,5 A = 20,0 A. Tabelas de amperagens permitidas [a partir de*NFPA 70*,A Tabela 400.5(a)] mostra que a corrente máxima deve ser de 10 A no cabo de extensão de 18 AWG. Portanto, o cabo estava carregando uma sobrecorrente. A questão a ser determinada é se isso criou uma sobrecarga. A sobrecorrente durou o suficiente para causar superaquecimento perigoso? Em uma situação como a mostrada na Figura 9.2.8.2, onde parece existir uma sobrecarga, é necessário mostrar que essas condições criarão um aumento de temperatura suficiente para causar ignição. Uma sobrecarga não é prova absoluta de uma causa de incêndio. Em caso de sobrecarga, este cabo pode ser considerado como uma possível fonte de ignição, especialmente se o calor estiver confinado ou preso, como debaixo de um tapete ou entre um colchão e um colchão de molas, impedindo a dissipação.

9.2.8.3 Uma situação semelhante existe quando ocorre um curto-circuito por contato condutor a condutor. Esta é, por definição, uma conexão de resistência comparativamente baixa. Como visto pela lei de Ohm, quando a resistência diminui, a corrente aumenta. Embora um curto-circuito cause um grande fluxo de corrente, os dispositivos de proteção de sobrecorrente do circuito normalmente impedem que essa corrente flua por tempo suficiente para causar superaquecimento do condutores.



Corrente através do aquecedor portátil, **EU**= $\frac{1500 \text{ W}}{120\mathbf{E}}$ = 12,5A

Corrente através da panela, **EU**= $\frac{900 \text{ W}}{120\mathbf{E}}$ = 7,5A

Corrente total através de cabo flexível de 18 AWG = 20,0 A

FIGURA 9.2.8.2 Cálculo da Corrente Total.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

9.3 Construindo Sistemas Elétricos.

9.3.1* Geral. Esta seção fornece uma descrição do serviço elétrico em e através de um edifício. Destina-se a ajudar um investigador a reconhecer os vários dispositivos e a saber em geral quais são as suas funções. A ênfase principal está no serviço monofásico comum de 120/240 V com informações limitadas sobre o serviço trifásico e de tensão mais alta. Esta seção não fornece informações detalhadas sobre códigos. Essa informação deve vir dos documentos apropriados.

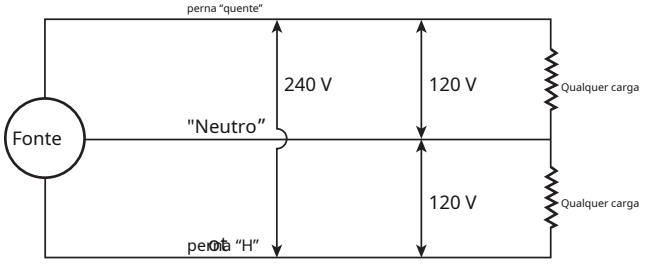
9.3.2 Serviço Elétrico.

9.3.2.1 Serviço Monofásico. A maioria das residências e pequenos prédios comerciais recebe eletricidade de um transformador, que é um dispositivo que diminui ou eleva as tensões para níveis desejados. Essa eletricidade é fornecida através de três condutores, aéreos de um poste ou subterrâneos. Os dois condutores isolados, chamados de "pernas quentes", têm suas correntes alternadas fluindo em direções opostas (invertendo 120 vezes por segundo para potência de 60 ciclos), de modo que a corrente vai e volta no mesmo instante, mas em direções opostas (180 °fora de fase). Essa corrente alternada é chamada de "monofásica". O terceiro condutor é aterrado para servir como condutor neutro e pode não ser isolado. A tensão entre qualquer um dos condutores quentes e o neutro condutor é de 120 V, como mostrado na Figura 9.3.2.1(a). A tensão entre os dois condutores quentes é de 240 V. Os condutores de entrada são grandes cabos multifilares destinados a transportar grandes correntes com segurança. Conforme ilustrado na Figura 9.3.2.1(b), todos eles podem ser pendurados separadamente, ou os dois condutores quentes podem ser enrolados ao redor do neutro em uma configuração chamada de queda triplex.

9.3.2.1.1 Se os cabos vierem de um transformador em um poste, eles são chamados de "queda de serviço". Se vierem de um transformador no solo ou no solo, serão enterrados e são chamados de "lateral de serviço". *(Consulte a Figura 9.3.2.1.1.)*

9.3.2.1.2 Os termos *quente, neutro,* e *chão* normalmente será usado neste documento para condutores instalados. Os termos apropriados para eles são *sem aterramento, aterrado,* e *aterramento,* respectivamente.

9.3.2.2 Serviço Trifásico. Edifícios industriais e comerciais de grande porte, grandes residências multifamiliares e outros edifícios de grande porte normalmente são fornecidos com serviço elétrico trifásico. O serviço trifásico consiste em três correntes alternadas que vão e voltam em instantes diferentes (desfasadas entre si). Haverá três condutores de corrente e geralmente um quarto, que é o neutro e está no potencial de terra. A tensão entre os condutores de corrente é tipicamente 480 V, 240 V ou 208 V. A tensão entre os condutores e o terra depende do arranjo da fiação e pode ser 277 V, 208 V ou 120 V. O 480/277 V quatro-



ΔFIGURA 9.3.2.1(a) Relação de Volt idades em 120/240 V Serviço.

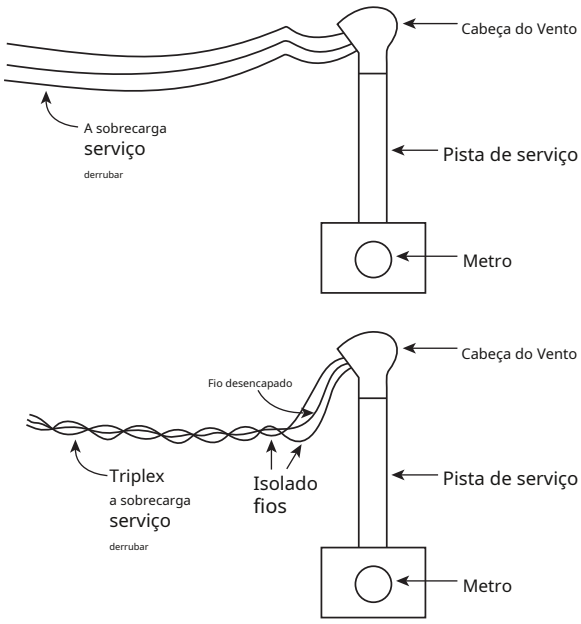


FIGURA 9.3.2.1(b) Serviço aéreo.

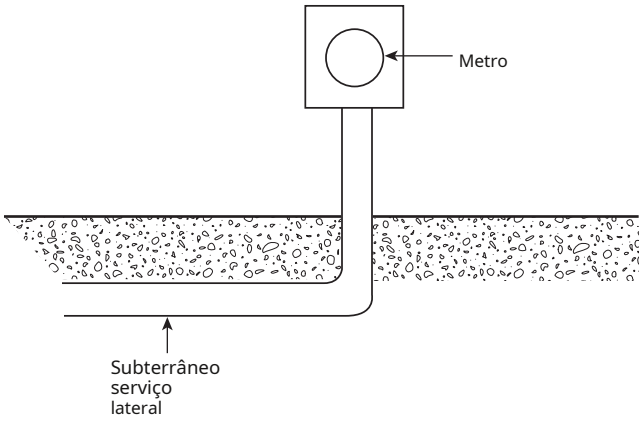


FIGURA 9.3.2.1.1 Serviço Subterrâneo.

sistema condutor é um serviço comum para grandes edifícios comerciais e industriais. Os sistemas de iluminação modernos nesses prédios geralmente operam em 277 V. Em prédios muito grandes, pode haver mais de uma entrada de serviço elétrico. Em alguns edifícios industriais, a tensão de entrada de serviço pode ser muito alta (por exemplo, 4000 V). Os transformadores dentro dos edifícios reduzem a tensão para utilização, incluindo 120 V para luzes e tomadas.

9.3.3 Medidor e Base. Os cabos de uma queda de serviço entram em um cabeçote, que é projetado para impedir que a água entre no sistema e, em seguida, descem por uma pista de serviço até uma base de medidor. Um medidor de watt-hora se conecta à base do medidor e conecta os cabos de serviço para que a eletricidade possa fluir para a estrutura. Em estruturas mais novas, a base do medidor é normalmente montada na parte externa. Os cabos vão da base do medidor até os equipamentos de serviço na estrutura, conforme Figura 9.3.3. Em instalações maiores, os cabos de entrada podem ser conectados diretamente ao equipamento de serviço sem passar pelo medidor. Nesse caso, o

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

O medidor é operado a partir de transformadores de corrente que cercam cada cabo de entrada e detectam o fluxo de corrente.

9.3.4 Significado.A entrada de serviço pode ser significativa em investigações de incêndio porque danos ao isolamento nos condutores podem resultar em falhas de alta potência sustentadas por curtos-circuitos ou falhas de aterramento que podem inflamar a maioria dos combustíveis. Entre o transformador da concessionária e a proteção principal na estrutura, geralmente não há proteção de sobrecorrente dos cabos, e falhas podem começar e continuar. Uma vez que existam correntes de falha, causando um incêndio ou resultantes de um incêndio, falhas contínuas podem danificar toda ou parte de uma entrada de serviço.

9.4 Equipamento de Serviço. Os cabos da base do medidor vão para o equipamento de serviço, que consiste em uma chave geral e fusíveis ou disjuntores.*(Consulte a Figura 9.3.3.)*O equipamento de serviço deve estar localizado perto de onde os cabos entram na estrutura. O equipamento de serviço tem três funções: fornecer meios para desligar a energia de todo o sistema elétrico, fornecer proteção contra falhas elétricas e dividir a distribuição de energia em vários circuitos de derivação. Um interruptor principal ou o disjuntor principal é a desconexão primária que pode desligar toda a eletricidade do edifício. Do gabinete de fusíveis ou disjuntores, a eletricidade é distribuída através de circuitos ramificados para o resto do edifício.

9.5 Aterramento.

9.5.1 Geral. Todas as instalações elétricas devem ser aterradas no equipamento de serviço. O aterramento é um meio de fazer uma conexão elétrica sólida entre o sistema elétrico e a terra. O aterramento é feito ligando o disjuntor ou o painel de fusíveis a um cano metálico de água fria se o cano se estender pelo menos 3,0 m (10 pés) para fora do solo. Na ausência de uma tubulação metálica de água fria adequada, um eletrodo de aterramento deve ser usado. O eletrodo de aterramento pode ser uma haste ou tubo de aço galvanizado ou uma haste de cobre de pelo menos 2,4 m (8 pés) de comprimento inserida no solo a um nível de umidade permanente.

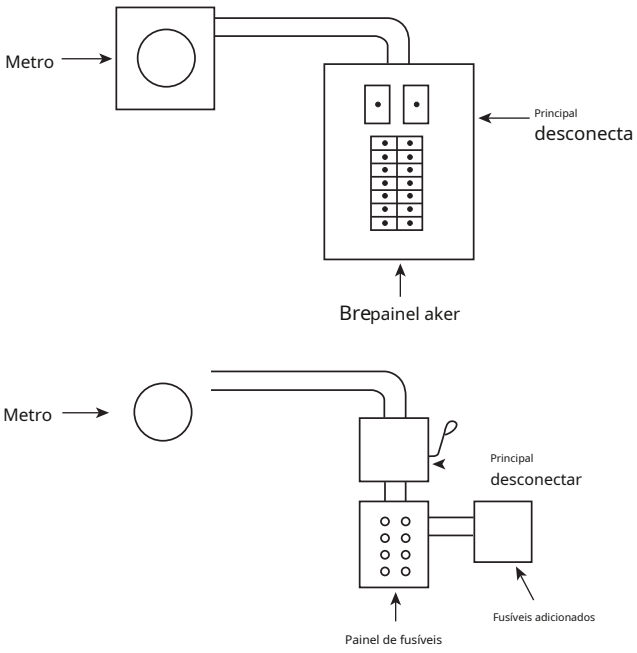


FIGURA 9.3.3 Serviço Entra ce a nd Equipamento de Serviço.

9.5.1.1 Em todas as instalações, o equipamento de serviço deve ser ligado à tubulação metálica de água fria ou a um eletrodo de aterramento. A ligação é a conexão de itens de equipamentos por bons condutores para manter os corpos dos equipamentos na mesma tensão, que é essencialmente zero se ligado ao terra. A ligação do equipamento de serviço ao aterramento é realizada por um condutor de cobre ou alumínio do bloco de aterramento no gabinete do fusível ou disjuntor a uma braçadeira que é firmemente fixada ao tubo metálico de água fria ou eletrodo de aterramento. Um exemplo é mostrado na Figura 9.5.1.1. A finalidade de aterrar um sistema elétrico é garantir que quaisquer caixas ou objetos metálicos expostos no sistema ou conectados a ele não possam ser eletricamente carregados. Se um condutor não aterrado (o condutor quente) entrar em contato com um objeto aterrado,

9.5.1.2 Todas as partes do sistema devem ser aterradas, incluindo gabinetes, canais, conexões, caixas de junção e tomadas, interruptores, receptáculos e quaisquer objetos condutores conectados ou conectados ao sistema. Isso geralmente é realizado com um condutor de aterramento que acompanha os condutores do circuito, embora o aterramento possa ser realizado por meio de conduíte metálico. O conduíte metálico flexível pode ser usado para aterramento somente se seu comprimento não exceder 1,8 m (6 pés).

Δ **9.5.2 Flutuante Neutro (Aberto Neutro).**Uma instalação elétrica com condutor neutro aberto não terá uma tensão fixa de 120 V entre cada perna quente e o neutro . Ainda haverá 240 V entre as duas pernas, mas em vez das tensões das duas pernas

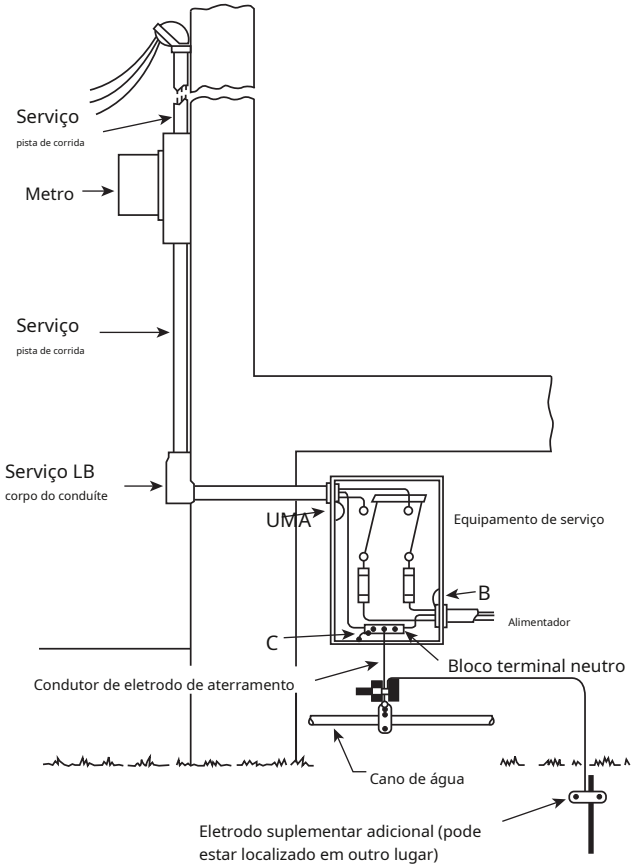


FIGURA 9.5.1.1 Aterramento em um serviço pequeno típico. A, B, e C são conexões de ligação que fornecem um caminho para o terra.

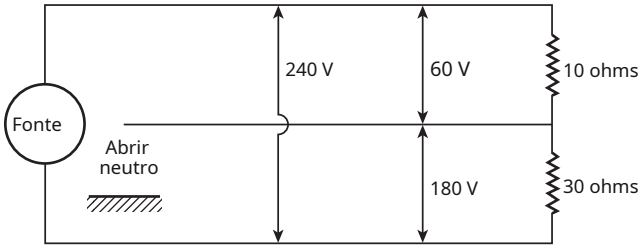
Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

sendo fixados em 120 V para neutro cada, eles podem variar para alguns outros valores que somam 240 V.*(Consulte a Figura 9.5.2.)*Tudo 120 V circuitos conectados ao condutor neutro aberto será afetado ted. As tensões reais nas pernas dependerão das cargas nas duas pernas em um determinado momento. Por exemplo, as tensões podem ser 60 e 180 como na Figura 9.5.2. A tensão mais alta pode superaquecer ou queimar alguns equipamentos, e a tensão mais baixa pode danificar alguns equipamentos eletrônicos. Os ocupantes viram luzes incandescentes que eram muito brilhantes ou muito fracas ou aparelhos que superaqueceram ou tiveram algum defeito. Uma condição de neutro flutuante não depende do aterramento adequado do serviço. A remoção da conexão do eletrodo de aterramento não causa um neutro aberto.

9.6 Proteção de Sobrecorrente.

9.6.1 Geral. Fusíveis e disjuntores fornecem proteção contra curtos-circuitos elétricos, falhas de aterramento e correntes de carga que podem ser prejudiciais (ou seja, sobrecargas). Em geral, tal dispositivo de sobrecorrente deve ser instalado onde cada condutor de derivação não aterrado (quente) está conectado à fonte de alimentação e o dispositivo deve funcionar automaticamente.

9.6.1.1 Dispositivos de sobrecorrente são fixados a barramentos em armários que são montados na parede ou na parede. Exemplos são mostrados na Figura 9.6.1.1(a), Figura 9.6.1.1(b), Figura 9.6.1.1(c) e Figura 9.6.1.1(d).



Δ FIGURA 9.5.2 Exemplo da Relação das Tensões em 120/240 V com Neutro Aberto.

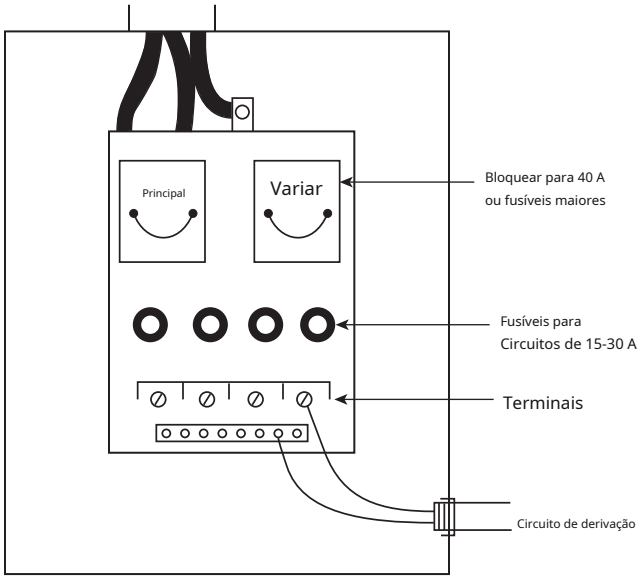
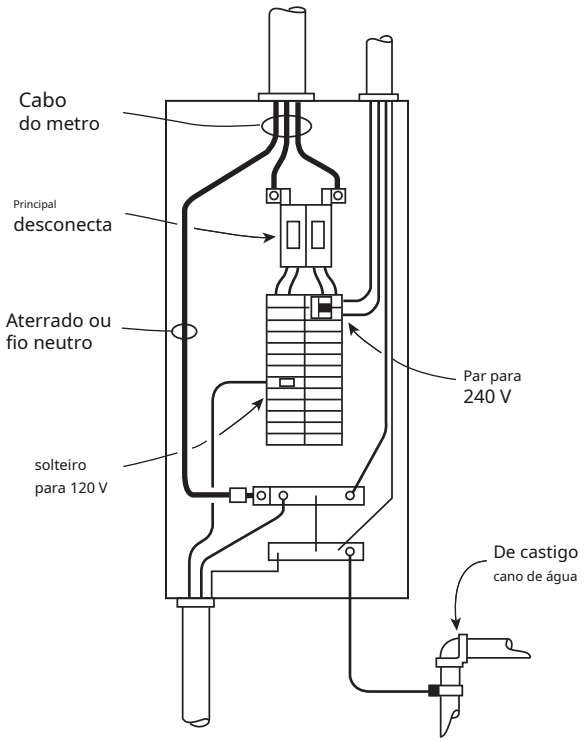
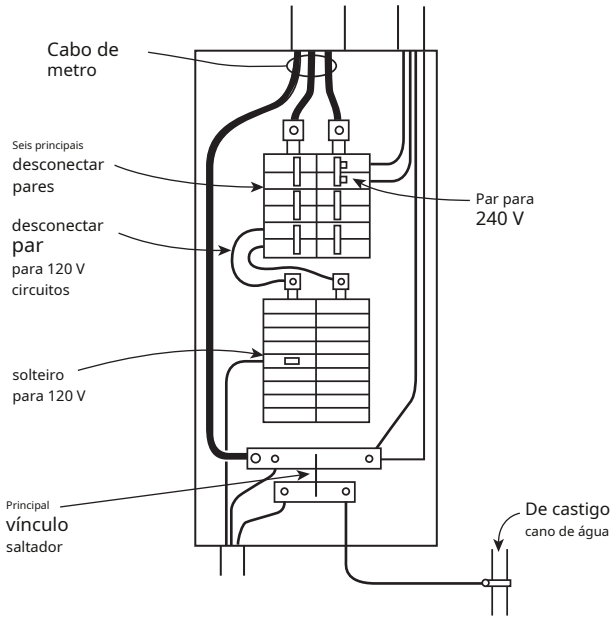


FIGURE 9.6.1.1(uma) Fuse Panel.



Δ FIGURA 9.6.1.1(b) Disposição comum para um painel de disjuntores.



Δ FIGURA 9.6.1.1(c) Arranjo comum para um ônibus dividido Painel de disjuntores.

Shaded texto = Revisions.Δ= Text ext e revisões de figuras/tabelas. • = Exclusões de seção. N = Novo material. Edição de 2021

Direitos autorais National Fire Pro tecnicetia Associação iação
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

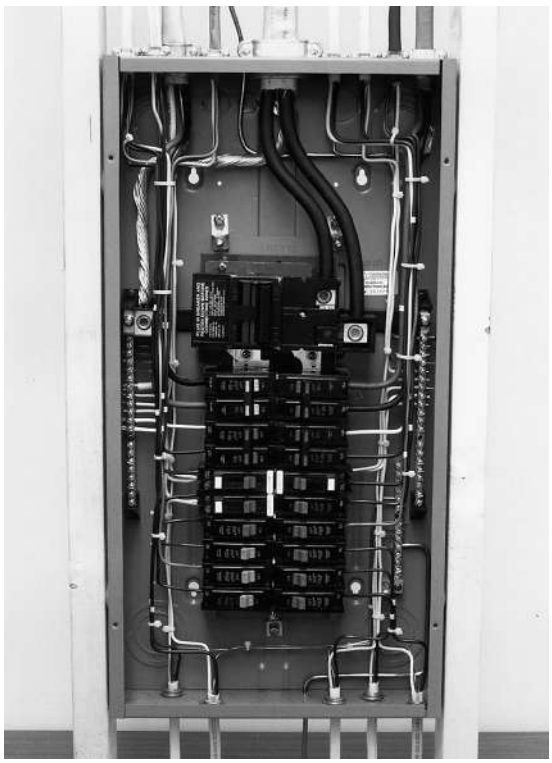


FIGURA 9.6.1.1(d) Painel de disjuntores.

9.6.1.2 Os dispositivos de proteção têm duas classificações de corrente, a classificação de corrente normal e a classificação de corrente de interrupção. A classificação normal é o nível de corrente acima do qual o dispositivo será aberto, como 15 A, 20 A ou 50 A. A classificação de interrupção é o nível de corrente que o dispositivo pode interromper com segurança. Um valor comum para disjuntores é 10.000 A.

9.6.2 Fusíveis.

9.6.2.1 Operações. Os fusíveis são basicamente dispositivos não mecânicos com um elemento fusível em um pequeno invólucro. O elemento fusível é feito de um condutor ou tira de metal com resistência suficiente para aquecer até a fusão em um nível selecionado de corrente. Os fusíveis não têm essencialmente nenhuma ação mecânica; eles operam apenas nas propriedades elétricas e físicas do elemento fusível. Alguns fusíveis podem conter uma mola para ajudar na separação do elemento fusível durante a fusão. Os fusíveis de elemento duplo contêm um elemento que funciona de forma mais eficaz com sobrecargas e o outro elemento que funciona de forma mais eficaz com curto-circuitos. Os fusíveis comuns são de uso único, mas alguns fusíveis grandes têm elementos substituíveis.

9.6.2.1.1 Existem dois tipos de fusíveis: o tipo plugue que se aparafusa em uma base e o tipo cartucho que se encaixa em um suporte. Eles são mostrados na Figura 9.6.2.1.1(a), Figura 9.6.2.1.1(b) e Figura 9.6.2.1.1(c). Os fusíveis não são reajustáveis.

9.6.2.1.2 Os fusíveis são montados em um painel que consiste em barramentos, terminais de conexão, porta-fusíveis e estruturas de suporte. As instalações residenciais geralmente serão uma combinação de fusíveis de plugue para circuitos de 30 A ou menos e fusíveis de cartucho em suportes removíveis para fusíveis com potências regulares superiores a 30 A. As classificações de interrupção em fusíveis sem retardo são da ordem de 100.000 A.



FIGURA 9.6.2.1.1(a) Um fusível não renovável típico baseado em Edison, elemento único, apenas para fins de substituição.

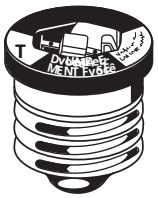


FIGURA 9.6.2.1.1(b) Outro fusível não renovável baseado em Edison, elemento duplo, apenas para fins de substituição.

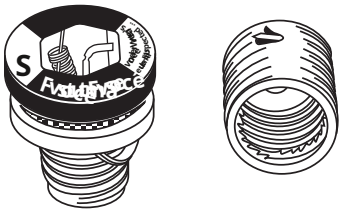


FIGURA 9.6.2.1.1(c) Um Fusível Não Renovável Tipo S e Adaptador. O tipo de fusível com retardo de tempo é aceitável, mas não obrigatório.

9.6.2.2 Fusíveis de Plugue. Para circuitos destinados a 30 A ou menos, foram usados fusíveis do tipo plugue. Os fusíveis possuem bases Edison para que todas as ampacidades caibam na mesma base. Fusíveis de 30 amperes podiam ser colocados onde apenas fusíveis de 15 A haviam sido planejados. Devido a essa superfusão e à facilidade com que os fusíveis podem ser contornados (por exemplo, com um centavo), eles não são permitidos em novas instalações. Esses fusíveis ainda estão disponíveis para substituição de fusíveis queimados em instalações existentes.

9.6.2.3 Fusíveis Tipo S.

9.6.2.3.1 Em um esforço para minimizar a fusão inadequada, foram desenvolvidos fusíveis Tipo S. Eles são projetados para dificultar a adulteração ou o desvio. Eles parafusam em adaptadores que se encaixam nas bases Edison. Após um adaptador ter sido instalado corretamente, ele não pode ser removido sem danificar a base do fusível. O adaptador evita que um fusível de classificação maior seja usado com um circuito de classificação mais baixa e dificulta o desvio do fusível.

9.6.2.3.2*NFPA 70*exige que os porta-fusíveis para fusíveis de 30 A ou menos não sejam usados, a menos que sejam projetados para usar este fusível Tipo S ou sejam feitos para aceitar um fusível Tipo S através do uso de um adaptador.

9.6.2.4 Fusíveis de retardo de tempo. Quer um fusível seja do tipo S ou tenha uma base Edison, o fusível do tipo temporizado permite sobrecorrentes de curta duração, como correntes de partida para motores, sem abrir o circuito. Enquanto esses surtos momentâneos podem ser

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

a seis vezes maior do que a corrente normal de funcionamento, eles são inofensivos porque duram apenas um curto período de tempo. Isso possibilita o uso de fusíveis de retardo em tamanhos pequenos o suficiente para oferecer melhor proteção do que um tipo sem retardo de tempo. Este último teria que ser superdimensionado para permitir tais surtos. No caso de curtos-circuitos ou falhas de aterramento de alta corrente, no entanto, o tipo de retardo operará e abrirá o circuito tão rapidamente quanto o tipo sem retardo. Os fusíveis de retardo podem ser projetados com elementos duplos ou por modificação do elemento de fusão.

9.6.2.5 Fusíveis de Cartucho. Para circuitos destinados a mais de 30 A, são usados fusíveis de cartucho. Conforme mostrado na Figura 9.6.2.5(a) e na Figura 9.6.2.5(b), eles consistem em um cilindro contendo o elemento fusível e tampas ou lâminas em cada extremidade para fazer contato elétrico em seu suporte. Os fusíveis de cartucho podem ser feitos para ação rápida ou atraso de tempo. Eles também vêm em tipos de elemento substituível ou de uso único. Os fusíveis de cartucho podem ser encontrados em painéis de fusíveis de instalações residenciais para cargas de alta corrente, como aquecedores de água e fogões, e na seccionadora principal. Grandes fusíveis de 100 A ou mais são mais comuns em instalações comerciais ou industriais.

9.6.3 Disjuntores.

9.6.3.1 Operações. Um disjuntor é um interruptor que abre automaticamente com sobrecorrente ou manualmente, empurrando uma alça. A classificação atual do disjuntor é geralmente, mas nem sempre, dada na face do punho. Os disjuntores são projetados para que o funcionamento interno desarme com corrente excessiva mesmo se o manípulo estiver na posição ON. As posições ON e OFF são indicadas no punho ou no corpo. *[Ver Figura 9.6.3.1(a) e Figura 9.6.3.1(b).]* A posição de desarme está no centro na maioria dos disjuntores, porém alguns disjuntores desarmam para a posição OFF. *[Consulte a Figura 9.6.3.1(c).]* Normalmente, um disjuntor não pode ser colocado manualmente na posição desarmado enquanto estiver instalado no painel. No entanto, se a falha foi corrigida, o disjuntor geralmente pode ser reiniciado movendo a alavanca para a posição OFF e depois para a posição ON. Uma classificação típica de interrupção para disjuntores é de 10.000 A.

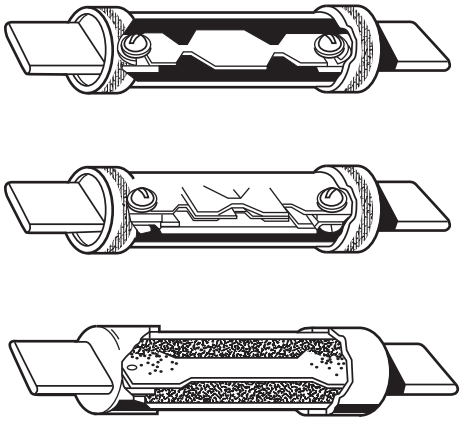


FIGURA 9.6.2.5(a) Três Tipos de Fusíveis de Cartucho: (topo), Fusível Renovável de Link de Saída Comum; (centro), Fusível Renovável Super-Lag; e (inferior) Fusível descartável.

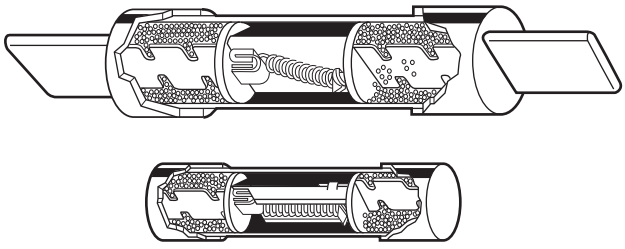


FIGURA 9.6.2.5(b) Fusíveis de cartucho de elemento duplo, lâmina e Tipos de Virola.

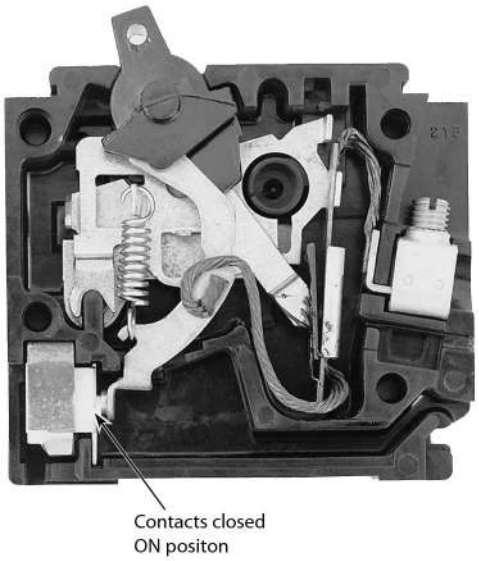


FIGURA 9.6.3.1(a) Um Disjuntor Residencial de 15 A na Posição Fechado (ON).

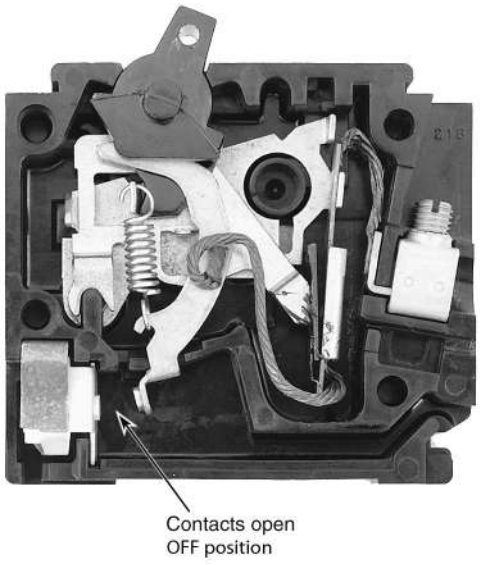


FIGURA 9.6.3.1(b) Um disjuntor do tipo residencial de 15 A na posição aberto (OFF).

Copyright Associação Nacional de Proteção contra Incêndios
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

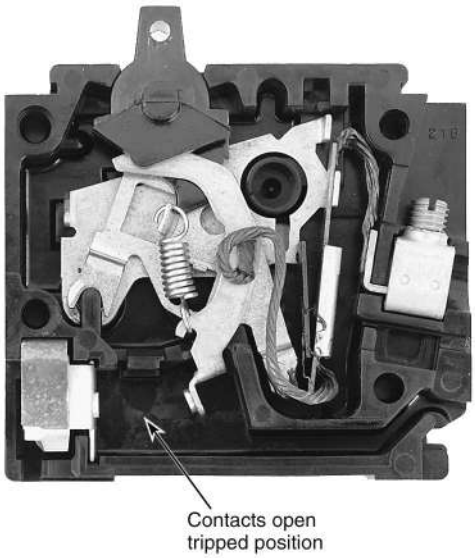


FIGURA 9.6.3.1(c) Um disjuntor do tipo residencial de 15 A na Posição Aberta (Disparada).

9.6.3.1.1A maioria dos disjuntores residenciais são do tipo termomagnético. O elemento térmico, geralmente um bimetal, fornece proteção para níveis moderados de sobrecorrente. O elemento magnético fornece proteção para curtos-circuitos e faltas à terra de baixa resistência, durante as quais as correntes de falta são muito altas. Os disjuntores são dispositivos mecânicos que requerem movimentação de seus componentes para operação. É possível que eles não abram, especialmente se não forem operados manualmente ou por sobrecorrente há muito tempo e principalmente se estiverem em uma atmosfera corrosiva.

9.6.3.1.2 Os corpos dos disjuntores são geralmente feitos de plástico fenólico moldado, que não derrete e não queima, mas pode ser destruído pelo impacto do fogo. Os disjuntores em um painel são conectados diretamente aos barramentos que são alimentados pela desconexão principal. Uma placa de cobertura sobre as fileiras de disjuntores expõe apenas os topos dos disjuntores para que nenhuma parte energizada do painel ou fiação fique exposta.

9.6.3.2 Disjuntores Principais.

9.6.3.2.1 No sistema de três fios usado na maioria das residências modernas, a principal seccionadora em um painel de disjuntores é um par de disjuntores de capacidade grande o suficiente para transportar toda a corrente consumida da instalação, geralmente de 100 A a 200 A em residências. As alças dos dois disjuntores (uma em cada perna) são presas juntas ou são moldadas como uma unidade, de modo que apenas um movimento é necessário para desligar ambas as pernas. Além disso, se uma perna tiver uma falha que desarme um disjuntor, o fixador puxará o outro disjuntor. O serviço trifásico utiliza três disjuntores principais em um único corpo ou com as alças presas juntas e três barramentos para alimentar os disjuntores. Casas mais antigas e casas pequenas, como casas de veraneio, podem ter um sistema de dois fios com apenas um único disjuntor.

9.6.3.2.2 Existem muitos painéis de barramento dividido em uso.*[Consulte a Figura 9.6.1.1(c).]*Eles geralmente têm seis disjuntores de 2 polos ou pares de disjuntores presos juntos para fazer circuitos de 240 V. Todos eles devem estar desligados para cortar toda a energia da instalação. Um dos pares de disjuntores serve como principal para os barramentos inferiores que alimentar os circuitos de 120 V. Painéis de barramento dividido não são permitidos em novas instalações.

9.6.3.3 Disjuntores de Ramificação.

9.6.3.3.1 Os disjuntores para circuitos de derivação individuais são classificados para o consumo máximo de corrente pretendido (ampacidade). Os circuitos de 120 V serão alimentados por um único disjuntor, enquanto os circuitos de 240 V serão alimentados por um disjuntor bipolar ou um par de disjuntores de igual ampacidade com as alças presas juntas. A iluminação geral e os circuitos de tomadas serão de 15 A ou 20 A. Aparelhos grandes, como fogões e aquecedores de água, terão disjuntores de 30 A, 40 A ou 50 A. Alguns pequenos aparelhos permanentes podem ter circuitos dedicados com disjuntores de 15 A ou 20 A.

9.6.3.3.2O serviço trifásico utiliza três barramentos para alimentar os disjuntores. Motores e outros equipamentos que utilizam energia trifásica serão alimentados por três disjuntores de igual ampacidade com as alças fixadas juntas.

Δ **9.6.3.4 Interruptor de circuito de falha de aterramento (GFCI).**Em instalações mais novas, é necessário um GFCI para circuitos específicos, como os que atendem banheiros, cozinhas e tomadas externas. Todos os GFCIs precisam ter uma função de teste integrada para testes periódicos. GFCIs são destinados a locais onde uma pessoa pode ser eletricamente aterrado enquanto estiver próximo ou usando aparelhos elétricos ces. GFCIs são necessário para desarmar quando um desequilíbrio de mA 6 mA é detectado. Este nível de corrente é considerado apropriado para evitar a incapacidade de "soltar" um circuito ao vivo.

9.6.3.4.1 Interruptor de circuito de falha de aterramento (GFCI). Os GFCIs podem ser encontrados nas seguintes configurações:

(1) *GFCI portátil.*GFCI não conectado ao painel de distribuição elétrica do prédio e destinado a fornecer proteção GFCI – somente falta à terra, não sobrecorrente – para aquelas instâncias em que um GFCI é necessário, mas não fornecido dentro de um prédio.

(2) *Tipo de receptáculo.*A corrente elétrica é fornecida por um painel de distribuição elétrica ao GFCI. O GFCI fornece proteção contra falta à terra — não proteção contra sobrecorrente — nesse local e em todas as saídas duplex localizadas a jusante do receptáculo GFCI.

(3) *GFCIs do tipo disjuntor localizados dentro do painel de distribuição.* Este tipo de GFCI fornece proteção contra falta à terra e sobrecorrente para dispositivos a jusante do painel.

9.6.3.5 Interruptor de Circuito de Falha de Arco (AFCI). Os AFCIs são projetados para mitigar incêndios causados por falhas de arco na fiação elétrica doméstica. O circuito AFCI monitora continuamente o fluxo de corrente. Os AFCIs usam circuitos especiais para discriminar entre condições normais e indesejadas de arco. Uma vez que uma condição de arco indesejada é detectada, o circuito de controle no AFCI abre os contatos internos, desenergizando assim o circuito e reduzindo o potencial de ocorrência de um incêndio. Um AFCI não deve desarmar durante condições normais de arco, o que pode ocorrer quando um interruptor é aberto ou um plugue é puxado de um receptáculo. Dependendo de quando o dispositivo foi instalado, *NFPA 70* pode ter exigido que um circuito de derivação que forneça tomadas ou dispositivos em cozinhas, salas familiares, salas de jantar, salas de estar, salões, bibliotecas, salas, quartos, solários, salas de recreação, armários, corredores, áreas de lavanderia ou salas ou áreas semelhantes sejam protegidas por um AFCI.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

9.6.4 Painéis de Disjuntores.

9.6.4.1 Os painéis de disjuntores geralmente usam materiais plásticos para isolamento entre as partes energizadas e entre os condutores, o invólucro de metal e a tampa do painel. Os fios e cabos e os invólucros dos disjuntores moldados também são normalmente isolados com materiais plásticos. Esses materiais plásticos podem derreter ou se decompor quando expostos ao calor. O calor que os decompõe pode ser gerado por fontes internas do painel ou por fontes externas de calor, como exposição ao fogo. Se o isolamento plástico se decompor, deteriorar ou derreter, condutores energizados ou um condutor energizado podem tocar uma superfície aterrada, produzindo falhas de arco ou situações de sobrecorrente. A formação de arco pode derreter furos dentro ou através do gabinete do disjuntor, cortar ou derreter fios e destruir partes dos componentes dentro do painel. O arco pode ser extenso devido à falta de proteção contra sobrecorrente e às altas correntes de falta disponíveis presentes no painel de disjuntores. A presença de danos por arco dentro de um painel de disjuntores não indica por si só que o painel foi a fonte de ignição do incêndio.

9.6.4.2 Um painel de disjuntores após a exposição ao fogo geralmente é frágil e deve ser recuperado e protegido com cuidado se for determinado que é necessário um exame adicional do painel ou de seu conteúdo. Se possível, o painel não deve ser desmontado no local do incêndio, mas sim protegido e analisado em condições de laboratório. Todas as peças pequenas e detritos devem ser preservados com o painel. As alças do disjuntor não devem ser operadas ou movidas até que o exame apropriado ocorra. Os fios de alimentação e do circuito devem ser examinados quanto a danos por arco externo ao painel do disjuntor se for determinado que um exame adicional do painel ou de seu conteúdo é necessário.

9.6.4.3A análise de danos por arco em um painel de disjuntores deve incluir, se possível, o exame das conexões dentro do painel, incluindo aquelas entre o cabo de alimentação ou serviço, as conexões entre os disjuntores e os barramentos e as conexões entre os fios do circuito de derivação e os disjuntores. A origem de qualquer falha de arco deve ser determinada, se possível. Tipicamente, a localização da falta de arco inicial pode ser localizada e identificada como estando no lado da carga ou da linha dos disjuntores. Localizar a falha de arco inicial pode ajudar a determinar a causa do arco. O exame dos condutores do circuito fornecidos pelo painel de disjuntores pode determinar se ocorreu arco a jusante fora do painel.

indicando se o arco no interior do painel foi a fonte de ignição ou foi o resultado do impacto do calor no sistema elétrico do edifício pelo fogo.

9.7 Circuitos de Ramificação. Os circuitos individuais que alimentam a iluminação, os receptáculos e vários aparelhos fixos são os circuitos de derivação. Cada circuito derivado deve ter sua própria proteção contra sobrecorrente. O circuito consiste em um condutor não aterrado (condutor quente) conectado a um dispositivo de proteção e um condutor aterrado (condutor neutro) conectado ao bloco de aterramento no gabinete. Ambos os condutores carregam a corrente que está sendo usada no circuito. Além disso, deve haver um condutor de aterramento (ou seja, o terra). O condutor de aterramento normalmente não conduz nenhuma corrente, mas está lá para permitir que a corrente de falha vá para o terra e, assim, abra a proteção. Algumas instalações podem ter o aterramento através de conduíte metálico, e algumas instalações muito antigas podem não ter nenhum condutor de aterramento.

9.7.1 Condutores. Condutores em instalações elétricas geralmente consistem em cobre ou alumínio porque são econômicos e bons condutores de eletricidade.

9.7.2 Tamanhos de Condutores. Os tamanhos dos condutores são medidos no American Wire Gauge (AWG). Quanto maior o número AWG, menor o condutor. Os condutores do circuito de derivação para iluminação e pequenos aparelhos são geralmente de cobre sólido, 14 AWG para circuitos de 15 A e 12 AWG para circuitos de 20 A. Circuitos de maior ampacidade terão condutores maiores como 10 ou 8 AWG, conforme listado na Tabela 9.7.2. Condutores de tamanho 6 AWG ou maior serão multifilares para dar flexibilidade adequada.

9.7.2.1A fiação de derivação de alumínio foi usada e pode ser encontrada em algumas instalações. Devido a problemas de aquecimento nas conexões, condutores de alumínio não são usados em circuitos de derivação sem conectores aprovados, embora cabos de alumínio, como cabos 3/0 e 4/0, sejam usados para ramais de serviço e entrada de serviço.

9.7.2.2O tamanho do condutor usado em um circuito é escolhido de modo a transportar a corrente do circuito com segurança, levando em consideração fatores como o tipo de isolamento do fio e se os fios são agrupados. Um disjuntor de tamanho adequado é então selecionado para proteger esse fio. O condutor não deve ser menor do que o tamanho permitido, mas pode ser maior. A razão básica para regular o tamanho permitido é evitar o aquecimento do condutor o suficiente para danificar seu isolamento. Como os condutores têm alguma resistência, o calor será gerado como

Tabela 9.7.2 Ampacidade e Uso de Circuitos de Ramificação

Tamanho do fio (AWG)			
	Revestido de cobre		
Cobre	Alumínio e Alumínio	Ampacidade (UMA)	Usar
14	12	15	Condutores de circuitos de derivação que alimentam além da cozinha
12	10	20-25	Condutores de circuitos de aparelhos pequenos que fornecem tomadas em cozinha para geladeiras, torradeiras, frigideiras elétricas, cafeteiras e aparelhos similares
10	8	30	Aparelhos grandes, como fogões e secadores
8	6	40	
6	4	55	

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

corrente passa por eles. Pequenos condutores têm mais resistência do que grandes condutores e, portanto, aquecem mais. o *NFPA 70*As tabelas mostram quanta corrente é permitida em condutores de vários tamanhos com vários tipos de isolamento.

9.7.3 Condutores de Cobre.

9.7.3.1O elemento químico cobre é usado em uma forma pura para fazer condutores. O cobre é aquecido e puxado através de matrizes progressivamente menores para espremê-lo até o tamanho desejado. Não há estrutura cristalina identificável em tal cobre. Impurezas ou elementos de liga tornariam o cobre menos condutor de eletricidade. O cobre puro derrete a 1082°C (1980°F).

9.7.3.2 Os condutores de cobre oxidam em incêndios quando o isolamento é perdido. A superfície geralmente fica escurecida com óxido cúprico. Para alguns condutores em uma condição quimicamente redutora, como o carvão incandescente antes do resfriamento, a superfície pode parecer nua de óxido ou revestida com um óxido cuproso avermelhado.

9.7.4* Condutores de Alumínio.

9.7.4.1 Alumínio Puro.O elemento químico alumínio é usado em uma forma pura para fazer condutores. O alumínio puro derrete a 660°C (1220°F). Uma película de óxido de alumínio se forma na superfície, mas o óxido não se mistura com o alumínio metálico. Portanto, a temperatura de fusão não é reduzida e o alumínio tende a derreter por toda a seção transversal de uma só vez, em vez de deixar um núcleo não fundido como o cobre. O alumínio derretido pode fluir através da pele de óxido e ter formas estranhas quando solidifica. Essas formas incluem gotas pontiagudas e glóbulos redondos e em forma de lágrima. O alumínio tem uma condutividade menor do que o cobre. Assim, para a mesma ampacidade de um circuito, um condutor de alumínio deve ser dois tamanhos AWG maior que um condutor de cobre. Por exemplo, 10 AWG de alumínio é equivalente em ampacidade a 12 AWG de cobre.

9.7.4.2 Alumínio Cobreado. Condutores de alumínio revestidos de cobre têm sido usados, mas não são comuns. Por serem condutores de alumínio com apenas uma camada de cobre, suas características de fusão são essencialmente as mesmas dos condutores de alumínio.

9.7.5 Isolamento.

9.7.5.1 Geral. Os condutores são isolados para evitar que a corrente tome caminhos indesejados e para proteger contra tensões perigosas em locais que seriam perigosos para as pessoas. O isolamento pode ser feito de quase qualquer material que possa ser aplicado prontamente a condutores, não conduz eletricidade e retém suas propriedades por muito tempo, mesmo em temperaturas elevadas. Para um resumo dos tipos de isolamento em uso, consulte a Tabela 310.104(A) de*NFPA 70*.O ar serve como isolante quando os condutores desencapados e as partes energizadas são mantidos separados. Em alta tensão, a contaminação do ar por poeira, poluição ou produtos de combustão pode quebrar os efeitos isolantes do ar, resultando em arcos.

9.7.5.1.1O tipo de isolamento em condutores individuais é marcado em um código, juntamente com a classificação de temperatura, o fabricante e outras informações. O cabo com bainha não metálica tem as identificações impressas na bainha. A codificação para o material de isolamento é fornecida na Tabela 310.104(A) de *NFPA 70*.

9.7.5.1.2O isolamento em condutores individuais é feito em uma variedade de cores, algumas das quais indicam usos específicos. Um aterramento condutor deve ser nu, coberto com isolamento verde (ou verde com uma faixa amarela), ou marcado onde acessível de acordo com*NFPA 70*.Um condutor aterrado (neutro) pode ser branco ou cinza claro. Um condutor não aterrado (quente) pode ser de qualquer cor, exceto verde, branco ou cinza. Em circuitos de 120 V geralmente é preto. Em circuitos de 240 V com cabo não metálico, as duas pernas quentes geralmente são pretas e vermelhas. Quando condutores individuais são puxados pelo conduíte, as cores podem variar mais amplamente, especialmente se mais de um circuito estiver no conduíte.

9.7.5.2 Cloreto de Polivinila (PVC).O PVC é um material isolante termoplástico comumente usado para fiação. O PVC deve ser misturado com plastificantes para torná-lo macio. Pigmentos e outros modificadores também podem ser adicionados. O PVC, ao envelhecer, pode perder lentamente os plastificantes e tornar-se duro e quebradiço. Em caso de incêndio, o PVC pode carbonizar e liberar cloreto de hidrogênio, um gás corrosivo. O cloreto de hidrogênio pode combinar com a umidade para formar ácido clorídrico. Cloreto de hidrogênio ou ácido clorídrico, se confinados, podem produzir corrosão localizada de metais. Essa corrosão pode ocorrer dentro de gabinetes elétricos.

9.7.5.3 Borracha.A borracha foi o material isolante mais comum até aproximadamente a década de 1950. O isolamento de borracha contém pigmentos e vários modificadores e antioxidantes. Com o tempo, pode tornar-se oxidado e quebradiço, especialmente se estiver quente por longos períodos. A borracha fragilizada tem pouca resistência e pode quebrar o condutor se for dobrado ou raspado. O isolamento de borracha carboniza quando exposto ao fogo ou a temperaturas muito altas e deixa cinzas quando a borracha é queimada.

Δ **9.7.5.4 Outros Materiais.**Polietileno e outras poliolefinas intimamente relacionadas são usadas como isolante, mais comumente em cabos grandes do que em isolação para circuitos residenciais. As jaquetas de nylon são colocadas em torno de outros materiais isolantes (geralmente PVC) para aumentar a estabilidade térmica do isolamento. Isolamentos de silicone e poliolefina fluorada são usados em condutores que devem ser instalados onde temperaturas elevadas persistirão, principalmente em aparelhos.

9.8 Tomadas e Dispositivos.

9.8.1 Interruptores. Os interruptores são instalados para ligar ou desligar a corrente em partes dos circuitos que alimentam as luzes e equipamentos instalados. Às vezes, um ou mais receptáculos são alimentados a partir de um interruptor para que um abajur de mesa possa ser ligado ou desligado na lâmpada ou no interruptor. O condutor quente (preto) vai para ambos os terminais do interruptor enquanto o condutor neutro (branco) vai para a luz ou dispositivo que está sendo controlado. O interruptor deve sempre ser colocado na passagem do condutor preto por segurança, embora o interruptor funcione corretamente se colocado na passagem do condutor branco. Os interruptores podem ter terminais de parafuso, pushin ou slot.

9.8.2 Receptáculos. As tomadas para circuitos de 15 A e 20 A, ilustradas na Figura 9.8.2(a) e na Figura 9.8.2(b), são geralmente duplex. As tomadas para aparelhos grandes (30 A ou mais) são individuais. As tomadas agora devem ser polarizadas e do tipo aterramento, embora ainda existam muitas tomadas não aterradas e não polarizadas em instalações mais antigas. O tipo de aterramento tem um terceiro orifício que permite que qualquer aparelho com um pino de aterramento em seu plugue aterre esse aparelho. Em receptáculos polarizados, o slot neutro é mais longo que o slot quente. Um plugue de dois pinos com um pino neutro largo (plugue polarizado) pode ser inserido no receptáculo somente com o pino largo no slot largo e não no sentido inverso. Todos os receptáculos e plugues de aterramento são inerentemente polarizados.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

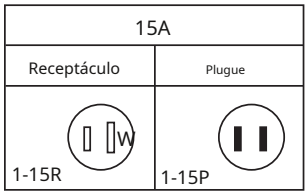


FIGURA 9.8.2(a) **Receptáculo do tipo sem aterramento.**

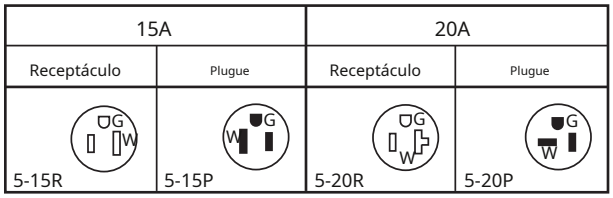


FIGURA 9.8.2(b) Receptáculo do tipo aterramento.

9.8.2.1 Em banheiros ou outras áreas onde a segurança pessoal é uma preocupação, os receptáculos podem ter um GFCI embutido.*(Consulte 9.6.3.4.)*

9.8.2.2 Dependendo do estilo do receptáculo, fios quentes e neutros são presos ao receptáculo inserindo as extremidades desencapadas em orifícios ou ranhuras (terminais de encaixe), prendendo as extremidades desencapadas sob terminais de parafuso ou apertando grampos aparafusados sobre os terminais desencapados. termina. Alguns receptáculos têm provisões para fixação push-in e fixação por parafuso. O condutor quente (geralmente preto ou vermelho, mas pode ser de qualquer cor, exceto verde, branco, cinza ou nu) deve ser conectado ao parafuso de latão ou de cor mais escura ou ao terminal marcado como “quente”. O condutor neutro (isolamento branco) deve ser conectado ao parafuso prateado ou de cor mais clara ou ao terminal marcado como “neutro” ou “branco”. Em receptáculos do tipo aterramento, o fio desencapado (ou a extremidade desencapada do fio verde) geralmente é preso sob um parafuso de cor verde. Algumas tomadas com terminais push-in para os condutores quente e neutro também possuem terminais push-in para o condutor terra. Este terminal push-in provavelmente será marcado como “verde”, “nu” ou “terra”. Nos receptáculos em que os fios são colocados em slots, o fio terra também é colocado em um slot.

9.8.3 Outras tomadas, dispositivos ou equipamentos. As luminárias permanentes são fixadas às caixas elétricas na parede ou no teto, conforme apropriado, com um interruptor de parede ou dimmer em sua parte individual do circuito. Os termostatos podem ser montados nas paredes para controlar as unidades de aquecimento instaladas permanentemente.

9.8.3.1 Em instalações comerciais e industriais, grande parte dos equipamentos elétricos está permanentemente conectado à fiação básica. Devido aos grandes consumos de corrente, grande parte do equipamento pode ser ligado e desligado por contatores em vez de diretamente por interruptores.

9.8.3.2 Em instalações onde possam ocorrer atmosferas explosivas, devem ser utilizadas tomadas e acessórios à prova de explosão. As caixas de saída, conexões e dispositivos conectados são projetados de forma que, mesmo que concentrações explosivas de gases entrem no sistema, uma ignição interna não deixe uma chama sair para inflamar a atmosfera circundante.

9.9 Ignição por Energia Elétrica.

9.9.1 Geral. Para que a ignição seja de uma fonte elétrica, deve ocorrer o seguinte:

(1) A fiação elétrica, equipamento ou componente deve ter sido energizado pela fiação de um edifício, um sistema de emergência, uma bateria ou alguma outra fonte.
(2) Calor e temperatura suficientes para inflamar um material combustível próximo devem ter sido produzidos por energia elétrica no ponto de origem pela fonte elétrica.

9.9.1.1A ignição por energia elétrica envolve a transferência de calor suficiente para um combustível (ou seja, fonte de ignição competente) pela passagem de corrente elétrica para inflamar o material que está próximo. Calor suficiente pode ser gerado por uma ampla variedade de meios, como arcos de curto-circuito e falta à terra, corrente excessiva através de fiação ou equipamentos, aquecimento por resistência ou por fontes comuns, como lâmpadas, aquecedores e equipamentos de cozinha. mento. O requisito para a ignição é que a transferência de calor da fonte elétrica seja mantida por tempo suficiente para trazer o combustível adjacente até sua temperatura de ignição, com a presença de ar para permitir a combustão.

9.9.1.2A presença de energia suficiente para a ignição não garante a ignição. A distribuição de energia e os fatores de perda de calor precisam ser considerados. Por exemplo, um cobertor elétrico estendido em uma cama pode dissipar continuamente 180 W com segurança. Se esse mesmo cobertor for amassado, o aquecimento ficará concentrado em um espaço menor. A maior parte do calor será retido pelas camadas externas do cobertor, o que levará a temperaturas internas mais altas e possivelmente à ignição. Em contraste com os 180 W usados por um cobertor elétrico típico, apenas alguns watts usados por uma pequena lâmpada de flash farão com que o filamento fique branco quente, indicando temperaturas superiores a 2204°C (4000°F).

9.9.1.3 Ao considerar a possibilidade de ignição elétrica, a temperatura e a duração do aquecimento devem ser grandes o suficiente para inflamar os combustíveis iniciais. O tipo e a geometria do combustível devem ser avaliados para garantir que o calor foi suficiente para gerar vapores combustíveis e que a fonte de calor ainda esteja quente o suficiente para inflamar esses vapores. Se o componente elétrico suspeito não for uma fonte de ignição competente, outras causas devem ser investigadas.

9.9.1.4 Antes de se poder determinar corretamente que um incêndio foi causado por eletricidade, a fonte de calor elétrico deve ser identificada. O calor gerado deve ser suficiente para provocar a ignição do primeiro combustível inflamado. Deve ser identificado um caminho ou método de transferência de calor entre a fonte de calor e o primeiro combustível inflamado.

9.9.2 Aquecimento por resistência.

9.9.2.1 Geral.

9.9.2.1.1 Sempre que a corrente elétrica flui através de um material condutor, o calor será produzido. Consulte 9.2.2.7.2 para as relações de corrente, tensão, resistência e potência (ou seja, aquecimento). Com projeto adequado e conformidade com os códigos, os sistemas e dispositivos de fiação terão resistências baixas o suficiente para que as peças e conexões que transportam corrente não superaqueçam. Algumas partes específicas, como filamentos de lâmpadas e elementos de aquecimento, são projetadas para ficarem muito quentes. No entanto, quando projetadas e fabricadas adequadamente e usadas de acordo com as instruções, essas peças quentes não devem causar incêndios.

9.9.2.1.2O uso de condutores de cobre ou alumínio de tamanho suficiente em sistemas de fiação (por exemplo, 12 AWG para até 20 A para cobre) manterá a resistência baixa. O pouco calor gerado deve ser prontamente dissipado para o ar ao redor do condutor em condições normais. Quando os condutores são termicamente

Copyright Nacional F Kit ire Protection Association
Fornecido por IHS Mar sob licença com NF PA

isolados e operando em correntes nominais, pode haver energia suficiente para causar uma falha ou ignição.

9.9.2.2 Dispositivos de Produção de Calor. Dispositivos comuns de produção de calor podem causar incêndios quando usados incorretamente ou quando certas falhas ocorrem durante o uso correto. Exemplos incluem combustíveis colocados muito perto de lâmpadas incandescentes ou de aquecedores ou cafeteiras e fritadeiras cujos controles de temperatura falham ou são ignorados. *(Consulte a seção 25,6.)*

9.9.2.3 Más Conexões. Quando um circuito tem uma conexão ruim Por exemplo, um parafuso solto em um terminal, o aumento da resistência causa aumento do aquecimento no contato, o que promove a formação de uma interface de óxido. O óxido conduz corrente e mantém o circuito funcional, mas a resistência do óxido nesse ponto é significativamente maior do que nos metais. Um ponto de aquecimento se desenvolve nessa interface de óxido que pode ficar quente o suficiente para brilhar. Se os materiais combustíveis estiverem próximos o suficiente do ponto quente, eles podem ser inflamados. Geralmente, a conexão será em uma caixa ou aparelho, e a probabilidade de ignição é bastante reduzida. A potência de conexões de aquecimento bem desenvolvidas na fiação pode ser de até 30–40 W com correntes de 15–20 A. Conexões de aquecimento de potência mais baixa também foram observadas em correntes tão baixas quanto cerca de 1 A.

9.9.3 Sobrecorrente e Sobrecarga. Sobrecorrente é a condição na qual mais corrente flui em um condutor do que o permitido pelos padrões de segurança aceitos. A magnitude e duração da sobrecorrente determinam se existe uma possível fonte de ignição. Por exemplo, uma sobrecorrente de 25 A em um condutor de cobre 14 AWG não deve representar perigo de incêndio, exceto em circunstâncias que não permitem a dissipação do calor, como quando isolado termicamente ou quando agrupado em aplicações de cabos. Uma grande sobrecarga de 120 A em um condutor de 14 AWG, por exemplo, faria com que o condutor ficasse vermelho quente e poderia inflamar combustíveis adjacentes.

9.9.3.1 Grandes sobrecorrentes que persistem (ou seja, sobrecarga) podem levar um condutor à sua temperatura de fusão. Há um breve arco de separação quando o condutor se derrete em dois. A fusão abre o circuito e interrompe o aquecimento adicional.

9.9.3.2 Para obter uma grande sobrecorrente, ou deve haver uma falha que ignore as cargas normais (ou seja, curto-circuito) ou muitas cargas devem ser colocadas no circuito. Para ter uma sobrecorrente sustentada (ou seja, sobrecarga), a proteção (ou seja, fusíveis ou disjuntores) deve não abrir ou deve ter sido anulada ou tornada ineficaz pelo projeto ou instalação do circuito. A ignição por sobrecarga é rara em circuitos que possuem condutores de tamanho adequado em todo o circuito, porque na maioria das vezes a proteção abre e interrompe o aquecimento adicional antes que as condições de ignição sejam obtidas. Quando há uma redução no tamanho do condutor entre a carga e a proteção do circuito, como um cabo de extensão, o condutor de tamanho menor pode ser aquecido além de sua classificação de temperatura. Este superaquecimento pode ocorrer sem ativar a proteção de sobrecorrente. Para obter um exemplo, consulte 9.2.8.3.

9.9.4 Arcos.

9.9.4.1 Geral. Um arco é uma descarga elétrica luminosa de alta temperatura através de uma abertura ou através de um meio, como um isolamento carbonizado. As temperaturas dentro do arco estão na faixa de vários milhares de graus, dependendo das circunstâncias, incluindo corrente, queda de tensão e metal envolvido. Para que um arco salte até mesmo o menor espaço no ar espontaneamente, deve haver uma diferença de tensão de pelo menos 350 V. Nos sistemas de 120/240 V sendo considerado aqui, os arcos não se formam espontaneamente em circunstâncias normais. *(Consulte a Seção 9.12.)* Apesar das temperaturas muito altas em um caminho de arco, os arcos podem não ser fontes de ignição competentes para muitos combustíveis. Na maioria dos casos, o arco é tão breve e localizado que combustíveis sólidos, como membros estruturais de madeira, não podem ser inflamados. Combustíveis com alta relação área de superfície-massa, como algodão, papel de seda e gases e vapores combustíveis, podem ser inflamados quando em contato com o arco.

9.9.4.2 Arcos de alta tensão.

9.9.4.2.1 Altas tensões podem entrar em um sistema de 120/240 V por contato acidental entre o sistema de distribuição da empresa de energia e o sistema nas instalações. Quer haja uma descarga momentânea ou uma alta tensão sustentada, um arco pode ocorrer em um dispositivo para o qual a separação de partes condutoras é segura em 240 V, mas não em muitos milhares de volts. Se materiais facilmente inflamáveis estiverem presentes ao longo do caminho do arco, um incêndio pode ser iniciado.

9.9.4.2.2 O relâmpago pode enviar picos de alta tensão e corrente para uma instalação elétrica. Como as tensões e correntes dos raios são tão altas, os arcos podem saltar em muitos lugares, causar danos mecânicos e inflamar muitos tipos de combustíveis. *(Consulte 9.12.8.)*

9.9.4.3 Eletricidade Estática. A eletricidade estática é uma carga estacionária que se acumula em alguns objetos. Andar sobre um tapete em uma atmosfera seca produzirá uma carga estática que pode produzir um arco quando descarregada. Outros tipos de movimento podem causar um acúmulo de carga, incluindo a retirada de roupas, a operação de correias transportadoras e o fluxo de líquidos. *(Consulte a Seção 9.12.)*

9.9.4.4 Arcos de Partição. Um arco de separação é uma breve descarga que ocorre quando um caminho elétrico energizado é aberto enquanto a corrente está fluindo, como desligando um interruptor ou puxando um plugue. O arco geralmente não é visto em um interruptor, mas pode ser visto quando um plugue é puxado enquanto a corrente está fluindo. Motores com escovas podem produzir uma exibição quase contínua de arco entre as escovas e o comutador. Em 120/240 V CA, um arco de separação não é sustentado e será rapidamente extinto. Os arcos de separação comuns em sistemas elétricos são geralmente tão breves e de baixa energia que apenas gases, vapores e poeiras combustíveis podem ser inflamados.

9.9.4.4.1 Na soldagem a arco, a haste deve primeiro ser tocada na peça de trabalho para iniciar o fluxo de corrente. Em seguida, a haste é retirada uma pequena distância para criar um arco de separação. Se a folga não ficar muito grande, o arco será sustentado. Um arco de soldagem envolve energia suficiente para inflamar praticamente qualquer material combustível. No entanto, o arco sustentado durante a soldagem requer características de projeto específicas na fonte de alimentação que não estão presentes na maioria das situações de arco de separação em sistemas de fiação de 120/240 V.

9.9.4.4.2 Outro tipo de arco de separação ocorre quando há um curto-circuito direto ou falha de aterramento. A onda de corrente derrete os metais no ponto de contato e causa um breve arco de separação à medida que uma lacuna se desenvolve entre as peças de metal. O arco se extingue imediatamente, mas pode lançar partículas de metal derretido (ou seja, faíscas) ao redor. *(Consulte 9.9.5.)*

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

9.9.4.5* Arco ao longo de um caminho carbonizado.A formação de arco entre dois condutores separados por um isolante sólido pode se tornar possível se o isolante ficar carbonizado. Os dois principais meios pelos quais a carbonização é criada são por fluxo de corrente elétrica ou por meios térmicos que não envolvem eletricidade. Se a carbonização é devido ao fluxo de corrente elétrica, o fenômeno é comumente chamado de rastreamento de arco. Meios não elétricos de criar carbonização geralmente envolvem algum tipo de aquecimento; isso pode ser devido a dispositivos de produção de calor, ou pode ser devido ao próprio fogo.

9.9.4.5.1 Rastreamento de Arco. Arcos podem ocorrer em superfícies de materiais não condutores se forem contaminados com sais, poeiras condutoras ou líquidos. Pensa-se que pequenas correntes de fuga criadas através de tal contaminação causam degradação do material base levando à descarga do arco, carbonização ou ignição de materiais combustíveis ao redor do arco. O rastreamento do arco pode ser um problema não apenas em altas tensões, mas também em sistemas de 120/240 V CA. O isolamento de PVC é suscetível ao rastreamento de arco e estudos recentes indicam que ele pode ser suscetível a uma forma única de falha: umedecimento auto-induzido. Quando o isolamento de PVC contendo o carbonato de cálcio de enchimento comumente usado é aquecido a 110°C ou mais, ocorrem reações de degradação química que subsequentemente fazem com que a umidade do ar seja hidrofilicamente depositada na superfície,*(Consulte a Figura 9.9.4.5.1.)*

9.9.4.5.2A corrente elétrica fluirá através da água ou umidade somente quando essa água ou umidade contiver contaminantes como sujeira, poeira, sais ou depósitos minerais. Esta corrente parasita pode promover alterações eletroquímicas que podem levar a arcos elétricos. Na maioria das vezes, as correntes parasitas através de um caminho úmido contaminado causam aquecimento suficiente para que o caminho seque. Então, pouca ou nenhuma corrente flui e o aquecimento pára. Se a umidade for continuamente reabastecida para que as correntes sejam mantidas, depósitos de metais ou produtos de corrosão podem se formar ao longo do caminho elétrico. Esse efeito é mais pronunciado em situações de corrente contínua. Arcos mais energéticos entre depósitos podem causar um incêndio sob as condições certas. Mais estudos são necessários para definir mais claramente as condições necessárias para causar um incêndio.

9.9.5 Faíscas. Faíscas são partículas luminosas que podem ser formadas quando um arco derrete metal e respinga as partículas para longe do ponto de arco. O termo*fagulha*tem sido comumente usado para uma descarga de alta tensão como com uma vela de ignição em um motor. Para fins de investigação de incêndio elétrico, o termo *fagulha*é reservado para partículas lançadas por arcos, enquanto um arco é uma descarga elétrica luminosa através de uma lacuna.

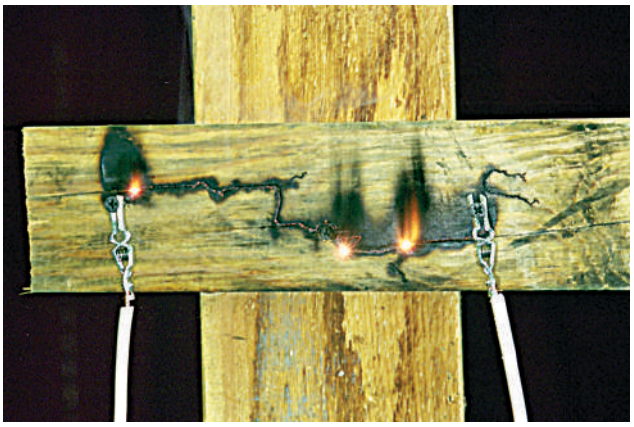


FIGURA 9.9.4.5.1 Rastreamento de Arco Induzido por Potencial de 15 kV e Umidade.

9.9.5.1 Curtos-circuitos e falhas de aterramento de alta corrente, como quando o condutor não aterrado (ou seja, condutor quente) toca o neutro ou um terra, produzem eventos violentos. Como pode haver muito pouca resistência no curto-circuito, a corrente de falha pode ser de muitas centenas ou mesmo milhares de amperes. A energia que é dissipada no ponto de contato é suficiente para derreter os metais envolvidos, criando assim uma lacuna e um arco visível e lançando faíscas. Os dispositivos de proteção na maioria dos casos serão abertos (ou seja, desligarão o circuito) em uma fração de segundo e evitarão a repetição do evento.

9.9.5.2 Quando apenas cobre e aço estão envolvidos no arco, os respingos de metal derretido começam a esfriar imediatamente à medida que voam pelo ar. Quando o alumínio está envolvido na falha, as partículas podem realmente queimar enquanto voam e continuam extremamente quentes até que queimem ou sejam extintas ao pousar em algum material. A queima de faíscas de alumínio, portanto, pode ter uma capacidade maior de inflamar combustíveis finos do que faíscas de cobre ou aço. No entanto, faíscas de arcos em circuitos ramificados são fontes de ignição ineficientes e podem inflamar apenas combustíveis finos quando as condições são favoráveis. Além da temperatura, o tamanho das partículas é importante para o conteúdo total de calor das partículas e a capacidade de inflamar combustíveis. Por exemplo, faíscas respingadas de um arco de soldagem podem inflamar muitos tipos de combustíveis devido ao tamanho relativamente grande das partículas e ao conteúdo total de calor. Arcos em cabos de entrada podem produzir faíscas mais e maiores do que arcos em circuitos ramificados.

9.9.6 Falhas de alta resistência. Dependendo da natureza da falha e da extensão dos danos causados pelo fogo, a evidência de uma falha de alta resistência pode ser difícil de encontrar após um incêndio. Exemplos de falhas de alta resistência são um condutor energizado que entra em contato com um objeto mal aterrado ou uma conexão de plugue lâmina-receptáculo ruim. Veja 9.10.4 para exemplos de evidência de uma falha de alta resistência que pode ser encontrada após um incêndio.

9.10 Interpretando Danos a Sistemas Elétricos.

9.10.1 Geral.A atividade elétrica anormal geralmente produz danos característicos que podem ser reconhecidos após um incêndio. A evidência desta atividade elétrica pode ser útil para localizar a área de origem. O dano pode ocorrer em condutores, contatos, terminais, conduítes ou outros componentes. No entanto, muitos tipos de danos podem ocorrer a partir de eventos não elétricos. Esta seção fornecerá diretrizes para decidir se o dano observado foi causado por energia elétrica e se foi a causa do incêndio ou o resultado do incêndio. Essas diretrizes não são absolutas, e muitas vezes as evidências físicas serão ambíguas e não permitirão uma conclusão definitiva.

9.10.2* Arcos de corte de curto-circuito e falta à terra.Sempre que um condutor energizado entrar em contato com um condutor aterrado ou um objeto metálico aterrado com resistência quase zero no circuito, haverá um surto de corrente no circuito e fusão no ponto de contato. Este evento pode ser causado por isolamento amolecido pelo calor devido a um incêndio ou por falha em proteger adequadamente o isolamento do fio quando o fio passa por uma borda de metal afiada ou penetra em uma caixa de metal. O alto fluxo de corrente produz calor que pode derreter os metais nos pontos de contato dos objetos envolvidos, produzindo assim uma lacuna e o arco de separação. Um condutor de cobre sólido normalmente aparece como se tivesse sido entalhado com uma lima redonda, como mostrado na Figura 9.10.2. O entalhe pode ou não cortar o condutor. O condutor

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

quebrará facilmente no entalhe ao ser manuseado. A superfície do entalhe pode ser vista por exame microscópico como tendo sido derretida. Às vezes, pode haver uma projeção de cobre poroso no entalhe.

9.10.2.1 O arco de separação derrete o metal apenas no ponto de contato inicial. As superfícies adjacentes não serão fundidas, a menos que fogo ou algum outro evento cause derretimento subsequente. No caso de fusão subsequente, pode ser difícil identificar o local do curto-circuito inicial ou falha de aterramento. Se os condutores foram isolados antes da falha e a falha é suspeita como a causa do incêndio, será necessário determinar como o isolamento falhou ou foi removido e como os condutores entraram em contato um com o outro. Se o condutor ou outro objeto de metal envolvido no curto-circuito ou falha de aterramento estava sem isolamento no momento da falha, pode haver respingos de metal nas superfícies adjacentes não fundidas.

9.10.2.2 Condutores encalhados, como cabos de lâmpadas e eletrodomésticos, parecem exibir efeitos de curtos-circuitos e falhas de aterramento que são menos consistentes do que aqueles em condutores sólidos. Um condutor trançado pode apresentar um entalhe com apenas alguns dos fios cortados, ou todos os fios podem ser cortados com fios fundidos ou fios individuais fundidos.*(Consulte a Figura 9.10.2.2.)*

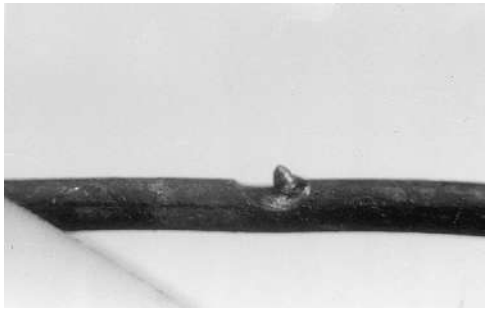


FIGURA 9.10.2 Um condutor de cobre sólido entalhado por um curto-circuito.



FIGURA 9.10.2.2 Cabo de lâmpada de cobre trançado que era Separado por um curto-circuito.

9.10.3* Arco através de um caminho carbonizado devido a meios térmicos (arco através de carvão).Insulation on conductors, when exposed to direct flame or radiant heat, may be charred before being melted. That char is conductive enough to allow sporadic arcing through the char. That arcing can leave surface melting at spots or can melt through the conductor, depending on the duration and repetition of the arcing. There often will be multiple points of arcing. Several inches of conductor can be destroyed, either by melting or severing of several small segments.

9.10.3.1*Os estudos do arco através do processo char em cabo energizado (AC), PVC descarregado, com bainha não metálica (cabo NM) exposto a uma fonte de calor radiante produziram as seguintes conclusões:

(1) A aparência física geral das esferas de arco foi consistente em uma ampla faixa de fluxos de calor.*[Consulte a Figura 9.10.3.1(a) e a Figura 9.10.3.1(b).]*Todos os grânulos de arco resultantes desta transferência de massa foram identificados visualmente como fusão a arco com base nas características listadas em 9.11.1.

(2) A falta de oxigênio presente em condições de flashover não impedirá a formação de grânulos de arco nem afetará o tempo necessário para criar o grânulo de arco. As aparências físicas das esferas de arco formadas em ambientes normais e empobrecidos de oxigênio foram todas semelhantes e visualmente identificadas como derretimento de arco com base nas características listadas em 9.11.1.*[Consulte a Figura 9.10.3.1(a), Figura 9.10.3.1(b) e Figura 9.10.3.1(c).]*

(3) Ensaios em cabo NM com bainha de tecido, que não utiliza isolamento de PVC, produziram cordões de arco semelhantes em aparência aos ensaios de cabo NM de PVC; no entanto, em alguns testes, um cordão de arco visível não foi observado apesar do disparo da proteção de sobrecorrente.

(4) A formação de arco através do char pode ocorrer em tensões tão baixas quanto 30 volts (RMS). O tempo para formar o caminho condutor, criar o cordão de arco e desarmar a proteção de sobrecorrente dentro de um período de tempo de interesse investigativo (ou seja, minutos versus horas) geralmente ocorreu com tensões superiores a 60 volts (RMS).

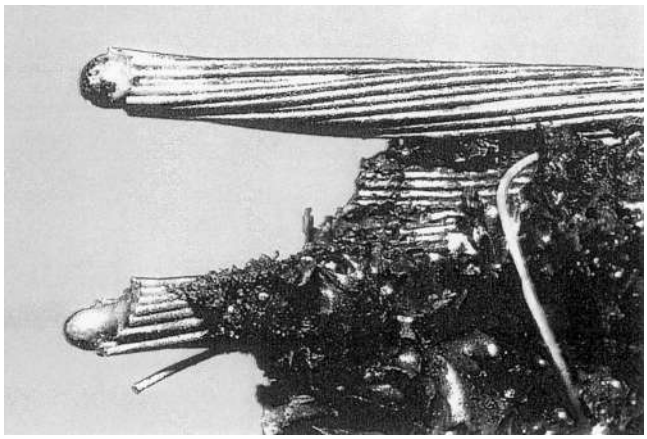
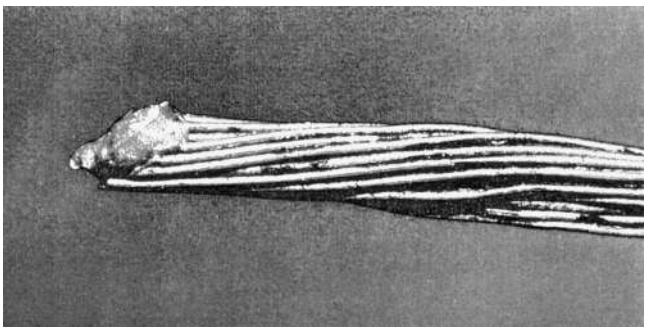


FIGURA 9.10.3.1(a) Condutores de cobre cortados por arco através do isolamento carbonizado.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Δ **9.10.3.2**Quando os condutores estão sujeitos a um aquecimento muito localizado, como por exemplo, de arco através de carvão, os condutores individuais podem ser cortados. Quando cortadas, elas têm contas na ponta, conforme mostrado na Figura 9.10.3.1(a). O cordão pode soldar dois condutores, conforme mostrado na Figura 9.10.3.1(b). Se os condutores estiverem no conduíte, os orifícios podem ser derretidos no conduíte. Os grânulos podem ser diferenciados dos glóbulos, que são criados por aquecimento não localizado, como sobrecarga ou fusão do fogo. Os grânulos são caracterizados pela linha de demarcação distinta e identificável entre o grânulo fundido e a porção não fundida adjacente do condutor. Figura 9.10.3.1(c), Figura 9.10.3.2(a), Figura 9.10.3.2(b) e Figura 9.10.3.2(c) mostram exemplos.



Δ **FIGURA 9.10.3.2(a) Dano de arco ao cabo 18 AWG por arco Pela Isolamento carbonizado.**

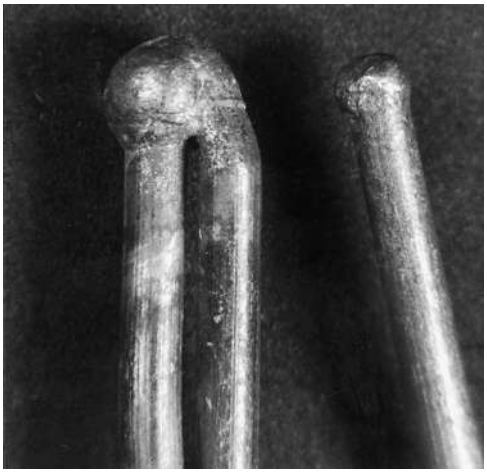


FIGURA 9.10.3.1(b) Condutores de cobre cortados por arco através do isolamento carbonizado com um cordão grande soldando os dois condutores juntos.

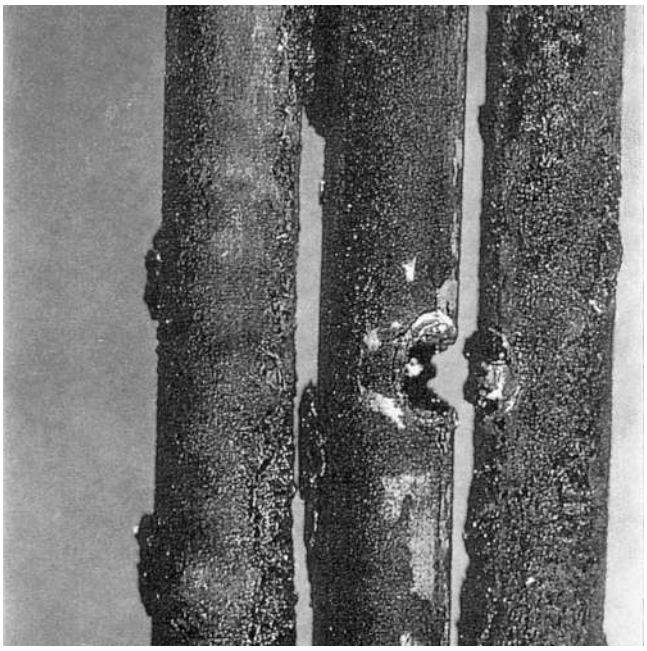


FIGURA 9.10.3.2(b) Dano por arco pontual no condutor 14 AWG causado por arco elétrico através do isolador carbonizado (teste de laboratório).



FIGURA 9.10.3.1(c) Condutores de cobre trançados cortados por arco através de isolamento carbonizado com os fios terminados em grânulos.

9.10.3.3*Os condutores a jusante da fonte de energia e o ponto onde os condutores são cortados ficam desenergizados. Esses condutores provavelmente permanecerão nos detritos com parte ou todo o isolamento destruído. Os restos a montante dos condutores entre o ponto de corte do arco e a fonte de alimentação podem permanecer energizados se a proteção de sobrecorrente não funcionar. Esses condutores podem sustentar mais arcos através do char. Em uma situação com vários cortes de arco no mesmo circuito, o corte de arco mais distante da fonte de alimentação ocorreu primeiro, mas apenas nos casos em que a condutor não aterrado (quente) é cortado. Se o não aterrado condutor permanece intacto a jusante do local do corte [ou seja, a condução aterrada (neutro) ou aterrada (terra) tors são cortados], o arco pode continuar a ocorrer. Investigadores deve determinar quais condutores foram cortados durante o evento de arco para avaliar completamente este cenário. É necessário encontre o máximo de condutores possível para reunir

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

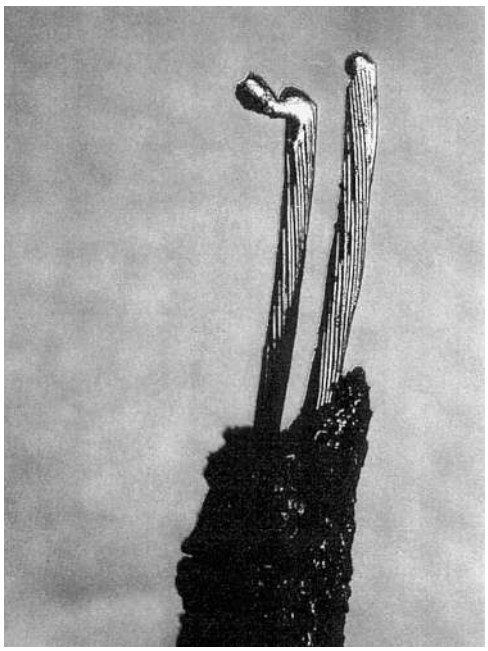


FIGURA 9.10.3.2(c) Danos por arco ao cabo 18 AWG por arco através do isolamento carbonizado (teste de laboratório).

todos os dados disponíveis. Este dano de arco indicará onde o circuito foi comprometido pelo fogo e ataque térmico e talvez útil para determinar a área de origem. Em circuitos de derivação, orifícios que se estendem por várias polegadas podem ser vistos no conduíte ou em painéis metálicos aos quais o condutor arcou.

9.10.3.4 Se a falha ocorrer em condutores de entrada de serviço, vários metros de condutor podem ser parcialmente derretidos ou destruídos por arcos repetidos porque a proteção de sobrecorrente está no lado primário do transformador. Um orifício alongado ou uma série de orifícios que se estendem por vários pés podem ser vistos no conduíte.

9.10.3.5* Arco Envolvendo Condutores Não Isolados.Alguns condutores, como barramentos, não são isolados em toda a sua superfície, mas são mantidos afastados de outros condutores ou painéis metálicos pelo uso de isolantes plásticos ou cerâmicos, e estão próximos e paralelos entre si ou com o invólucro aterrado. Esses condutores podem ser encontrados como barramentos em painéis de disjuntores ou em painéis elétricos e quadros elétricos comerciais ou industriais. Esses barramentos geralmente são projetados para transportar centenas ou milhares de amperes. Se ocorrer uma falha de arco entre os barramentos ou entre um barramento e um painel aterrado, grandes quantidades de fusão e danos térmicos podem ser criados. Os dispositivos de proteção contra sobrecorrente são projetados para permitir que grandes correntes fluam através dos condutores. Caso se desenvolva um arco entre os barramentos não isolados ou entre o barramento não isolado e o gabinete aterrado, o arco percorrerá os barramentos longe da fonte de alimentação. Isso pode resultar em mais danos de arco onde o arco atinge o final dos barramentos em vez de onde o arco foi iniciado.

9.10.4* Conexões de superaquecimento.Os pontos de conexão são o local mais provável para ocorrer superaquecimento em um circuito. A causa mais provável do superaquecimento será uma conexão solta ou a presença de óxidos resistivos no ponto de conexão. Metais em uma conexão de superaquecimento serão mais severamente oxidados do que metais similares com exposição equivalente ao incêndio. Por exemplo, uma conexão superaquecida em um receptáculo duplex será mais danificada do que as outras conexões desse receptáculo. O condutor e as partes terminais podem ter superfícies corroídas ou podem ter sofrido uma perda de massa onde houve mau contato. Esta perda de massa pode aparecer como falta de metal ou afunilamento do condutor. Esses efeitos são mais propensos a sobreviver ao fogo quando condutores de cobre são conectados a terminais de aço. Onde latão ou alumínio estão envolvidos na conexão, os metais são mais propensos a serem fundidos do que perfurados. Este derretimento pode ocorrer por aquecimento por resistência ou pelo fogo. A corrosão também pode ser causada por ligas.*(Consulte 9.10.6.3.)*O superaquecimento em uma conexão pode resultar em danos térmicos e carbonização de materiais adjacentes à conexão. O calor pode ser transferido ao longo dos condutores ligados à conexão superaquecida, resultando em carbonização ou perda do isolamento do condutor. A carbonização ou perda do isolamento plástico pode permitir a formação de arco. Tal dano de arco pode sobreviver ao fogo. *[Consulte a Figura 9.10.4(a) até a Figura 9.10.4(d).]*

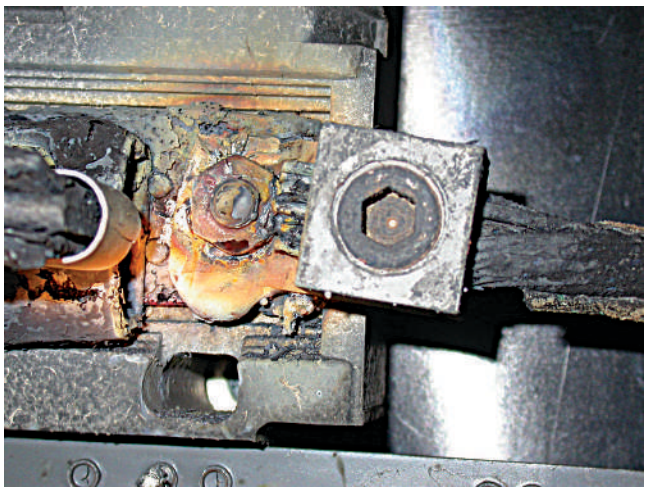


FIGURA 9.10.4(a) Conexão superaquecida em 208 V trifásico Terminal Fusível.

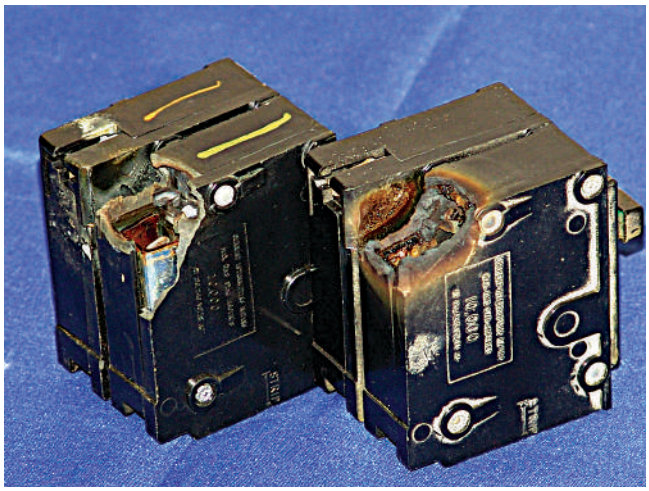


FIGURA 9.10.4(b) Conexões superaquecidas em dois pólos Disjuntores.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

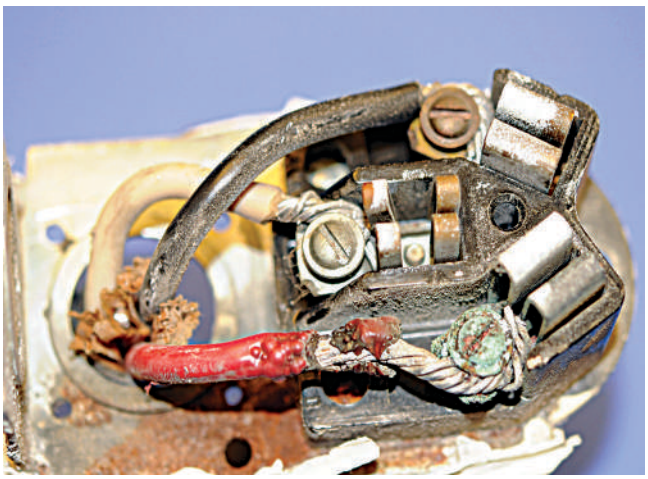


FIGURA 9.10.4(c) Conexão superaquecida na saída do secador de 240 V.

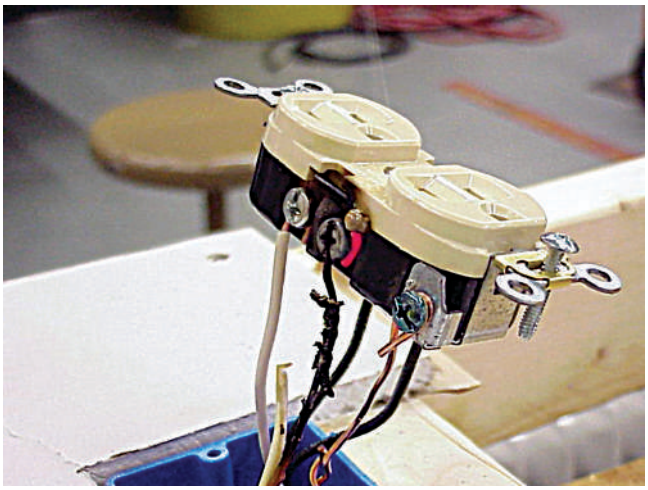


FIGURA 9.10.4(d) Conexão superaquecida na tomada duplex de 120 V.

9.10.4.1* Superaquecimento em Receptáculos DuplexO superaquecimento de conexões elétricas ruins em receptáculos duplex pode levar a conexões incandescentes*[veja a Figura 9.10.4(d)]*. A persistência de conexões incandescentes pode produzir evidências distintas, incluindo condutores de cobre fundido em torno de terminais de parafuso de aço*[veja a Figura 9.10.4.1(a)]*, condutores de cobre cortados na cabeça do parafuso ou perto dela*[veja a Figura 9.10.4.1(b)]*, e cabeças de parafuso aumentadas devido à corrosão severa*[veja a Figura 9.10.4.1(c)]*. Esses tipos de evidências são únicos em aparência em comparação com eventos de derretimento e arco da exposição externa ao fogo. Conexões ruins também podem existir no ponto em que a lâmina do plugue macho entra em contato com o receptor interno, ou barramento, do receptáculo duplex. O investigador também deve encontrar evidências de uma conexão elétrica frouxa ou ruim.

9.10.5* Sobrecarga.As sobrecorrentes que são grandes o suficiente e persistem por tempo suficiente para causar danos ou criar um perigo de incêndio são chamadas de sobrecargas. Em qualquer circunstância, suspeitas de sobrecarga exigem que a proteção do circuito seja examinada. O local mais provável para ocorrer uma sobrecarga é em uma extensão

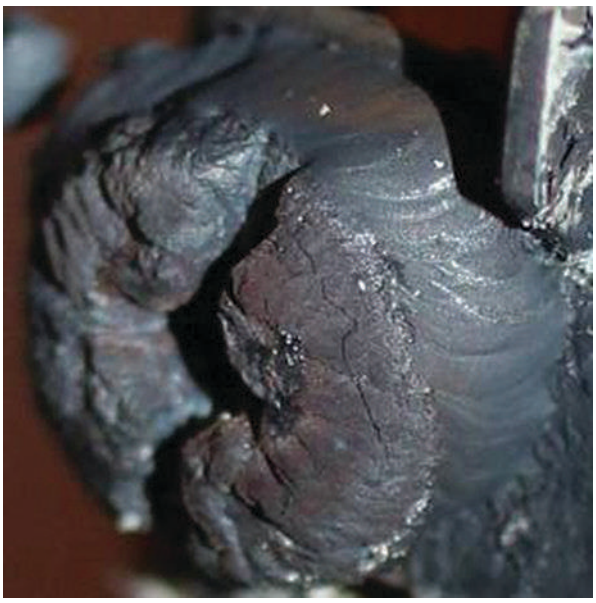


FIGURA 9.10.4.1(a) Condutor de cobre fundido ao redor do terminal de parafuso de aço resultante da conexão incandescente.



FIGURA 9.10.4.1(b) Condutor de cobre rompido próximo ao terminal de parafuso resultante da conexão incandescente.

cordão. É improvável que ocorram sobrecargas em circuitos de fiação com proteção de sobrecorrente adequada.*(Consulte a Figura 9.10.5.)*

Δ **9.10.5.1**Sobrecargas causam aquecimento interno do condutor. Este aquecimento ocorre ao longo de todo o comprimento da porção sobrecarregada do circuito e pode causar o encapamento. Sleeving é o amolecimento e flacidez do isolamento termoplástico do condutor devido ao aquecimento do condutor.*[Consulte a Figura 9.10.5.1(a).]*Se a sobrecarga for severa, o condutor pode ficar quente o suficiente para inflamar os combustíveis em contato com ele à medida que o isolamento derrete. Sobrecargas severas podem derreter o condutor. Se o condutor derreter em dois, o circuito é aberto e o aquecimento pára imediatamente. Os outros lugares onde o derretimento começou podem ficar congelados como compensações. Este efeito foi observado em cobre, alumínio e níquel-cromo condutores.*[Consulte a Figura 9.10.5.1(b).]*O achado-gem de deslocamentos distintos é uma indicação de uma grande sobrecarga. Evidência de fusão por sobrecorrente de condutores não é prova de ignição por esse meio.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 9.10.4.1(c) Cabeça de Parafuso Alargada na Saída Duplex Resultante de Corrosão Grave e Conexão Incandescente.

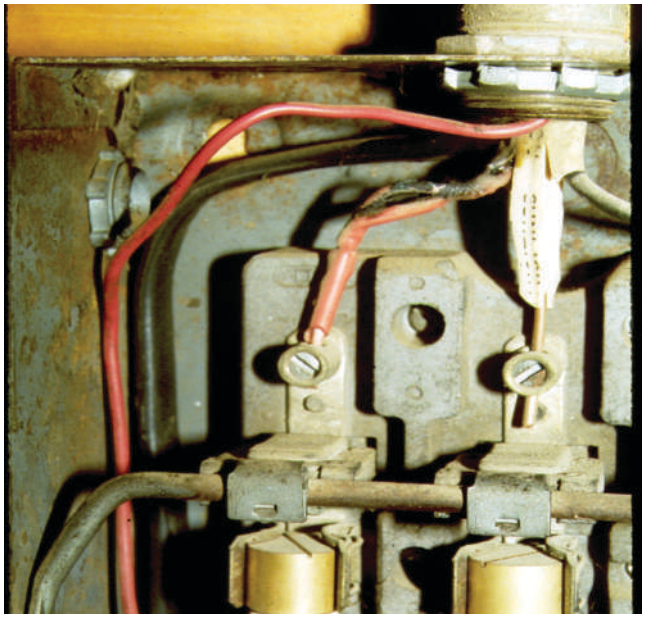


FIGURA 9.10.5 Sobrecorrente na alimentação do motor trifásico de 208 V Condutor — Fio Vermelho.

9.10.5.2A sobrecarga em cabos de entrada de serviço é mais comum do que em circuitos de derivação, mas geralmente é resultado de incêndio. A falha nos cabos de entrada produz faíscas e derretimento apenas no ponto de falha, a menos que os condutores mantenham contato contínuo para permitir as sobrecargas maciças sustentadas necessárias para derreter longas seções dos cabos.

9.10.6 Efeitos Não Causados pela Eletricidade. Os condutores podem ser danificados antes ou durante um incêndio por outros meios que não os elétricos e, muitas vezes, esses efeitos são distinguíveis da atividade elétrica.



FIGURA 9.10.5.1(a) Luva aparente em 120V #14 AWG Condutor de cobre sólido conectado a um disjuntor de 50A.

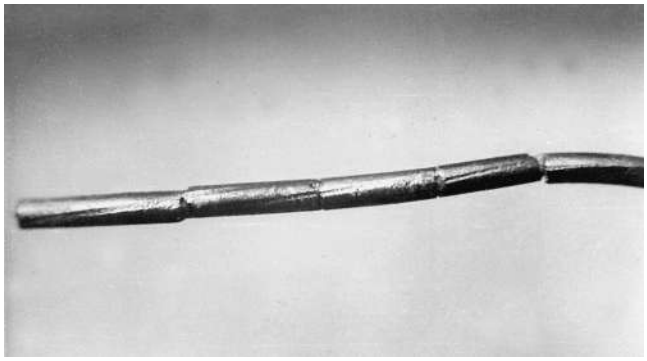


FIGURA 9.10.5.1(b) Condutor de alumínio cortado por sobrecorrente mostrando desvios.

9.10.6.1 Cores da Superfície do Condutor. Quando o isolamento é danificado e removido dos condutores de cobre por qualquer meio, o calor causará oxidação de vermelho escuro a preto na superfície do condutor. As cores verde ou azul podem se formar quando alguns ácidos estão presentes. O ácido mais comum provém da decomposição do PVC. Estas várias cores não têm valor para determinar a causa porque quase sempre são resultado da condição do fogo.

9.10.6.2 Fusão por Fogo. Quando expostos ao fogo ou brasas incandescentes, os condutores de cobre podem derreter. A princípio, há formação de bolhas e distorção da superfície, como mostra a Figura 9.10.6.2(a). As estrias criadas na superfície do condutor durante a fabricação são obliteradas. O próximo estágio é algum fluxo de cobre na superfície com algumas gotas suspensas se formando. Fusão adicional pode permitir fluxo com áreas finas (ou seja, pescoço e gotas), conforme mostrado na Figura 9.10.6.2(b). Nessa circunstância, a superfície do condutor tende a ficar lisa. O cobre resolidificado forma glóbulos. Os glóbulos causados pela exposição ao fogo são irregulares em forma e tamanho. Eles são frequentemente afilados e podem ser pontiagudos. Não há linha distinta de demarcação entre superfícies fundidas e não fundidas.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 9.10.6.2(a) Condutores de cobre aquecidos a fogo até o Temperatura de fusão, mostrando regiões de fluxo de cobre, bolhas e distorção da superfície.

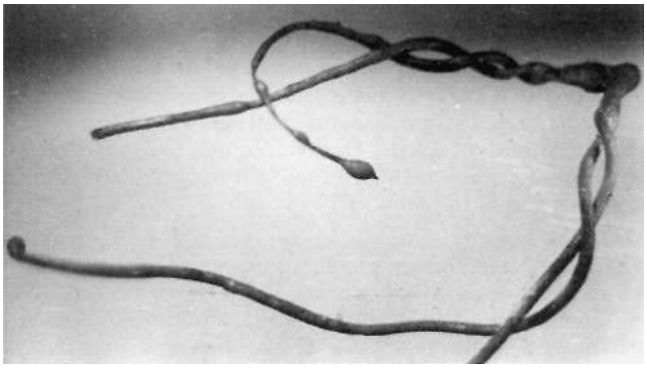


FIGURA 9.10.6.2(b) Condutores de cobre aquecidos a fogo, mostrando glóbulos.

9.10.6.2.1 Condutores encalhados que apenas atingem temperaturas de fusão tornam-se rígidos. O aquecimento adicional pode permitir que o cobre flua entre os fios, de modo que o condutor se torne sólido com uma superfície irregular que pode mostrar onde os fios individuais estavam, conforme mostrado na Figura 9.10.6.2.1(a). O aquecimento contínuo pode causar fluxo, afinamento e formação de glóbulos típicos de condutores sólidos. A ampliação é necessária para ver alguns desses efeitos. Condutores trançados de bitola grande que derretem em incêndios podem ter os fios fundidos pelo fluxo de metal ou os fios podem ser afinados e permanecer separados. Em alguns casos, os fios individuais podem exibir um glóbulo semelhante a um grânulo, mesmo que o dano ao condutor tenha sido causado pela fusão. A Figura 9.10.6.2.1(b) e a Figura 9.10.6.2.1(c) mostram alguns exemplos.

9.10.6.2.2 Condutores de alumínio fundem e se solidificam em formas irregulares que geralmente não têm valor para interpretar a causa, conforme mostrado na Figura 9.10.6.2.2. Devido à temperatura de fusão relativamente baixa, os condutores de alumínio podem derreter em quase todos os incêndios e raramente ajudam a encontrar a causa.

9.10.6.3* Liga.Metais como alumínio e zinco podem formar ligas quando fundidos na presença de outros metais. Se o alumínio pingar em um condutor de cobre nu durante um incêndio e esfriar, o alumínio ficará apenas levemente preso ao cobre. Se esse ponto for ainda mais aquecido pelo fogo, o alumínio pode penetrar na interface do óxido e formar uma liga com o cobre que derrete a uma temperatura mais baixa do que qualquer metal puro. Depois o fogo, uma mancha de liga de alumínio pode aparecer como uma área cinza áspera na superfície, ou pode ser uma área prateada brilhante. A liga cobre-alumínio é frágil e o condutor pode quebrar facilmente se for dobrado no ponto da liga. Se a liga derretida escorrer do condutor durante o incêndio, haverá um poço revestido com liga. A presença de ligas pode ser confirmada por análise química.

9.10.6.3.1 Condutores de alumínio que derretem com o aquecimento do fogo em um terminal podem causar liga e corrosão das peças do terminal. Não há uma maneira clara de distinguir visualmente a liga dos efeitos de uma conexão de superaquecimento. O zinco forma uma liga de latão prontamente com o cobre. É de cor amarelada e não tão frágil quanto a liga de alumínio.

9.10.6.3.2O cobre e a prata também podem formar ligas. Isso pode ocorrer em temperaturas abaixo de seu ponto de fusão. As ligas podem ser vistas em contatos, interruptores elétricos, termostatos, protetores térmicos, contatores, relés e similares.



FIGURA 9.10.6.2.1(a) Condutor de cobre trançado em que a fusão por fogo fez com que os fios fossem fundidos.

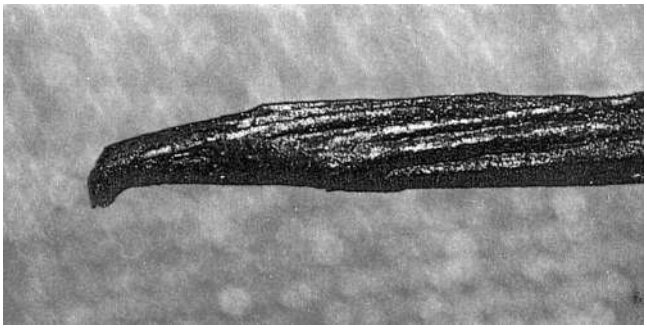


FIGURA 9.10.6.2.1(b) Fusão a fogo de cobre encalhado Arame.

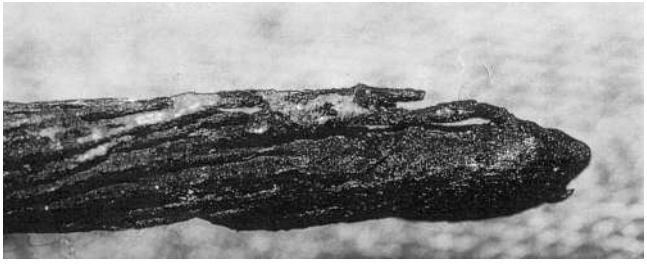


FIGURA 9.10.6.2.1(c) Outro exemplo de derretimento de fogo de Fio de cobre encalhado.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

9.10.6.3.3 Condutores de cobre, terminados em conexões, ou terminais contendo solda podem ter áreas de liga, glóbulos, extremidades arredondadas ou corrosão após um incêndio. Esses efeitos são causados pela interação entre o cobre e a solda.

9.10.6.4* Goivas Mecânicas.Goivas e amassados que são formados em um condutor por meios mecânicos geralmente podem ser distinguidos de marcas de arco por exame microscópico. As goivas mecânicas geralmente mostram marcas de arranhões do que quer que tenha causado a goivagem. Amassados mostrarão deformação dos condutores abaixo dos amassados. Amassados ou goivas não mostrarão as superfícies fundidas causadas pela energia elétrica.*(Veja a Figura 9.10.6.4)*

9.10.7* Danos no Isolamento.O isolamento elétrico é classificado para suportar uma certa tensão máxima de operação. Se esta tensão for excedida, o isolamento pode quebrar (ou seja, uma descarga elétrica pode atravessar o material sólido, danificando-o permanentemente e causando um caminho de falha temporário durante o evento). Os materiais de isolamento são normalmente especificados para resistir a tensões acima da tensão de operação pretendida, incluindo uma margem de segurança. No entanto, danos mecânicos ao isolamento provavelmente reduzirão a resistência à ruptura dielétrica. Se a redução for tão grande que a resistência à ruptura cai abaixo da tensão de operação, pode-se esperar uma ruptura dielétrica. O isolamento danificado pode ter uma resistência à ruptura acima da tensão de operação normal, mas abaixo da tensão de alguns surtos que podem ocorrer. Nesses casos, o colapso ocorrerá apenas quando ocorrer um surto de magnitude suficiente.

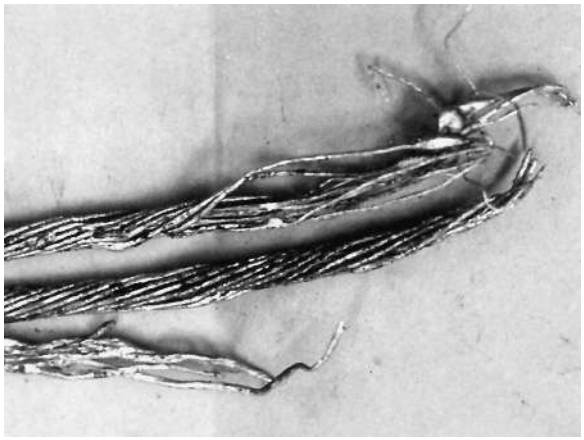


FIGURA 9.10.6.2.2 Cabos de alumínio que foram derretidos pelo fogo, mostrando áreas delgadas, áreas bulbosas e extremidades pontiagudas.



FIGURA 9.10.6.4 Cabo não-metálico com bainha roteada incorretamente através do suporte de viga metálica.

9.10.7.1* Falhas de Martelo.Se for usado um martelo para instalar cabos elétricos, pode ocorrer um acerto incorreto, em que o instalador atinge o cabo em vez do grampo com o martelo. Isso pode resultar em danos difíceis de ver no isolamento do fio. Para algumas falhas, a rigidez dielétrica do cabo danificado pode se tornar menor do que as tensões de surto esperadas. Isso pode criar arcos e um incêndio potencial quando ocorre um surto de alta tensão, o que pode acontecer muito depois da instalação original.

9.11* Identificação do Arco de Fusão de Condutores Elétricos. Condutores elétricos derretidos podem ser examinados para determinar se o dano é evidência de arco elétrico, fusão por fogo ou fusão eutética. O exame visual pode fornecer identificação confiável de danos causados por arco elétrico e fusão por fogo para a maioria dos condutores. No entanto, técnicas de exame mais avançadas, incluindo exames SEM/EDS, raios-x, tomografia computadorizada (ou seja, tomografia computadorizada de raios-x), corte transversal e polimento ou outros métodos metalúrgicos podem ajudar a discernir entre danos por arco elétrico e fusão por incêndio. Os parágrafos 9.11.1.1 e 9.11.2 identificam traços característicos comumente exibidos em condutores danificados por arco e condutores fundidos pelo fogo, respectivamente. Usando vários traços característicos e informações contextuais (por exemplo,

9.11.1 Fusão Causada por Arco Elétrico.

9.11.1.1O arco elétrico produz temperaturas muito altas e aquecimento localizado no caminho do arco, que normalmente derrete os condutores elétricos nos locais onde o arco entra em contato com eles. Como o arco em si é normalmente pequeno em área e de curta duração, o dano do arco é localizado, com uma linha nítida de demarcação entre as partes fundidas e não fundidas do condutor. Devido à alta temperatura e resfriamento rápido do arco elétrico em condutores, seções transversais polidas de esferas de arco em condutores trançados e sólidos podem apresentar alta porosidade interna. A formação de arco pode produzir partículas fundidas que são pulverizadas a partir do local do arco e que podem se acumular em áreas próximas do condutor ou em superfícies adjacentes. Ampliação e alguma limpeza menor usando uma escova seca ou um banho ultrassônico podem ser necessárias para detectar características finas, incluindo a demarcação entre as regiões derretidas e não derretidas em um condutor. As seguintes características são comumente exibidas para condutores danificados por arco:

(1) Demarcação nítida entre a área danificada e não danificada
(2) Forma redonda e suave do artefato
(3) Ponto de contato localizado
(4) Área de dano correspondente identificável no condutor oposto
(5) Tamanho de grão localmente ampliado
(6) Ondas de resolidificação
(7) Linhas de desenho de cobre visíveis fora da área danificada
(8) Depressões redondas localizadas
(9) Pequenos grânulos e divots sobre uma área limitada
(10) Alta porosidade interna quando vista em seção transversal

9.11.1.2O resultado do dano do arco pode ser entalhes nas laterais dos condutores*[ver Figura 9.10.2 e Figura 9.10.3.2(b)]*, ou

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

contas arredondadas ou de forma irregular na extremidade de um condutor cortado*[veja Figura 9.10.3.1(a), Figura 9.10.3.1(b), Figura 9.10.3.1(c), Figura 9.10.3.2(a) e Figura 9.10.3.2(c)]*. A formação de arco geralmente produz faíscas que são pulverizadas do local do arco e que podem se acumular em áreas próximas do condutor.

9.11.2 Fusão Causada por Incêndio. Em contraste com a fusão causada por um arco, quando os condutores são derretidos pelo fogo, o dano se espalha por uma área maior sem uma linha distinta de demarcação entre as regiões fundidas e não fundidas.*(ver 9.10.6.2).* Condutores fundidos pelo fogo podem apresentar glóbulos irregulares ou arredondados, ou extremidades afiladas lisas ou ásperas. As seguintes características são comumente exibidas para condutores fundidos ao fogo:

(1) Efeitos visíveis da gravidade no artefato
(2) Área extensa de dano sem uma demarcação nítida de material não danificado
(3) Estrangulamento gradual do condutor - supondo que isso não seja devido a uma ruptura mecânica
(4) Baixa porosidade interna quando visto em seção transversal

9.11.3 Fusão Eutética.A fusão eutética (liga) envolve danos que ocorrem quando um metal de composição diferente entra em contato com o metal em questão. A fusão original pode ou não estar relacionada eletricamente, mas o dano ao metal em questão causado pela deposição do segundo não envolve uma corrente elétrica e não é uma forma de dano elétrico. A liga é facilmente identificável pelo uso de técnicas de Microscópio Eletrônico de Varredura e Espectrômetro de Raios-X de Dispersão de Energia (SEM/EDS) que permitem a análise elementar, mas muitas vezes podem ser identificadas em campo. A área danificada estará diretamente abaixo de um objeto (por exemplo, alumínio, zinco, estanho, chumbo) que derreteu e pingou, e a área danificada pode apresentar uma cor metálica distintamente diferente. O investigador é avisado para examinar completamente a área euteticamente derretida e a causa para os dois metais terem entrado em contato. A liga não é removida por limpeza ultrassônica.

9.11.4 Fusão Externa.A fusão estranha é semelhante à fusão eutética, mas o metal fundido que está sendo depositado tem a mesma composição que o metal em questão (por exemplo, cobre sobre cobre). O metal originalmente fundido pode ou não ter derretido devido a uma causa elétrica, mas o artefato solidificado encontrado no local do depósito não surge devido a uma atividade elétrica. A fusão estranha é incomum. Geralmente requer microscopia e muitas vezes seccionamento da amostra para identificar positivamente o fenômeno.

9.11.5 Condutores Subdimensionados. Condutores subdimensionados, como um condutor de 14 AWG em um circuito de 20 A, às vezes são pensados para superaquecer e causar incêndios. Existe um grande fator de segurança nas ampacidades permitidas. Embora a corrente em um condutor de 14 AWG deva ser limitada a 15 A, o aquecimento extra de aumentar a corrente para 20 A não indicaria necessariamente uma causa de incêndio. A temperatura de operação mais alta deterioraria o isolamento mais rapidamente, mas não o derreteria ou faria com que ele caísse e desnudasse o condutor sem alguns fatores adicionais para gerar ou reter calor. A presença de condutores subdimensionados ou proteção com excesso de fusível não é prova de causa de incêndio.*(Consulte 9.2.8.)*

9.11.6 Condutores cortados ou esticados. Condutores que são reduzidos em seção transversal por serem cortados ou goivados são às vezes pensados para aquecer excessivamente no corte. Cálculos e experimentos mostraram que o aquecimento adicional é desprezível sob condutores testados em suas correntes nominais. Condutores entalhados (goivados) que transportam correntes excessivas podem falha com um arco de separação no entalhe (goiva). Além disso, às vezes se pensa que puxar os condutores através do conduíte pode esticá-los como caramelo e reduzir a seção transversal a um tamanho muito pequeno para a ampacidade da proteção. Os condutores de cobre não estica muito sem quebrar no ponto mais fraco. Qualquer estiramento que possa ocorrer antes que a faixa de deformação plástica seja excedida não causaria uma redução significativa na seção transversal ou aquecimento excessivo da resistência.

•

9.11.7 Isolamento Deteriorado. Quando o isolamento termoplástico se deteriora com o tempo e o aquecimento, tende a tornar-se quebradiço e rachar se for dobrado. Essas rachaduras não permitem corrente de fuga, a menos que soluções condutivas entrem nas rachaduras. O isolamento de borracha se deteriora mais facilmente do que o isolamento termoplástico e perde mais resistência mecânica. Assim, lâmpadas ou cabos de aparelhos com isolamento de borracha que estão sujeitos a serem movidos podem se tornar perigosos devido à quebra do isolamento. No entanto, a simples rachadura do isolamento de borracha, como no isolamento termoplástico, não permite vazamento de corrente, a menos que soluções condutivas entrem nas rachaduras.

9.11.8* Grampo sobrecarregado ou mal encaixado.

9.11.8.1 Acredita-se que grampos conduzidos com muita força sobre cabos não metálicos causam aquecimento ou algum tipo de falha. As suposições variam de correntes induzidas devido ao grampo estar muito perto dos condutores para realmente cortar o isolamento e tocar os condutores. Um grampo de cabo devidamente instalado com a parte superior achatada não pode passar através do isolamento. Se o grampo estiver dobrado, sua borda pode ser conduzida através do isolamento para entrar em contato com os condutores. Nesse caso, ocorreria um curto-circuito ou uma falha de aterramento. Esse evento deve ser evidente após um incêndio por pontos dobrados do grampo e por pontos de derretimento no grampo ou nos condutores, a menos que esses itens tenham sido obliterados pelo incêndio que se seguiu. Um curto-circuito deve fazer com que a proteção de sobrecorrente do circuito funcione e evite mais danos.

9.11.8.2 Se um grampo for mal conduzido de modo que uma perna do grampo penetre no isolamento e entre em contato com um condutor energizado e um condutor aterrado, ocorrerá um curto-circuito ou falha de aterramento. Se o grampo ou prego cortar o condutor energizado sem entrar em contato com um condutor aterrado, ou um grampo ou prego cortar o condutor neutro sem entrar em contato com o condutor energizado, conexões de aquecimento podem ser formadas nos contatos de cobre para aço.

9.11.8.3 Um grampo ou prego mal acionado pode aplicar um ponto de pressão contra o isolamento do condutor ou perfurá-lo levemente sem entrar em contato com o condutor. O isolamento em cada condutor pode rastejar e ceder a um ponto de pressão. Isso pode, com o tempo, resultar em um contato de alta resistência entre os condutores e/ou o grampo ou prego. Este tipo de contato de alta resistência pode resultar em um incêndio meses ou anos após o dano ter sido infligido. Se o prego ou grampo que causou o dano puder ser identificado positivamente ao encontrar evidências de transferência de metal entre o fio e o grampo ou prego, isso pode apoiar a hipótese de que um caminho elétrico de alta resistência foi criado. Deve-se notar que a transferência de metal condutor para um prego ou grampo pode ser o resultado de um incêndio em avanço. Para que esta fonte de calor seja uma fonte de ignição, combustíveis facilmente inflamáveis devem estar próximos ao grampo. Pinos de madeira ou outros membros estruturais não são considerados combustíveis facilmente inflamáveis.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

9.11.9 Curto-circuito. Pensa-se que um curto-circuito (isto é, baixa resistência e alta corrente) na fiação de um circuito de derivação inflama o isolamento dos condutores e permite que o fogo se propague. Normalmente, o flash rápido de um arco de separação antes da operação da proteção do circuito não pode isolar o calor o suficiente para gerar fumaça inflamável, mesmo que a temperatura do núcleo do arco possa ser de vários milhares de graus. Se a proteção de sobrecorrente for anulada ou defeituosa, um curto-circuito pode se tornar uma sobrecarga e, como tal, pode se tornar uma fonte de ignição.

9.11.10 Condutor frisado. Um cordão na extremidade de um condutor por si só não indica a causa do incêndio.

9.12 Eletricidade Estática.

9.12.1 Introdução à Eletricidade Estática.

9.12.1.1A eletricidade estática é o carregamento elétrico de materiais por meio de contato físico e separação e os diversos efeitos que resultam das cargas elétricas positivas e negativas formadas por esse processo. A eletricidade estática é realizada pela transferência de elétrons (carregados negativamente) entre os corpos, um cedendo elétrons e tornando-se carregado positivamente, e o outro ganhando elétrons e tornando-se opostamente, mas igualmente, negativamente carregado.

9.12.1.2 Fontes comuns de eletricidade estática incluem o seguinte:

(1) Materiais pulverizados passando por calhas ou transportadores pneumáticos
(2) Vapor, ar ou gás fluindo de qualquer abertura em um tubo ou mangueira, quando o fluxo estiver úmido ou quando o fluxo de ar ou gás contiver material particulado
(3) Energia não condutora ou correias transportadoras em movimento
(4) Veículos em movimento
(5) Líquidos não condutores fluindo através de tubos ou respingando, derramando ou caindo
(6) Movimento de camadas de roupas umas contra as outras ou contato de calçados com pisos e revestimentos durante a caminhada
(7) Tempestades que produzem correntes de ar violentas e diferenças de temperatura que movem água, poeira e cristais de gelo, criando raios
(8) Movimentos de todos os tipos que envolvem mudanças na posição relativa das superfícies de contato, geralmente de líquidos ou sólidos diferentes

9.12.2 Geração de Eletricidade Estática.

9.12.2.1 Geral.A geração de eletricidade estática não pode ser absolutamente evitada, mas esta geração é de pouca importância porque o desenvolvimento de cargas elétricas pode não ser por si só um risco potencial de incêndio ou explosão. Para que haja uma ignição, deve haver uma descarga ou recombinação repentina das cargas positivas e negativas separadas na forma de um arco elétrico em uma atmosfera inflamável. Quando uma carga elétrica está presente na superfície de um corpo não condutor, onde fica presa ou impedida de escapar, é chamada de eletricidade estática. Uma carga elétrica em um corpo condutor que está em contato apenas com não condutores também é impedida de escapar e, portanto, é imóvel ou*estático*.Em ambos os casos, diz-se que o corpo é*carregada*.A carga pode ser positiva (+) ou negativa (-).

9.12.2.2* Líquidos Inflamáveis.A estática é gerada quando os líquidos se movem em contato com outros materiais. Este fenômeno geralmente ocorre em operações como fluxo através de tubos e na mistura, derramamento, bombeamento, pulverização, filtragem ou agitação. Sob certas condições, particularmente com hidrocarbonetos líquidos, a estática pode se acumular no líquido. Se o acúmulo de carga for suficiente, pode ocorrer um arco estático. Se o arco ocorrer na presença de uma mistura inflamável de vapor-ar, pode ocorrer uma ignição.

9.12.2.2.1 Filtrar com alguns tipos de argila ou microfiltros aumenta substancialmente a capacidade de gerar cargas estáticas. Testes e experiência indicam que alguns filtros deste tipo têm a capacidade de gerar cargas 100 a 200 vezes superiores às alcançadas sem tais filtros.

9.12.2.2.2A condutividade elétrica de um líquido determina sua capacidade de acumular e manter uma carga. Líquidos com condutividade muito baixa não possuem cargas livres suficientes para acumular uma carga significativa. Líquidos com condutividade muito alta têm cargas suficientes, mas as cargas não podem se acumular em um grau significativo. Consequentemente, os líquidos de alto risco são aqueles com condutividade intermediária*(ver Tabela 9.12.2.2.2)*. As unidades de condutividade são siemens por metro, abreviadas como S/m. Um siemens é o recíproco do ohm.

9.12.2.3 Cargas na Superfície de um Líquido. Se um líquido eletricamente carregado for derramado, bombeado ou transferido de outra forma para um tanque ou recipiente, as cargas unitárias de polaridade semelhante dentro do líquido serão repelidas umas das outras em direção às superfícies externas do líquido, incluindo não apenas as superfícies em contato com as paredes do recipiente, mas também a superfície superior adjacente ao espaço de ar ou vapor, se houver. É a última acusação, muitas vezes chamada de*carga de superfície,*que é a maior preocupação em muitos

Tabela 9.12.2.2.2 Líquidos Comuns que Têm Condutividade

Perigo	Exemplos de substâncias	Típica elétrico condutividade (S m-1)
Baixa: condutividade menos do que 10^{-13}	hexano	10^{-17}
	dissulfeto de carbono	8×10^{-16}
	benzeno	5×10^{-15}
	heptano	3×10^{-14}
Alta: condutividade de 10^{-13}para 5×10^{-11}	xileno	10^{-13}
	dioxano	10^{-13}
	tolueno	10^{-12}
	ciclohexano	2×10^{-12}
	estireno	10^{-11}
	querosene	$1{,}5\times10^{-11}$
	hexametil-disilazano	$2{,}9\times10^{-11}$
	Combustível Jet-A	$2–3\times10^{-11}$
Baixa: condutividade Maior que 5×10^{-11}	Gasolina	10^{-10}
	terebintina	4×10^{-10}
	óleos brutos	10^{-9}a 10^{-7}
	halogenado hidrocarbonetos	10^{-8}
	álcool metílico	10^{-7}
	Álcool etílico	$1{,}4\times10^{-7}$
	cetonas	10^{-5}
	água: deionizada	10^{-5}
	iso-propanol	10^{-4}
	água: chuva ácida	10^{-2}

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

situações. Na maioria dos casos, o recipiente é de metal e, portanto, eletricamente condutor.

9.12.2.3.1 Mesmo se a carcaça do tanque estiver aterrada, o tempo para a carga se dissipar, conhecido como tempo de relaxamento, pode ser de alguns segundos a vários minutos. Este tempo de relaxamento depende da condutividade do líquido e da taxa e da maneira como o líquido está sendo introduzido no tanque, portanto, a taxa na qual a carga eletrostática está sendo acumulada.

9.12.2.3.2 Se a diferença de potencial elétrico entre qualquer parte da superfície do líquido e o reservatório de metal do tanque se tornar alta o suficiente, o ar acima do líquido pode ficar ionizado e um arco pode descarregar no reservatório. No entanto, um arco para o reservatório do tanque é menos provável do que um arco para alguma projeção ou para um objeto condutor baixado no tanque. Essas projeções ou objetos são conhecidos como promotores de faísca (ou seja, arco). Nenhuma ligação ou aterramento do tanque ou recipiente pode remover essa carga interna.

9.12.2.3.3 Se o tanque ou recipiente não estiver aterrado, a carga também pode ser transmitida para o exterior do tanque e pode formar arco para qualquer objeto aterrado colocado próximo à superfície externa do tanque agora carregado.

9.12.2.4* Carregamento do Interruptor.*Alternar carregamento*é um termo usado para descrever um produto sendo carregado em um tanque ou compartimento que anteriormente continha um produto de pressão de vapor e ponto de fulgor diferentes. O carregamento do interruptor pode resultar em ignição quando um produto de baixa pressão de vapor/alto ponto de fulgor, como óleo combustível, é colocado em um tanque de carga contendo vapor inflamável de uma carga anterior, como gasolina. A descarga da estática normalmente desenvolvida durante o enchimento pode inflamar a mistura vapor-ar remanescente do líquido de baixo ponto de fulgor.

9.12.2.5 Operações de Pulverização.A pulverização a alta pressão de líquidos inflamáveis, como na pintura por pulverização, pode produzir cargas elétricas estáticas significativas nas superfícies a serem pulverizadas e no bico ou pistola de pulverização não aterrada.

9.12.2.5.1 Se o material pulverizado pode criar uma atmosfera inflamável, como com tintas que utilizam solventes inflamáveis, uma descarga estática pode inflamar a mistura ar-combustível.

9.12.2.5.2 Em geral, os aparelhos de pulverização sem ar de alta pressão têm uma possibilidade maior de criar acumulações perigosas de estática do que os pulverizadores de ar comprimido de baixa pressão.

9.12.2.6 Gases. Quando o fluxo de gás está contaminado com óxidos metálicos ou partículas de calcário, com poeira ou com gotículas de líquido ou spray, podem ocorrer acumulações de eletricidade estática. Uma corrente de gás contendo partículas direcionada contra um objeto condutor carregará o objeto, a menos que o objeto esteja aterrado ou ligado ao tubo de descarga de líquido. Se o acúmulo de carga for suficiente, pode ocorrer um arco estático. Se o arco ocorrer na presença de uma atmosfera inflamável, pode ocorrer uma ignição.

9.12.2.7 Poeiras e Fibras.A geração de uma carga estática pode ocorrer durante o manuseio e processamento de pós e fibras na indústria. A poeira expelida de uma superfície ou criada pelo derramamento ou agitação de material que produz poeira, como grãos ou material pulverizado, pode resultar no acúmulo de uma carga estática em qualquer corpo condutor isolado com o qual entre em contato. A energia elétrica mínima necessária para acender uma nuvem de poeira está tipicamente na faixa de 10 a 100 mJ. Assim, muitas poeiras podem inflamar-se com menos energia do que poderia ser gasto por um arco estático de máquinas ou do corpo humano.

9.12.2.8 Descarga Elétrica Estática do Corpo Humano. Numerosos incidentes resultaram de descargas elétricas estáticas de pessoas. O corpo humano pode acumular uma carga elétrica. O potencial é maior em atmosferas secas do que em atmosferas úmidas*(ver Tabela 9.12.2.8)*. Se uma pessoa está isolada do solo, essa pessoa pode acumular uma carga significativa ao caminhar sobre uma superfície isolante, ao tocar um objeto carregado, ao escovar superfícies enquanto estiver vestindo roupas não condutoras ou ao tocar momentaneamente um objeto aterrado na presença de cargas no meio ambiente. Durante a atividade normal, o potencial do corpo humano pode atingir 10 kV a 15 kV, e a energia de um possível arco pode atingir 20 mJ a 30 mJ. Ao comparar estes valores com as energias mínimas de ignição (MIEs) de gases ou vapores, o perigo é imediatamente aparente.

9.12.2.9 Vestuário. As roupas externas podem acumular cargas estáticas consideráveis quando as camadas de roupas são separadas, afastadas do corpo ou removidas completamente, principalmente quando são de tecidos diferentes. Para alguns materiais (particularmente polímeros sintéticos) e/ou condições de baixa umidade, uma carga eletrostática pode ser acumulada. O uso de tecidos sintéticos e a remoção de roupas externas em atmosferas inflamáveis podem se tornar uma fonte de ignição.

9.12.3* Arco Incendiário.Um arco que tem energia suficiente para inflamar uma mistura inflamável é dito incendiário. Um arco não incendiário não possui a energia necessária para causar ignição, mesmo que o arco ocorra dentro de uma mistura inflamável. Uma mistura inflamável é comumente um gás, vapor de um líquido inflamável ou poeira.

9.12.3.1 Quando a energia armazenada é alta o suficiente e o espaço entre dois corpos é pequeno o suficiente, a energia armazenada é liberada, produzindo um arco. A energia assim armazenada e liberada pelo arco está relacionada com a capacitância do corpo carregado e a tensão de acordo com a seguinte fórmula:

[9.12.3.1]

$$E_s = \frac{CV_2}{2}$$

Onde:
E_s=energia (J) C= capacitância (F) V= tensão (V)

9.12.3.2A energia estática do arco é tipicamente relatada em milésimos de joule (miljoules ou mJ).

Tabela 9.12.2.8 Tensões Eletrostáticas Resultantes de Carregamento Triboelétrico em Dois Níveis de Umidade Relativa

	Eletrostático Tensões (kV)	
Situação	**UR 10–20%**	**RH 65-90%**
Andando pelo tapete	35	1,5
Andando sobre piso vinílico	12	0,25
Trabalhando no banco	6	0,1
Envelopes de vinil para trabalho instruções	7	0,6
Saco poli retirado do banco Cadeira	20	1.2
de trabalho acolchoada com espuma de poliuretano	18	1,5

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

9.12.3.3 Arcos Entre Condutores. Arcos de condutores carregados não aterrados, incluindo o corpo humano, são responsáveis pela maioria dos incêndios e explosões causados por eletricidade estática. Arcos são tipicamente descargas capacitivas intensas que ocorrem no espaço entre dois corpos condutores carregados, geralmente de metal. A energia de uma descarga de arco é altamente concentrada no espaço e no tempo.

9.12.3.3.1A capacidade de um arco para produzir ignição é governada em grande parte por sua energia, que será uma fração da energia total armazenada no sistema.

9.12.3.3.2 Para poder causar ignição, a energia liberada na descarga deve ser pelo menos igual à energia mínima de ignição (MIE) da mistura inflamável. Outros fatores, como a forma dos eletrodos carregados e a forma de descarga, influenciam as condições para a descarga de eletricidade estática e sua probabilidade de causar ignição.

9.12.3.4 Descargas Entre Condutores e Isoladores. Arcos geralmente ocorrem entre condutores e isolantes. Exemplos de tais ocorrências incluem situações em que são manuseados peças e estruturas plásticas, filmes e telas isolantes, líquidos e material particulado. A carga destes materiais pode resultar em descargas superficiais e faíscas, dependendo da carga acumulada e da forma das superfícies condutoras próximas. A densidade de carga variável (tanto em magnitude quanto em polaridade) observada nas superfícies isolantes é o efeito dessas descargas se espalhando por uma parte limitada da superfície isolante.

9.12.4* Energia de ignição.A capacidade de um arco para produzir ignição é governada em grande parte pela sua energia e pela energia mínima de ignição do combustível exposto. A energia do arco estático será necessariamente uma fração de sua energia total armazenada. Parte da energia total armazenada será gasta no aquecimento dos eletrodos. Com eletrodos planos, a tensão mínima do arco para saltar uma lacuna (0,01 mm) é de 350 V. Larguras de folga aumentadas requerem tensões proporcionalmente maiores; por exemplo, 1 mm requer aproximadamente 4500 V.

9.12.4.1 Embora sejam necessários apenas 350 V para formar um arco através de um pequeno intervalo, foi demonstrado pela experiência prática e experimental que, devido à perda de calor para os eletrodos, os arcos decorrentes de diferenças de potencial elétrico de pelo menos 1500 V devem ser incendiários .

9.12.4.2 Poeiras e fibras requerem uma energia de descarga de 10 a 100 vezes maior que gases e vapores para ignições de arco de misturas ótimas com ar.

9.12.5 Controle de Acumulações de Eletricidade Estática. Uma carga estática pode ser removida ou pode se dissipar naturalmente. Uma carga estática não pode persistir, exceto em um corpo eletricamente isolado de seu entorno, a menos que seja regenerado mais rapidamente do que está sendo removido.

9.12.5.1 Umidificação. Muitos materiais comumente encontrados que normalmente não são considerados condutores elétricos — como papel, tecidos, carpetes, roupas e poeiras celulósicas e outras — contêm certas quantidades de umidade em equilíbrio com a atmosfera circundante. A condutividade elétrica desses materiais aumenta proporcionalmente ao teor de umidade do material, que depende da umidade relativa da atmosfera circundante.

9.12.5.1.1 Sob condições de alta umidade relativa, 50 por cento ou mais, esses materiais e a atmosfera atingirão o equilíbrio e conterão umidade suficiente para tornar o condutividade adequada para evitar acumulações significativas de eletricidade estática. Com umidade relativa baixa de aproximadamente 30% ou menos, esses materiais secam e se tornam bons isolantes, portanto, é mais provável que haja acúmulo de estática.

9.12.5.1.2 Materiais como pó de plástico ou borracha ou correias de acionamento de máquinas, que não absorvem consideravelmente o vapor de água, podem permanecer superfícies isolantes e acumular cargas estáticas, mesmo que a umidade relativa se aproxime de 100%.

9.12.5.1.3A condutividade do ar em si não é significativamente aumentada pela umidade.

9.12.5.2 Ligação e Aterramento.A ligação é o processo de conectar eletricamente dois ou mais objetos condutores. O aterramento é o processo de conectar eletricamente um ou mais objetos condutores ao potencial de aterramento e é uma forma específica de ligação.

9.12.5.2.1 Um objeto condutor também pode ser aterrado ao ser ligado a outro objeto condutor que já esteja no potencial de terra. Alguns objetos, como tubos de metal subterrâneos ou grandes tanques de metal apoiados na terra, podem ser inerentemente aterrados pelo contato com a terra.

9.12.5.2.2A colagem minimiza as diferenças de potencial elétrico entre objetos. O aterramento minimiza as diferenças de potencial entre objetos e a terra. Exemplos dessas técnicas incluem contato metal-metal entre objetos fixos e escovas de coleta entre objetos em movimento e a terra.

9.12.5.2.3 Os investigadores não devem considerar as condições de ligação ou aterramento como garantidas apenas pela aparência ou contato dos objetos em questão. Testes elétricos específicos devem ser feitos para confirmar as condições de ligação ou aterramento. Muitos fatores, como corrosão e assentamento ou deslocamento do solo, podem afetar muito o estado original do caminho do solo.

9.12.5.2.4 Se houver suspeita de arco estático como fonte de ignição, o exame e teste da ligação, aterramento ou outros caminhos condutores devem ser feitos por pessoal qualificado usando os critérios da NFPA 77.

9.12.6 Condições Necessárias para Ignição por Arco Estático. Para que uma descarga estática seja uma fonte de ignição, cinco condições devem ser cumpridas:

(1) Deve haver um meio eficaz de geração de carga estática.

(2) Deve haver um meio de acumular e manter uma carga de potencial elétrico suficiente.

(3) Deve haver um arco de descarga elétrica estática de energia suficiente.*(Consulte a Seção 19.3.)*

(4) Deve haver uma fonte de combustível na mistura apropriada com uma energia mínima de ignição menor que a energia do arco elétrico estático.*(Consulte a Seção 19.4.)*

(5) O arco estático e a fonte de combustível devem ocorrer juntos no mesmo local e ao mesmo tempo.

9.12.7 Investigando Ignições Elétricas Estáticas.
Frequentemente, a investigação de possíveis ignições elétricas estáticas depende da descoberta e análise de evidências circunstanciais e da eliminação de outras fontes de ignição, ao invés de evidências físicas de arco.

9.12.7.1 Ao investigar a eletricidade estática como uma possível fonte de ignição, o investigador deve identificar se existiam ou não as cinco condições necessárias para a ignição.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

9.12.7.2 Deve ser feita uma análise do mecanismo pelo qual a eletricidade estática foi gerada. Essa análise deve incluir a identificação dos materiais ou implementos que causaram o acúmulo estático, a extensão de sua condutividade elétrica e seu movimento relativo, contato e separação, ou meios pelos quais os elétrons são trocados.

9.12.7.3 Devem ser identificados os meios de acumular carga a níveis suficientes onde possa descarregar na forma de um arco incendiário. Devem ser identificados os estados de ligação, aterramento e condutância do material que acumula a carga ou para o qual o arco descarrega.

9.12.7.4 Registros locais das condições meteorológicas, incluindo umidade relativa, devem ser obtidos e a possível influência na acumulação ou dissipação estática (relaxamento) considerada.

9.12.7.5A localização do arco elétrico estático deve ser determinada da forma mais exata possível. Ao fazer isso, raramente há qualquer evidência física do arco de descarga real, se ele ocorreu. Ocasionalmente, há relatos de testemunhas que descrevem o arco ocorrendo no momento da ignição. No entanto, o investigador deve tentar verificar os relatos das testemunhas através da análise de provas físicas e circunstanciais.

9.12.7.6O investigador deve determinar se a descarga do arco poderia ter energia suficiente para ser uma fonte de ignição competente para o combustível inicial.

9.12.7.7A tensão potencial e a energia do arco em relação ao tamanho da abertura do arco devem ser calculadas para determinar se o arco incendiário é viável.

9.12.7.8 Deve ser estabelecida a possibilidade de o arco incendiário e o combustível inicial (na configuração e mistura adequadas) existirem no mesmo local ao mesmo tempo.

9.12.8* Relâmpago.

9.12.8.1 Geral.O relâmpago é outra forma de eletricidade estática na qual a carga se acumula nas nuvens e na terra abaixo. O movimento de gotículas de água, poeira e partículas de gelo nos ventos violentos e correntes ascendentes de uma tempestade acumulam uma carga eletrostática polarizada nas nuvens. Quando uma carga suficiente se acumula, ocorre uma descarga na forma de um relâmpago entre a nuvem carregada e objetos de diferentes potenciais. Os relâmpagos podem ocorrer entre nuvens ou entre nuvens e a terra. Neste último, cargas de polaridade oposta são geradas na nuvem, enquanto a carga no solo abaixo da nuvem é induzida pela carga da nuvem. Com efeito, o resultado é um capacitor gigante e, quando a carga se acumula o suficiente, ocorre uma descarga.

9.12.8.2 Características do relâmpago. Os canais de raios típicos têm um núcleo de plasma de energia de 12,7 mm a 19 mm (½ pol. a ¾ pol.) de diâmetro, cercado por um canal de 102 mm (4 pol.) de espessura de ar ionizado superaquecido. As correntes de retorno do relâmpago variam em média entre 30.000 A e 45.000 A dependendo da localização, mas podem exceder 200.000 A. Os potenciais podem variar até 15.000.000 V.

9.12.8.3 Lightning Strikes.

9.12.8.3.1 Lightning may strike any object that generates an upward-extending streamer that successfully connects with the downward extending step leader generated from the base of the cloud. In many cases, this may be the tallest object but também pode ser qualquer superfície ou massa saliente ou elevada. As ameaças relâmpago a uma estrutura consistem no seguinte:

(1) Um golpe direto na estrutura ou em um item anexado à estrutura, como uma antena de TV, unidade de ar condicionado e assim por diante, estendendo-se para cima e para fora do telhado do edifício

(2) Um golpe perto de uma estrutura que acopla ou canaliza energia para energizado ou condutores não energizados
(3) Um ataque direto aos condutores de entrada conectados à estrutura
(4) Um golpe perto de condutores aéreos que podem acoplar correntes de raios em condutores conectados à estrutura

9.12.8.3.2O parafuso geralmente segue um caminho condutor para o terra. Em pontos ao longo de seu caminho, o parafuso principal pode desviar, por exemplo, da fiação para o encanamento, principalmente se a tubulação de água subterrânea for usada como dispositivo de aterramento para o sistema elétrico da estrutura.

Δ **9.12.8.4 Dano de Raio.**Os danos causados por raios são causados por duas propriedades características: altas correntes e energia em uma queda de raio e energia térmica e temperaturas extremamente altas geradas no canal pela descarga elétrica.*[Consulte 9.12.8.4(A) a 9.12.8.4(D) .]*

(UMA) Uma árvore pode ser quebrada por uma corrente de raio conduzida profundamente no cerne da árvore com o calor vaporizando a umidade da árvore em vapor – com efeitos explosivos.

(B) Condutores de cobre não projetados para transportar os milhares de amperes de um raio podem ser derretidos, cortados ou completamente vaporizados pelo efeito de sobrecorrente de um raio descarga. Relâmpago correntes também podem gerar sobretensões que acionam sobrecorrentes do sistema de energia suficientes para cortar condutores em um ou mais locais. Condutores de cobre e alumínio adequadamente dimensionados e roteados de acordo com a NFPA 780 não serão danificados por uma corrente de impulso de raio de até 200.000 A.

(C) Quando um raio atinge um edifício de concreto reforçado com aço, a corrente pode seguir as hastes de reforço de aço como o caminho menos resistivo. O alto energia pode destruir o ambiente concreto com força explosiva para chegar ao aço de reforço.

(D) Os raios também podem causar incêndios ao danificar os sistemas de gás combustível. Sabe-se que os conectores de aparelhos de gás combustível têm suas extremidades alargadas danificadas por correntes elétricas induzidas por raios e outras formas de descarga elétrica. Onde as linhas de gás estão danificadas, o gás combustível pode vazar, e o mesmo arco que causou a falha da linha de gás também pode causar ignição do gás combustível.

9.12.8.5 Redes de detecção de raios. Existem redes de detecção de relâmpagos que podem ajudar a estabelecer a hora e a localização (até 500 metros) de um relâmpago. Dados históricos também estão disponíveis, incluindo relatórios de quaisquer relâmpagos detectados dentro de um tempo especificado antes de um incêndio.

N **9.13 Baterias de íon de lítio.**Lithium ion batteries are commonly used in portable appliances, toys, portable electron- ics, and standby power applications. Several different chemis- tries are used with different inherent characteristics, but the investigator should be aware of certain characteristics that are common to most types:

(1) All lithium ion batteries can overheat and ignite if over-charged, undercharged, exposed to excessive heat or cold, flooded, short circuited, or physically damaged.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

(2) Se uma bateria de íon de lítio falhar catastroficamente, grandes quantidades de gases inflamáveis e/ou venenosos podem ser emitidas, alguns dos quais podem ser mais leves ou mais pesados que o ar.
(3) As baterias de íon de lítio normalmente exibem uma resistência elétrica interna notavelmente baixa que pode resultar em correntes de curto-circuito catastroficamente altas se os cabos de saída estiverem em curto-circuito.
(4) A maioria das baterias de íon de lítio ou bancos de baterias podem fornecer quantidades notáveis de energia para uma fonte de ignição no ponto de origem do incêndio.

Capítulo 10 Construindo Sistemas de Gás Combustível

10.1* Introdução.Os sistemas de gás combustível são encontrados em ou perto da maioria das estruturas de habitação, armazenamento, uso comercial ou industrial. Esses sistemas geralmente fornecem combustível para conforto ambiental, aquecimento de água, cozimento e processos de fabricação. Eles também podem ser fontes de combustível para incêndios e explosões nessas estruturas. O investigador ou analista de incêndio deve ter uma compreensão básica dos gases combustíveis e dos aparelhos e equipamentos que os utilizam. NFPA 54, 49 CFR Part 192, "Transporte de Gases Naturais e Outros Gases por Duto: Padrões Mínimos de Segurança" e NFPA 58, são geralmente considerados os principais padrões neste tópico.

10.1.1 Impacto dos Gases Combustíveis em Investigações de Incêndio e Explosão. Os sistemas de gás combustível de um edifício podem influenciar a forma como um edifício queima de quatro maneiras: como fonte de combustível inicial, como fonte de ignição inicial, como combustível e fontes de ignição e como fatores que influenciam a propagação do fogo. Essas influências podem complicar o processo investigativo. O investigador deve conhecer pelo menos os rudimentos dos sistemas de gás combustível, como eles funcionam e como eles falham.

10.1.1.1 Fontes de Combustível. Os gases combustíveis que escapam de suas tubulações, armazenamento ou sistemas de utilização podem servir como combustíveis de fácil ignição para incêndios e explosões. Esses gases são comumente chamados de*fugitivo*gases.

10.1.1.2 Fontes de ignição. As temperaturas de ignição para a maioria dos gases combustíveis variam de aproximadamente 384°C a 632°C (723°F a 1170°F). As energias mínimas de ignição são tão baixas quanto 0,2 mJ. Assim, eles são facilmente inflamados a partir das fontes de ignição mais comumente encontradas.

10.1.1.2.1 As chamas abertas de queimadores de gás combustível ou luzes piloto podem servir como fontes de ignição competentes para gases combustíveis e outros combustíveis, particularmente gases inflamáveis ou vapores de líquidos e poeiras inflamáveis.

10.1.1.2.2 Equipamentos de utilização de gás combustível superaquecidos ou aparelhos ou saídas de exaustão instalados incorretamente podem causar a ignição de combustíveis sólidos, como quando componentes estruturais de madeira de construção ou combustíveis armazenados inadequadamente estão envolvidos, ou onde as distâncias adequadas não são mantidas.

10.1.1.3 Fonte de Combustível e Fonte de Ignição. Em muitas ocasiões, a tubulação de gás combustível e os sistemas de utilização, incluindo queimadores e luzes piloto, podem servir tanto como fonte de combustível quanto como fonte de ignição.

10.1.2 Propagação Adicional de Incêndio.

10.1.2.1 Durante eventos de incêndio ou explosão, os sistemas de gás combustível interrompidos podem fornecer combustível adicional e podem alterar ou aumentar significativamente as taxas de propagação do fogo, ou podem espalhar o fogo para áreas da estrutura que normalmente não seriam queimadas. A emissão das chamas provenientes de linhas de gás combustível quebradas (muitas vezes chamadas de *chamas*) pode espalhar fogo e queimar componentes estruturais.

10.1.2.2 Bolsões de gás combustível que são inflamados durante o evento de incêndio podem criar evidências de origens de incêndio separadas, incêndios repentinos ou explosões, causando aumento da propagação do fogo.

10.2* Gases Combustíveis.Os gases combustíveis, por definição, incluem gás natural, gás liquefeito de petróleo apenas na fase de vapor, misturas de gás liquefeito de petróleo-ar, gases manufaturados e misturas desses gases, além de misturas de gás-ar dentro da faixa inflamável, com o gás combustível ou o inflamável. componente de uma mistura sendo um produto distribuído comercialmente. Os gases combustíveis mais comumente encontrados pelo investigador de incêndio e explosão serão o gás natural e o propano comercial.*(Consulte NFPA 54 e NFPA 58.)*

10.2.1 Gás Natural.

10.2.1.1O gás natural é um produto de gás hidrocarbonado de ocorrência natural, recuperado pela perfuração de poços em bolsões subterrâneos, muitas vezes em associação com petróleo bruto. Embora as porcentagens exatas diferem com as áreas geográficas e não haja padrões que especifiquem sua composição, o gás natural é principalmente metano, com quantidades menores de nitrogênio, etano, propano e com traços de butano, pentano, hexano, dióxido de carbono e oxigênio. As porcentagens podem variar amplamente e foram relatadas em misturas que variam de 72% a 95% de metano, 3% a 13% de etano, <1% a 4% de propano e <1% a 18% de nitrogênio.

Δ **10.2.1.2**O gás natural não diluído é mais leve que o ar. Dependendo da composição exata, tem uma gravidade específica de 0,59 a 0,72, um limite explosivo inferior (LEL) de 3,9% a 4,5% e um limite explosivo superior (UEL) de 14,5% a 15%. Uma mistura inflamável tem uma densidade de vapor de 0,96 a 0,98. Sua temperatura de ignição é de 482°C a 632°C (900°F a 1170°F).

10.2.2 Propano Comercial.O propano é derivado do refino do petróleo. Os gases de petróleo liquefeitos podem ser liquefeitos sob pressão moderada a temperaturas normais. Essa capacidade de condensar os GLPs os torna mais convenientes para armazenar e transportar do que o gás natural e, portanto, torna o propano particularmente adequado para áreas rurais e relativamente inacessíveis ou para uso com equipamentos e eletrodomésticos portáteis. Em áreas povoadas onde o gás natural não está disponível, o propano às vezes é pré-misturado com ar e canalizado para os consumidores a pressões relativamente baixas através de sistemas centrais de distribuição subterrânea semelhantes aos do gás natural.

10.2.2.1O propano comercial é um mínimo de 95 por cento de propano e propileno e um máximo de 5 por cento de outros gases. O teor médio de propileno em propano comercial é de 5% a 10%.

Δ **10.2.2.2**O gás propano não diluído é mais pesado que o ar. Tem uma gravidade específica de aproximadamente 1,5 a 2,0, um limite explosivo inferior (LEL) de 2,15% e um limite explosivo superior (UEL) de 9,6%. Uma mistura inflamável de propano-ar tem uma Gravidade Específica de 1,01 a 1,10. Sua temperatura de ignição é de 493°C a 604°C (920°F a 1120°F).

10.2.3 Outros Gases Combustíveis. Outros gases combustíveis que podem ser encontrados pelo investigador, particularmente em ambientes comerciais, industriais ou não residenciais, incluem butano comercial, propano HD5 e gases manufaturados.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

10.2.3.1 Butano Comercial.O butano comercial é um mínimo de 95% de butano e butileno e um máximo de 5% de outros gases, com o componente butileno geralmente mantido abaixo de 5%.

10.2.3.2 Propano HD5.O propano HD5 é um tipo especial de propano para combustível de motor e outros usos que exigem especificações mais restritivas do que o propano comercial regular. É 95 por cento de propano e um máximo de 5 por cento de outros gases.

10.2.3.3 Gases Manufaturados. Gases manufaturados são gases combustíveis produzidos a partir de carvão, coque ou petróleo; processos químicos; ou por reforma de gás natural ou gases liquefeitos de petróleo ou misturas desses gases. Eles são mais comumente usados em aplicações industriais. Os gases fabricados mais comuns são o acetileno, o gás de coqueria e o hidrogênio.

10.2.4 Odorização.Gás LP e gás natural comercial podem não ter um odor facilmente identificável em seu estado natural. Para aumentar a detectabilidade do gás natural, uma mistura odorífera contendo*t*-butil mercaptano, tiofano ou outros mercaptanos são geralmente adicionados. Para aumentar a detectabilidade do Gás LP, geralmente é adicionado etilmercaptano. Esses odorantes são exigidos por lei e código de incêndio; 49 CFR 192.625 afirma: "Um gás combustível em uma linha de distribuição deve conter um odorante natural ou ser odorizado de modo que na concentração no ar de um quinto do limite explosivo inferior, o gás seja facilmente detectável por uma pessoa com um sentido de olfato." A subseção 4.2.1 da NFPA 58 declara: "Todos os gases LP devem ser odorizados antes da entrega a uma planta a granel pela adição de um agente de advertência de tal caráter que os gases sejam detectáveis por um odor distinto, a uma concentração no ar de não superior a um quinto do limite inferior de inflamabilidade. " O odorante para gás natural é adicionado pela empresa distribuidora local antes da introdução do gás no sistema de distribuição. O gás natural em dutos de transmissão de longa distância geralmente não é odorizado. O odorante no GLP é adicionado pelo fornecedor de gás antes da entrega à planta a granel de um distribuidor de GLP.

10.2.4.1A verificação de odor deve ser parte de qualquer investigação de explosão envolvendo ou potencialmente envolvendo gás combustível se parecer que não houve indícios de vazamento de gás sendo detectado pelas pessoas presentes. A presença do odorante na quantidade adequada deve ser verificada. Detectores químicos especializados chamados*tubos de mancha*pode ser usado em campo, e a cromatografia gasosa pode ser usada, em outras amostras que não o gás natural, como um teste de laboratório para resultados mais precisos.

Δ **10.2.4.2**A utilização de tubos de coloração exige que se conheça a identidade do odorante no gás, pois não existe tubo de coloração universal para todos os odorantes. ASTM D5305,*Método de teste padrão para determinação de etil mercaptano em vapor de gás LP*, é um padrão para determinação de odor de propano por tubos de coloração. Não existe um padrão semelhante para odorantes de gás natural. Uma amostra do gás (ou líquido para GLP) requer que a amostra seja coletada corretamente. ASTM D1265,*Prática Padrão para Amostragem de Gases de Petróleo Liquefeito (LP)* , *Método Manual* , cobre o método adequado para amostragem de GLP. A utilizao de amostragem de gás sacos é sugerido para amostras de gás natural que devem ser usadas para verificação de odor. Amostras de gás retiradas de um tanque de propano fornecem apenas uma fração da informação que pode ser obtida de uma amostra de líquido. Nem todos os laboratórios podem analisar gases ou líquidos quanto ao conteúdo odorante. A capacidade do laboratório de analisar isso deve ser verificada antes do envio da amostra, pois essas amostras devem ser analisadas o mais rápido possível.

10.2.4.3 Testes laboratoriais de amostras de gás geralmente não são adequados para determinar o nível efetivo de odor em uma amostra de gás natural. O gás natural deve ser testado para um nível suficiente de odor em campo usando equipamento de detecção sensorial de odor capaz de determinar a porcentagem de gás no ar na qual o odor se torna facilmente detectável. Alguns indivíduos não conseguem detectar esses odorantes por várias razões e, sob certas condições, a eficácia do odorante pode ser reduzida a um ponto em que não pode ser detectado. Portanto, os resultados dos testes devem sempre ser corroborados por um mínimo de duas pessoas.

10.3 Sistemas de Gás Natural. Uma diferença entre os sistemas de gás natural e os sistemas de propano é que o gás natural normalmente é canalizado diretamente para os edifícios dos consumidores a partir de instalações centralizadas de produção e armazenamento. Os sistemas de tubulação que fornecem gás natural ao cliente são bastante complexos, com muitos procedimentos intervenientes e mudanças de pressão desde a coleta até o uso final.

10.3.1* Tubulações de Transmissão.Os dutos usados para transportar o gás natural das instalações de armazenamento ou produção para as concessionárias locais são chamados de gasodutos.*tubulações de transmissão*. Em dutos de transmissão de longa distância, as empresas de gás natural usam pressões de até 8.275 kPa (1.200 psi).

10.3.2 Tubulações Principais (Redes). Os gasodutos usados para distribuir gás natural em sistemas de rede centralizada para uso por clientes residenciais e empresariais são chamados de*tubulações principais*ou*rede*. As pressões operacionais normais nos dutos principais variam amplamente entre as empresas de serviços públicos de gás em diferentes áreas geográficas. As pressões nas tubulações principais raramente excedem 1000 kPa (150 psi) em sistemas de alta pressão e são tipicamente 400 kPa ou menos (60 psi ou menos). Os sistemas principais rurais, que entregam gás a clientes mais distantes, estão necessariamente com pressões mais altas do que os sistemas urbanos. A principal é um tipo de linha de distribuição.

10.3.3 Linhas de Serviço. As linhas de serviço de gás natural, às vezes chamadas de "laterais de serviço", são sistemas de tubulação que conectam a rede da empresa de gás ao cliente individual. Eles normalmente terminam no regulador e no medidor da concessionária. As pressões mínima e máxima fornecidas aos serviços dos clientes após a regulação final da pressão estão geralmente na faixa de 1,0 kPa a 2,5 kPa (4 pol. wc a 10 pol. wc). Uma linha de serviço é um tipo de linha de distribuição.

10.3.4 Medição.

10.3.4.1 Um medidor de gás é um instrumento instalado em um sistema de gás para medir o volume de gás fornecido por ele.

10.3.4.249 CFR 192.353 e NFPA 54 exigem que os medidores de gás sejam instalados a pelo menos 0,9 m (3 pés) de fontes de ignição e protegidos contra danos físicos, temperaturas extremas, sobrepressão, contrapressão ou vácuo.

10.4 Sistemas de Gás LP. Uma diferença entre os sistemas de GLP e os sistemas de gás natural é o armazenamento e distribuição dos gases combustíveis para a tubulação de serviço do usuário. Normalmente, o propano é entregue ao sistema do cliente de serviço em um estado comprimido (líquido). É entregue ao consumidor por caminhão-tanque, com transferência do líquido para o tanque do consumidor. Em algumas áreas isoladas, onde o serviço de gás natural não está disponível, são usados sistemas subterrâneos de transmissão e distribuição de propano ou propano-ar, semelhantes aos discutidos na Seção 10.3, embora em pressões geralmente mais baixas. O propano é o gás LP mais comumente usado, mas o butano e outros gases LP ou misturas são usados em alguns climas quentes.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

10.4.1 Recipientes de Armazenamento de Gás LP. Os contêineres de armazenamento de GLP podem ser cilindros, tanques, tanques portáteis ou tanques de carga. Definições específicas para estes podem ser encontradas nas várias normas e guias regulatórios. Geralmente, "cilindros" refere-se a recipientes de 454 kg (1000 lb) de capacidade de água ou menos e são regidos pelos regulamentos do Departamento de Transporte (DOT). Os "tanques" são geralmente maiores e governados pela Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos (ASME)*Código de Caldeiras e Vasos de Pressão*. No armazenamento, o GLP é mantido sob pressão nos estados líquido e gasoso. Geralmente, a quantidade máxima permitida de GLP é 42% da capacidade de água do recipiente, em peso, ou 80% de sua capacidade volumétrica. Exceto para aplicações de combustível de motor ou vaporizador, o GLP é normalmente retirado do espaço de vapor do recipiente de armazenamento.

10.4.1.1* Tanques.

10.4.1.1.1 Sistemas residenciais e comerciais de pequeno porte geralmente armazenam GLP em tanques estacionários ASME acima do solo de até 4.000 L (1.000 gal) de capacidade de água. Esses tanques são normalmente projetados com uma pressão máxima de trabalho de 1400 kPa a 1700 kPa (200 psi a 250 psi) e não podem ser transportados com mais de 5% de capacidade de líquido. Em algumas aplicações, os tanques estão localizados no subsolo para minimizar as mudanças de temperatura.

10.4.1.1.2 Os tanques ASME para aplicações de combustível do motor são montados permanentemente e projetados para uma pressão máxima de trabalho de 1700 kPa a 2100 kPa (250 psi a 300 psi). Esses tanques podem ser armazenados dentro do veículo (por exemplo, porta-malas ou outro compartimento) ou fora (por exemplo, tanques de sela). Empilhadeiras com tanques montados permanentemente normalmente têm o tanque exposto e montado atrás do operador.

10.4.1.1.3 Os tanques de carga são aqueles recipientes montados permanentemente em um chassi, e são utilizados para o transporte de GLP. Os tanques de carga estão sujeitos aos regulamentos DOT e ASME e normalmente são projetados com pressão máxima de trabalho de 1700 kPa (250 psi).

10.4.1.1.4 Os tanques portáteis são utilizados para o transporte de GLP, são não montados permanentemente em um chassi e em quantidades superiores a 450 kg (1000 lb) de capacidade de água. Esses tanques são projetados de acordo com os regulamentos ASME e projetados com uma pressão máxima de trabalho de 1700 kPa (250 psi).

10.4.1.2* Cilindros.Os cilindros devem estar em conformidade com os requisitos do DOT 49 CFR 173 e 49 CFR 178. Eles são comumente usados para residências e empresas rurais, casas móveis, empilhadeiras, veículos recreativos e pequenos eletrodomésticos. Os cilindros podem ser transportados com sua capacidade máxima de GLP. Eles podem ser recarregáveis (por exemplo, Especificação DOT 4BA ou 4BW) ou não recarregáveis (por exemplo, Especificação DOT 39, 2P ou 2Q). Cilindros não recarregáveis normalmente têm capacidade de 1 lb de GLP ou menos.

10.4.2 Acessórios do Contêiner. Acessórios de contêineres são itens conectados às aberturas de contêineres. Esses itens incluem, mas não estão limitados a, dispositivos de alívio de pressão, conexões para controle de fluxo, medidores de nível de líquido, medidores de pressão e bujões.

10.4.2.1 Dispositivos de Alívio de Pressão. Dispositivos de alívio de pressão são ativados por pressão ou temperatura para evitar que a pressão suba acima de um máximo predeterminado e, portanto, evitar a ruptura de um recipiente normalmente carregado. Os recipientes de GLP são equipados com um ou mais dispositivos de alívio que, exceto para certos regulamentos DOT, são projetados para aliviar a pressão de vapor.

claro. Esta ventilação de vapor resulta no resfriamento do líquido restante e na redução de pressão associada.

10.4.2.1.1 Dispositivos de plugue fusível são ativados termicamente para abrir e ventilar o conteúdo do recipiente. A temperatura de ativação é de 98°C (208°F) no mínimo a 104°C (220°F) no máximo. Eles não protegem o recipiente da sobrepressão devido ao enchimento inadequado. Uma vez abertos, eles não fecham novamente. Tampões fusíveis não devem ser usados em recipientes ASME com capacidade de água de 540 kg (1200 lb) ou superior.

10.4.2.1.2 As válvulas de alívio são ativadas por pressão. Eles mantêm a pressão no recipiente determinada pela pressão de ajuste da válvula e, portanto, não protegem contra a ruptura do recipiente quando a aplicação de calor enfraquece o recipiente até o ponto em que sua pressão de ruptura é menor que a pressão de operação do a válvula. A pressão definida para aplicações de tanque ASME é a pressão de projeto para esse tanque, normalmente 1700 kPa ou 2150 kPa (250 psi ou 312 psi). A pressão de ajuste para cilindros recarregáveis é de 75 por cento a 100 por cento da pressão de teste para aquele cilindro, tipicamente 2.500 kPa a 3.300 kPa (360 psi a 480 psi).

10.4.2.2 Conexões para Controle de Fluxo.Válvulas de corte, válvulas de retenção de excesso de fluxo, válvulas de refluxo e válvulas internas de fechamento rápido usadas individualmente ou em combinações são utilizadas nas conexões de enchimento, retirada e equalização do recipiente.

10.4.2.3 Dispositivos de Medição de Nível de Líquido. Medidores indicam o nível de propano líquido dentro de um recipiente. Os tipos de medidor incluem fixo, como nível máximo fixo, e variável, como flutuador ou magnético, rotativo e tubo deslizante.

10.4.2.3.1 Medidores de nível fixo (ou seja, tubos de imersão) são usados principalmente para indicar quando o enchimento de um tanque ou cilindro atingiu seu volume de enchimento máximo permitido. Eles não indicam níveis de líquido acima ou abaixo de seus comprimentos fixos.

10.4.2.3.2 Medidores variáveis fornecem leituras do conteúdo líquido de recipientes, principalmente tanques ou cilindros grandes. Eles fornecem leituras em praticamente qualquer nível de volume de líquido.

10.4.2.4 Manômetros. Manômetros, que são fixados diretamente a uma abertura de recipiente ou a uma válvula ou acessório que é fixado diretamente a uma abertura de recipiente, lêem a pressão do espaço de vapor do recipiente. Manômetros não indicam o nível de líquido dentro de um recipiente. Manômetros também são usados em várias áreas da tubulação do sistema, se necessário.

10.4.3 Regulagem de Pressão.

10.4.3.1A pressão nos tanques e cilindros de armazenamento de propano é a pressão de vapor do propano e depende da temperatura do propano líquido. O medidor de pressão de vapor do propano varia de 190 kPa (28 psi) a -18°C (0°F), a 876 kPa (127 psi) a 21°C (70°F), a 1970 kPa (286 psi) a 54°C (130°F).

10.4.3.2 Para uso com equipamento de utilização, a pressão é normalmente reduzida em um ou dois estágios pelos reguladores para uma pressão de trabalho de 2,7 kPa a 3,5 kPa (11 pol. wc a 14 pol. wc) antes de entrar no sistema de tubulação de serviço.

10.4.4 Vaporizadores. Onde grandes quantidades de propano são necessárias, como para aplicações industriais, ou onde o clima frio dificulta a vaporização, aquecedores especificamente projetados chamados vaporizadores são usados para aquecer e vaporizar o propano.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

10.5 Componentes Comuns do Sistema de Gás Combustível. Os componentes do sistema de fornecimento de gás combustível são comuns ou semelhantes para os vários gases combustíveis. As seções a seguir descrevem em geral esses componentes comumente compartilhados.

10.5.1 Regulação de Pressão (Redução).

10.5.1.1 Geral. Os reguladores de pressão são dispositivos colocados em um sistema de tubulação de gás para reduzir, controlar e manter a pressão naquela porção do sistema de tubulação a jusante do dispositivo. Os reguladores podem ser usados individualmente ou em combinação para reduzir as pressões da linha de gás em etapas.

10.5.1.1.1 Os reguladores mais comuns no serviço ao consumidor de gás natural ou propano são do tipo diafragma, ou alavanca. Em um regulador de diafragma, o fluxo do gás de entrada em alta pressão é controlado por um disco de fechamento ou vedação, e o gás a uma pressão específica mais baixa é descarregado através da saída do regulador. O diafragma é feito de um material semelhante a borracha e seu movimento é controlado pela pressão ajustável da mola. O movimento do diafragma controla a abertura da válvula de entrada do regulador e sua vedação integral.

10.5.1.1.2 A operação adequada da ventilação do regulador é importante para a operação adequada dos reguladores de diafragma. A ventilação equaliza a pressão acima do diafragma com a pressão atmosférica e permite que o diafragma se mova. Se o respiro ficar entupido ou bloqueado por gelo ou detritos, por exemplo, o regulador pode não funcionar corretamente ou o material do diafragma tipo borracha pode ser danificado, impedindo o funcionamento correto.

10.5.1.1.3 Em áreas propensas a inundações, os reguladores de pressão devem ser instalados acima da linha de inundação esperada, ou a ventilação deve ser canalizada acima da linha de inundação. Águas de enchentes cheias de detritos de enchentes, como lama, paus e lixo, podem facilmente entupir ou bloquear a ventilação do regulador. Estas condições podem resultar em uma condição de sobrepressão na tubulação a jusante e no aparelho de gás.

10.5.1.2 Pressões normais de trabalho. As pressões normais de trabalho na maioria das estruturas e aparelhos são medidas em polegadas de coluna de água (wc), medidas em um manômetro cheio de água. Uma libra por polegada quadrada (psi) é igual a 27,67 pol. wc A pressão de entrada normal para a maioria dos aparelhos não industriais a gás natural é de 1,0 kPa a 2,5 kPa (4 pol. wc a 10 pol. wc). A pressão de entrada normal para a maioria dos aparelhos de propano não industriais é de 2,7 kPa a 3,5 kPa (11 pol. wc a 14 pol. wc).

10.5.1.3 Excesso de Pressões. Pressões significativamente superiores àquelas para as quais os aparelhos, equipamentos, dispositivos ou sistemas de tubulação são projetados podem causar vazamento de gás, danos ao equipamento, mau funcionamento dos queimadores do equipamento ou chamas anormalmente grandes.

10.5.2 Sistemas de tubulação de serviço.

10.5.2.1 Materiais para Rede e Serviços. A tubulação de gás combustível pode ser adequadamente feita de ferro forjado, cobre, latão, liga de alumínio ou plástico, desde que o material seja usado com gases que não sejam corrosivos para eles. Tubos não aprovados ou materiais de tubulação utilizados em aplicações "não codificadas" podem levar a vazamentos e liberação de gás fugitivo.

10.5.2.2 Tubulação Subterrânea. A instalação inadequada de sistemas de tubulação subterrâneos e o uso de materiais não aprovados podem causar vazamentos de gás. A tubulação subterrânea deve ser enterrada a uma profundidade suficiente e em locais apropriados para ser protegida de danos físicos. O tubo deve ser protegido contra corrosão. A tubulação subterrânea sob edifícios pode ser aceitável, se inevitável, mas deve ser protegido e envolto em conduíte aprovado projetado para suportar as cargas sobrepostas da estrutura e conter qualquer vazamento de gás.

10.5.3 Válvulas. As válvulas são dispositivos usados para controlar o fluxo de gás para qualquer seção de um sistema ou para um aparelho. Exemplos de tipos de válvula incluem o seguinte:

(1) *Válvulas automáticas:* Dispositivos constituídos por uma válvula e um mecanismo de operação que controla o fornecimento de gás a um queimador durante o funcionamento de um aparelho. O mecanismo de operação pode ser ativado por pressão de gás, meios elétricos ou meios mecânicos.

(2) *Válvula de corte automático de gás:* Uma válvula usada em conexão com um dispositivo de corte automático de gás para desligar o fornecimento de gás para um aparelho de queima de gás combustível.

(3) *Válvula do queimador individual:* Uma válvula que controla o fornecimento de gás para um queimador individual.

(4) *Válvula de controle do queimador principal:* Uma válvula que controla o fornecimento de gás para um coletor principal do queimador.

(5) *Válvula de reset manual:* Uma válvula de corte automática instalada na tubulação de fornecimento de gás e configurada para desligar quando ocorrerem condições inseguras. O dispositivo permanece fechado até que seja reiniciado manualmente.

(6) *Valvulas de escape:* Uma válvula de segurança projetada para evitar a ruptura de um vaso de pressão aliviando o excesso de pressão.

(7) *Válvula de corte de serviço:* Uma válvula (geralmente instalada pelo fornecedor de gás de serviço público entre o medidor de serviço ou fonte de abastecimento e o sistema de tubulação do cliente) usada para desligar o gás para todo o sistema de tubulação.

(8) *Válvula de corte:* Uma válvula (localizada no sistema de tubulação e facilmente acessível e operável pelo consumidor) usada para desligar aparelhos ou equipamentos individuais.

10.5.4 Queimadores a Gás. Problemas com sistemas de gás combustível, incluindo incêndios, geralmente são causados pelo uso de orifícios ou queimadores inadequados para gás natural ou propano. Queimadores a gás são dispositivos para o transporte final do gás combustível, ou uma mistura de gás e ar, a ser queimado. Embora os vários tipos de queimadores de uso comum sejam essencialmente os mesmos em design geral para gás natural ou propano, eles podem não ser intercambiáveis de um uso de gás para outro. As diferenças físicas entre gás natural e propano requerem orifícios de queimadores de tamanhos diferentes.

10.5.4.1 Ignição Manual. Alguns aparelhos e equipamentos a gás são projetados para exigir a ignição manual de seus queimadores quando se deseja a utilização dos aparelhos e equipamentos. Alguns equipamentos fornecidos com uma luz piloto permanente requerem que a luz piloto seja acesa manualmente.

10.5.4.2 Luzes Piloto. A ignição automática dos queimadores principais dos aparelhos é frequentemente realizada por uma chama piloto do queimador. Para o funcionamento automático por termóstato, como nos esquentadores automáticos e nos aparelhos de aquecimento central, a chama piloto do gás deve estar acesa e de dimensão suficiente; caso contrário, a válvula que controla o fluxo de gás do queimador principal não abrirá. Em alguns projetos, as próprias luzes piloto podem ser acesas automaticamente por arcos elétricos ativados quando o gás é solicitado no queimador.

10.5.4.3 Ignitores sem piloto. Este tipo de sistema de ignição consiste em um meio de ignição elétrica, um arco elétrico ou um elemento de aquecimento por resistência, como uma vela incandescente ou uma barra incandescente, que acende diretamente a chama do queimador quando o fluxo de gás começa. Em caso de falha de ignição, muitos, mas não todos, os sistemas são projetados para "bloquear" o fluxo de gás para o queimador.

10.6 Tubulações Comuns em Edifícios. Existem várias considerações ou requisitos para a instalação e uso de gás combustível

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

sistemas de tubulação em edifícios que são comuns, independentemente dos gases combustíveis usados.

10.6.1 Tamanho da tubulação.O tamanho da tubulação usada é determinado pelos requisitos máximos de vazão dos vários aparelhos e equipamentos que atende.

10.6.2 Materiais de Tubulação. As tubulações podem ser de ferro forjado, cobre, latão, liga de alumínio ou plástico, desde que o material seja utilizado com gases que não sejam corrosivos para elas. Os tubos flexíveis podem ser de cobre sem costura, liga de alumínio ou aço. Os tubos de liga de alumínio são geralmente considerados inadequados para uso subterrâneo ou externo. Tubos, tubos e conexões de plástico devem ser usados apenas para instalações subterrâneas externas.

10.6.3 Juntas e Conexões. As juntas da tubulação podem ser parafusadas, flangeadas ou soldadas, e os tubos não ferrosos podem ser soldados ou brasados. As juntas dos tubos podem ser alargadas, soldadas ou brasadas. Conexões especiais, como conexões de compressão, podem ser usadas em circunstâncias especiais. Ao ar livre, podem ser feitas juntas e conexões plásticas, com o método adesivo adequado ou por meio de conexões de compressão, compatíveis com os materiais da tubulação. Eles não devem ser rosqueados.

10.6.4 Instalação da tubulação. Quando instalada em edifícios, a tubulação de gás não deve enfraquecer a estrutura do edifício, deve ser apoiada com dispositivos adequados (não outros tubos) e deve ser protegida do congelamento. Tubos de gotejamento (pernas de gotejamento) devem ser fornecidos em qualquer área onde a condensação ou detritos possam se acumular. Cada saída de gás, incluindo saídas de válvulas ou torneiras, deve ser tampada com segurança sempre que nenhum aparelho estiver conectado.

10.6.5 Válvulas de Desligamento Principais.Válvulas de corte acessíveis devem ser colocadas a montante de cada regulador de serviço para fornecer um desligamento total de todo o sistema de tubulação.

10.6.6 Locais Proibidos.A NFPA 54 proíbe a passagem de tubulações de gás dentro ou através de dutos de circulação de ar, dutos de roupas, chaminés ou saídas de gás, dutos de ventilação, elevadores ou poços de elevador. O gás fugitivo nessas áreas proibidas é particularmente perigoso devido às chances de ampla distribuição do gás vazado e às maiores possibilidades de ignição acidental.

10.6.7 Ligação Elétrica e Aterramento. Acima do solo tubulação deve ser colada e aterrada conforme descrito no códigos apropriados para o material e instalação específicos detalhes/configuração .

10.7 Requisitos Comuns de Aparelhos e Equipamentos. Existem várias considerações ou requisitos para a instalação e utilização de aparelhos a gás combustível que são comuns, independentemente dos gases combustíveis utilizados nos aparelhos.

10.7.1 Instalação. Os requisitos básicos para a instalação de aparelhos domésticos, comerciais e industriais a gás combustível e equipamentos fornecidos a pressões de gás de 3,47 kPa [0,5 psi (14 pol. wc)] ou menos são semelhantes.

10.7.1.1 Aparelhos, Acessórios e Equipamentos Aprovados. A subseção 5.1.1 da NFPA 54 exige que “aparelhos a gás, acessórios e equipamentos de utilização de gás sejam aprovados ... aceitáveis pela autoridade competente”.

10.7.1.2 Tipo de Gás.O equipamento de aproveitamento de gás combustível deve ser utilizado com o tipo específico de gás para o qual foi projetado. Um determinado aparelho não pode ser usado de forma intercambiável com gás natural e propano sem as devidas alterações.

10.7.1.3* Áreas de Vapores Inflamáveis.Aparelhos a gás não devem ser instalados em locais de garagem residencial onde é provável a presença de vapores inflamáveis, a menos que o projeto, operação e instalação sejam tais que eliminem a probabilidade de ignição de tais vapores. Por exemplo, a NFPA 54 exige que os equipamentos de utilização de gás instalados em garagens sejam instalados com os queimadores e dispositivos de ignição não menos de 0,5 m (18 pol.) acima do piso. Embora não diretamente proibidas pelos códigos, as instalações abaixo de 0,5 m (18 pol.) em outras áreas de edifícios e residências foram consideradas responsáveis por incêndios e ferimentos.

10.7.1.4 Reguladores de Pressão de Aparelhos a Gás. Quando a pressão de fornecimento de gás de construção é superior àquela em que o equipamento de utilização de gás foi projetado para operar ou varia além dos limites de pressão de projeto do equipamento, um regulador de pressão do aparelho de gás é instalado no aparelho.

10.7.1.5 Acessibilidade para o Serviço. Todos os equipamentos de utilização de gás devem estar localizados de forma a serem acessíveis para manutenção, serviço e desligamento de emergência.

10.7.1.6 Liberação para Materiais Combustíveis. Aparelhos de utilização de gás e suas aberturas devem ser instalados com distância suficiente de materiais combustíveis para que sua operação não crie risco de incêndio.

10.7.1.7 Conexões Elétricas. Todos os componentes elétricos do equipamento de utilização de gás devem ser eletricamente seguros e devem estar em conformidade com *NFPA 70*.

10.7.2 Ventilação e Suprimento de Ar.

10.7.2.1A ventilação é a remoção de produtos de combustão, bem como de fumos de processo (por exemplo, gases de combustão) para o ar exterior. Embora a maioria dos gases combustíveis sejam combustíveis de combustão limpa, os produtos da combustão não devem se acumular em concentrações perigosas dentro de um edifício. Portanto, a ventilação para o exterior é necessária para a maioria dos aparelhos. Exemplos de aparelhos que requerem ventilação incluem fornos e aquecedores de água. Alguns aparelhos, como fogões, fornos e pequenos aquecedores, podem ser ventilados diretamente nos espaços internos. Um sistema de ventilação devidamente instalado deve transportar todos os produtos dos gases de combustão para o exterior; deve evitar danos causados pela condensação ao equipamento de gás, ventilação, prédio e móveis; e deve evitar o superaquecimento de paredes e molduras próximas.

10.7.2.2O equipamento de utilização de gás requer um suprimento de ar para combustão e ventilação. A restrição desse suprimento de ar, principalmente quando o equipamento é instalado em espaços confinados, pode resultar em superaquecimento, incêndio ou asfixia.

10.7.3 Controles do Aparelho. As categorias gerais de controles de aparelhos são as mesmas para quase todos os aparelhos a gás combustível. A falha nestes controles pode levar ao superaquecimento dos aparelhos ou à liberação descontrolada de gás ou chama. Esses controles comuns incluem o seguinte:

(1) Controles de temperatura
(2) Dispositivos de ignição e desligamento
(3) Reguladores de pressão de aparelhos a gás
(4) Acessórios de controle de fluxo de gás

10.8* Equipamento Comum de Utilização de Gás Combustível.Todos os sistemas de gás combustível empregam os gases queimando-os. A utilização de gases combustíveis em estruturas se enquadra em sete áreas principais de uso doméstico, comercial ou industrial, cada uma das quais

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

envolve a combustão do gás combustível. O equipamento comum de utilização de gás combustível é descrito em 10.8.1 a 10.8.7.

10.8.1 Aquecimento de Ar. Fornos de ar forçado, aquecedores de ambiente, fornos de piso, aquecedores de parede, aquecedores radiantes, fornos de duto ou caldeiras são usados para aquecimento do ar ambiente. Queimadores diretos ou indiretos são utilizados para fornos e secadores industriais e para aquecimento de processos e materiais, como secadores de roupas e tecidos, tanto domésticos quanto industriais.

10.8.2 Aquecimento de Água. Os queimadores de chama direta são usados para o aquecimento de água potável ou de processo industrial.

10.8.3 Cozinhar. Fogões, queimadores de fogão, grelhas e fornos de cozinha, domésticos e industriais, são usados para cozinhar.

10.8.4 Refrigeração e Resfriamento. Os gases combustíveis são frequentemente usados como fontes de energia para sistemas de refrigeração e refrigeração de sistemas de absorção.

10.8.5 Motores. Os gases combustíveis são comumente usados como fontes de combustível para motores de veículos estacionários e motorizados e para unidades de energia auxiliares em veículos de serviço, como bombas de energia em caminhões-tanque. Motores estacionários alimentados por gases combustíveis são comumente usados como motores auxiliares ou de emergência para geração de energia elétrica ou bombas de incêndio.

10.8.6 Iluminação. Embora comumente usado para iluminação no início do século 20, a maioria dos sistemas de iluminação a gás combustível foram substituídos por eletricidade. A exceção mais comum são as lâmpadas a gás usadas para iluminação externa. As principais aplicações de iluminação residencial incluem pátios, pátios, calçadas, varandas, áreas de lazer e piscinas. As aplicações comerciais incluem ruas, centros comerciais, aeródromos, hotéis e restaurantes. Esses usos de iluminação de gases combustíveis incluem chamas de gás ornamental para memoriais ou efeitos decorativos. Esses sistemas geralmente envolvem linhas de combustível subterrâneas, que podem não ser enterradas o suficiente ou protegidas o suficiente contra danos externos.

10.8.7 Incineradores, Banheiros e Exaustores Pós-combustores. Incineradores domésticos, comerciais, industriais e alimentados a gás, banheiros e pós-combustores de exaustão são usados para queimar lixo, refugo, lixo, sólidos animais e resíduos orgânicos, bem como resíduos gasosos, líquidos ou semi-sólidos de processos industriais .

10.9 Investigando Incidentes em Sistemas de Gás Combustível. Uma vez determinado que um sistema de gás combustível influenciou a forma como um edifício queimou, seja como fonte de combustível, como fonte de ignição, como combustível e fonte de ignição, ou fornecendo propagação adicional do fogo, o sistema deve ser analisado. Essa análise deve fornecer informações sobre a maneira e a extensão em que o sistema de gás combustível pode estar envolvido na origem ou causa do incêndio ou explosão.

10.9.1A investigação de incidentes de gás combustível em edifícios pode ser uma tarefa extremamente complicada, técnica, científica e potencialmente perigosa, exigindo conhecimento especializado, treinamento e experiência. Investigadores confrontados com a necessidade de investigar uma cena de incidente com gás combustível que exceda os recursos disponíveis ou que esteja além de seu conhecimento ou experiência devem proteger a cena para preservar as evidências e se esforçar para obter conhecimento técnico e recursos adequados para realizar a investigação da cena em forma segura e correta.

10.9.2 Análise do Sistema de Gás Combustível. Tal análise deve ser um exame detalhado do sistema de gás combustível. Cada componente do sistema deve ser avaliado para determinar se, e para em que medida operou ou falhou e em que medida contribuiu para o incêndio ou explosão.

10.9.2.1 Medidas e Diagramas Necessários. As medições e diagramas necessários para uma análise adequada de um sistema de gás combustível incluem detalhes da estrutura envolvida; a tubulação e equipamentos de fornecimento de gás combustível, incluindo materiais de tubulação, comprimentos e tamanhos; bem como válvulas, conectores e conexões. Essas medições e diagramas devem incluir todo o sistema de tubulação e componentes desde os equipamentos e aparelhos de utilização até a fonte de gás combustível (ou seja, tanque, cilindro ou principal). Devem ser feitas anotações das várias pressões e taxas de fluxo, rupturas óbvias na tubulação e as posições e configurações (aberta, fechada) das válvulas e controles.

10.9.2.1.1 Os diagramas podem ser feitos em uma escala aproximada apropriada ou podem ser de natureza esquemática ou isométrica.*[Consulte a Figura 10.9.2.1.1(a) e a Figura 10.9.2.1.1(b).]*

10.9.3 Conformidade com Códigos e Normas.

10.9.3.1A NFPA*Códigos Nacionais de Incêndio*, bem como muitos outros códigos de incêndio e padrões da indústria de gás, especificam uma ampla variedade de regras de segurança para a instalação, manutenção, serviço e enchimento de sistemas de gás combustível. O não cumprimento de um ou mais desses padrões pode causar ou contribuir para um incêndio ou explosão de gás combustível.

10.9.3.2O projeto, fabricação, construção, instalação e uso dos vários componentes do sistema de gás combustível devem ser avaliados quanto à conformidade com os códigos e padrões apropriados. Qualquer relação entre uma violação dos códigos e padrões aceitos e o incêndio ou explosão deve ser observada.

10.9.4 Vazamento. Vazamentos de tubulações e equipamentos são a principal causa de incêndios e explosões movidos a gás. Comumente, os vazamentos ocorrem em junções de tubos, em luzes piloto ou queimadores apagados, em tubos e saídas sem tampa, em áreas de corrosão em tubos ou por danos físicos nas linhas de gás.

10.9.4.1 Junções de Tubulação. Conexões inadequadas entre os elementos da tubulação, como rosqueamento inadequado (giros insuficientes para estanqueidade ao gás), rosqueamento inadequado (rosca cruzada ou rosca direita mesclada com rosca esquerda) ou uso inadequado de composto de junta de tubo (muito ou muito pouco) pode causar vazamentos de gás. As junções de tubos também são os locais mais comuns que vazam como resultado de danos físicos aos sistemas de tubulação de gás combustível.*(Consulte 10.9.4.8.)*

10.9.4.2 Luzes Piloto. Os sistemas modernos de luz piloto são projetados para evitar o fluxo de gás para os queimadores do aparelho se as luzes piloto não estiverem queimando pelo uso de um termopar para detectar a chama piloto. Esses pilotos poderiam permanecer abertos se seus mecanismos de desligamento automático não conseguissem fechar o fluxo de gás. A fuga de gás de pilotos apagados não é grande o suficiente para produzir volumes de gás suficientes para alimentar incêndios ou explosões significativos, exceto em espaços com pouca ou nenhuma ventilação. Muitos aparelhos modernos possuem sistemas de luz piloto que não permitem o fluxo de gás a menos que os pilotos estejam acesos, ou então possuem sistemas de ignição eletrônica que não requerem nenhuma luz piloto.

10.9.4.3 Queimadores apagados. Em alguns sistemas de aparelhos a gás, um queimador pode emitir gás mesmo se a luz piloto não estiver acesa. Esta emissão de gás geralmente produzirá gás suficiente para alimentar uma explosão ou incêndio, mesmo em salas ou estruturas bem ventiladas.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

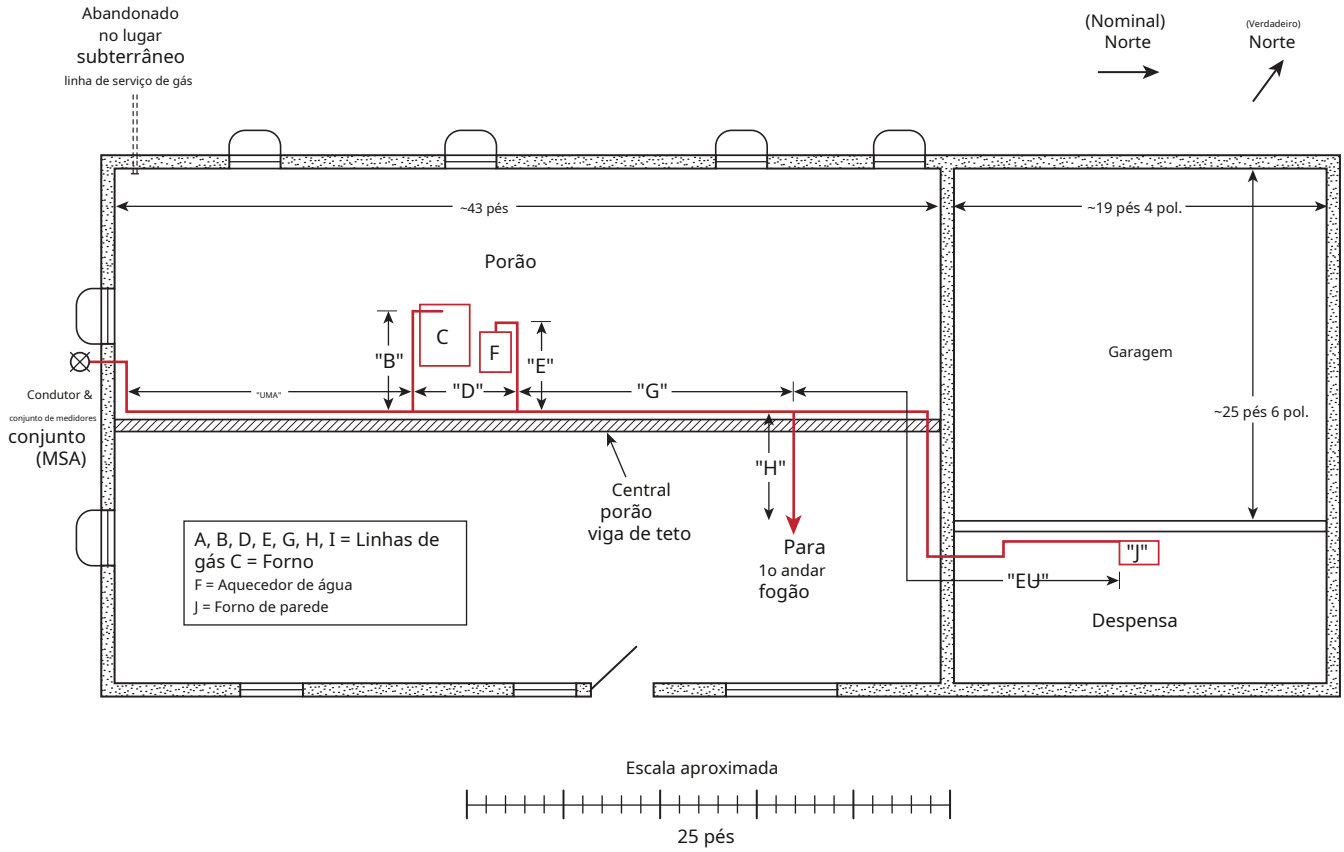


FIGURA 10.9.2.1.1(a) Exemplo de um diagrama de tubulação de gás combustível em escala.

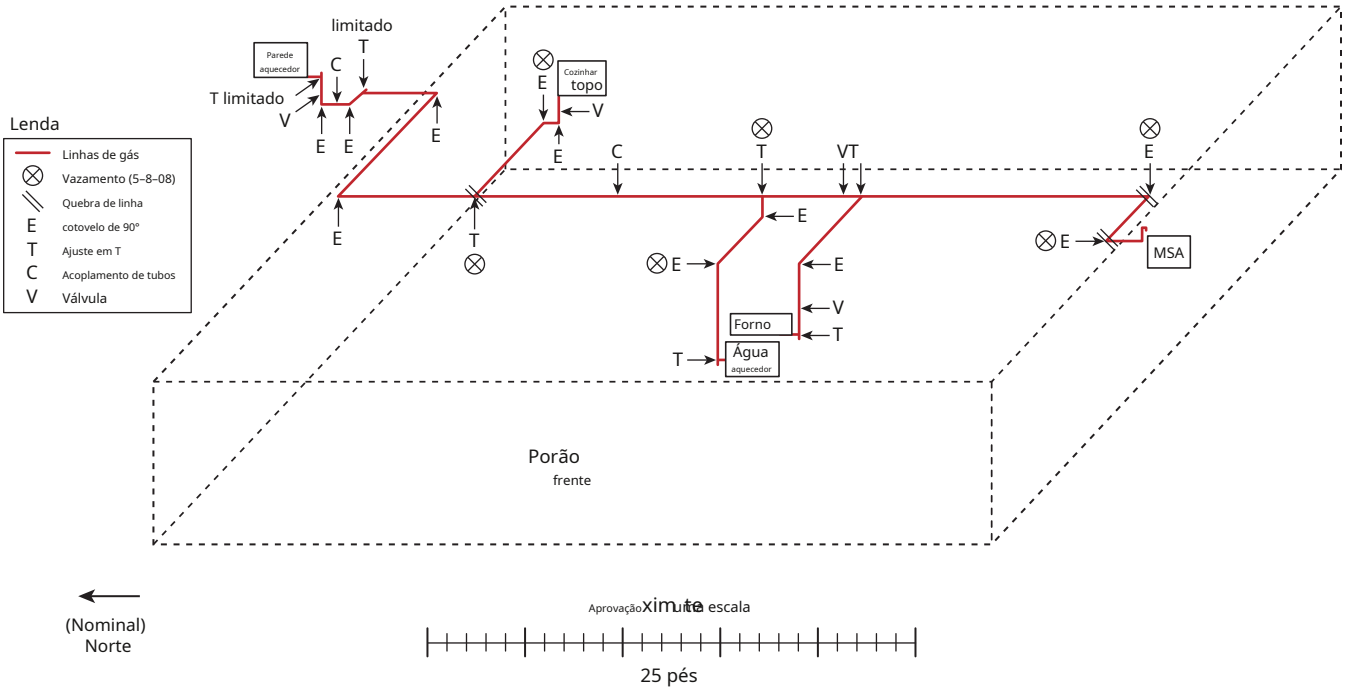


FIGURA 10.9.2.1.1(b) Exemplo de um diagrama de tubulação de gás combustível isométrico em escala.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

10.9.4.4 Tubos e Saídas Sem Tampa. Uma fonte comum de grandes quantidades de gás fugitivo são as tubulações e saídas abertas e sem tampa. Tais situações ocorrem quando os aparelhos a gás são removidos e suas saídas ou tubulações não são tampadas conforme exigido pela NFPA 54. Pessoas desavisadas então ligam o gás de válvulas remotas, o que causa vazamentos de alto volume.

10.9.4.5 Aparelhos e controles com defeito.O mau funcionamento e vazamento de aparelhos a gás ou controles de utilização de gás, como válvulas, reguladores e medidores, também podem produzir gás fugitivo. Muitas vezes, as conexões e junções de tubulação dentro dos aparelhos podem ser fontes de vazamento. As válvulas de corte podem vazar gás fugitivo através dos materiais de vedação projetados para vedar os corpos das válvulas das alavancas de ativação. As válvulas podem permitir a passagem de gás quando deveriam estar fechadas, devido a sujeira ou detritos em seus mecanismos de operação ou devido a danos físicos ou emperramento dos mecanismos.

10.9.4.6 Reguladores. As falhas nos reguladores de gás geralmente se enquadram em uma das três categorias: falhas no diafragma interno, falhas na vedação tipo borracha que controla a entrada de gás no regulador ou falhas nas aberturas. Cada uma dessas categorias de falhas pode resultar na falha do regulador em reduzir a pressão de saída para níveis aceitáveis ou na produção de gases fugitivos.

10.9.4.7 Corrosão. Os tubos metálicos estão sujeitos à corrosão. A corrosão foi relatada como a causa de até 30% de todos os vazamentos de gás conhecidos. A corrosão pode ser causada pela oxidação de tubos de metal ferroso (ferrugem); eletrólise entre metais diferentes, metal e água, metal e solo, ou correntes parasitas; ou mesmo organismos microbiológicos. A corrosão pode ocorrer acima ou abaixo do nível do solo e, posteriormente, pode liberar gases fugitivos.

10.9.4.7.1 Como o tamanho dos vazamentos de corrosão é cumulativo à medida que a corrosão continua, pode levar longos períodos de tempo para que os vazamentos de corrosão se desenvolvam em tamanho suficiente para produzir gás fugitivo suficiente para superar os efeitos de dissipação da ventilação ou dispersão através do solo para o solo. ar.

10.9.4.7.2A corrosão sob tensão de conectores de eletrodomésticos de latão flexível demonstrou ser um fator em muitos incêndios e explosões residenciais.

10.9.4.8* Dano Físico.Danos físicos aos sistemas de gás combustível podem causar vazamentos. A tensão aplicada nos sistemas de tubulação de gás pode se manifestar nas junções e uniões dos tubos. Como os cotovelos dos tubos, conexões em T e acoplamentos são mais rígidos e mais fortes do que os tubos que conectam, e como as extremidades rosqueadas são mais fracas do que o restante dos tubos, os danos por tensão geralmente ocorrem nas partes rosqueadas dos tubos imediatamente adjacentes aos tubos. os encaixes da tubulação.

Δ **10.9.4.8.1**Os vazamentos criados por tal tensão podem se desenvolver em junções distantes do ponto real de contato físico (por exemplo, se um automóvel colidir com um medidor de gás, a tensão na tubulação subterrânea do sistema pode causar um vazamento em uma união de tubulação subterrânea muitas vezes metros de distância; o movimento de um gás se afasta de uma parede ; subsidência do solo) pode esticar o tubulação de gás e causar um vazamento na junção da tubulação flexível e a linha de gás principal rígida ou em uma junção dentro da própria faixa.*(Consulte a Figura 10.9.4.8.1.)*

10.9.4.8.2 As tubagens ocultas no subsolo e nas paredes são frequentemente danificadas pelos trabalhos de construção. Os tubos foram perfurados por ferramentas de escavação, pregos, parafusos, brocas, ferramentas de corte e outras ferramentas. Quando pregos ou parafusos perfuram as tubulações de gás, o vazamento resultante



FIGURA 10.9.4.8.1 **Encaixe de gás rachado pode causar gás Vazamento ou pode ser o resultado do evento.**

os orifícios podem ser em grande parte tapados e assim permanecer até que o prego ou parafuso seja removido ou desalojado, por exemplo, por assentamento da estrutura. Portanto, vazamentos de pregos e parafusos podem permanecer indetectáveis até muito tempo após o dano original.

10.9.5 Teste de Pressão.

10.9.5.1 Geral.

10.9.5.1.1 Os sistemas de tubulação de combustível são projetados para reter gás moderadamente pressurizado. A presença de vazamentos no sistema pode ser determinada pela detecção de uma queda de pressão dentro do sistema fechado. Antes que a tubulação seja usada para tais testes, quaisquer partes obviamente danificadas do sistema devem ser isoladas e tampadas. Às vezes será necessário testar a tubulação em duas ou mais seções, uma de cada vez.

10.9.5.1.2 Ao isolar partes da tubulação que foram danificadas por incêndio ou explosão, pode ser necessário cortar, rosquear novamente e tampar os tubos individuais. Pode ser possível vedar seções de tubulação danificadas pelo uso de tubos flexíveis, braçadeiras de mangueira e tampas, sem a necessidade de rosquear e tampar as linhas. Junções de parafuso, uniões, Ts ou cotovelos não devem ser desaparafusados para isolar uma seção. Fazer isso pode destruir evidências de conexões precárias existentes.

10.9.5.2 Teste do Medidor de Gás.

10.9.5.2.1 Se for decidido que é seguro usar o gás combustível real do sistema, o próprio medidor de gás pode ser usado para detectar um fluxo de gás. Depois de verificar primeiro se o medidor está funcionando corretamente e não foi danificado pela explosão ou incêndio, ou não foi desviado, o gás é reintroduzido no sistema através do medidor e o mostrador é observado para determinar se o gás está escapando em algum lugar Rio abaixo. O medidor deve ser observado com a agulha no movimento ascendente e a observação deve continuar por até 30 minutos.

10.9.5.2.2A NFPA 54 recomenda que se nenhum vazamento for detectado com o teste do medidor de gás, o teste deve ser repetido com um pequeno queimador de gás aberto e aceso, o que mostrará se o medidor está funcionando corretamente.

10.9.5.3* Método de Queda de Pressão.Um sistema de tubulação de gás também pode ser testado pelo método de queda de pressão. Neste método, o sistema é pressurizado com ar ou um gás inerte, como nitrogênio ou dióxido de carbono. Para sistemas incluindo aparelhos operando

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

a pressões manométricas de 3,4 kPa (0,5 psi) ou menos, o teste pode ser realizado com o próprio gás combustível entre 2,5 kPa e 3,5 kPa (10 pol. wc e 14 pol. wc) por 10 minutos. Os métodos de teste estão listados na NFPA 54 e NFPA 58.

10.9.6 Localizando Vazamentos. Vazamentos na tubulação de gás combustível podem ser localizados por um ou mais dos métodos de 10.9.6.1 a 10.9.6.4.

10.9.6.1 Teste de Bolhas de Sabão. Vazamentos em junções de tubos, conexões e conexões de aparelhos podem ser detectados aplicando soluções de bolhas de sabão na área suspeita de vazamento. Se o sistema estiver pressurizado, a produção de bolhas na solução revelará o vazamento. Após o teste, a área deve ser enxaguada com água para evitar possível corrosão ou rachaduras por tensão. A Figura 10.9.6.1 ilustra um teste de bolha de gás combustível vazando de uma conexão em T da tubulação.

10.9.6.2 Pesquisas de Detectores de Gás. Instrumentos de detecção de gás, conhecidos como indicadores de gás inflamável, indicadores de gás combustível, medidores de explosão ou "farejadores", podem ser usados como dispositivos de pesquisa para detectar a presença de gases combustíveis fugitivos, gases de hidrocarbonetos ou vapores na atmosfera. Muitos instrumentos também detectarão a presença de outros gases ou vapores combustíveis, como amônia, monóxido de carbono e outros, portanto, o operador deve estar totalmente ciente das capacidades e limitações do instrumento que está sendo usado.

10.9.6.2.1 Do lado de fora das estruturas, a atmosfera é testada em todas as aberturas disponíveis no pavimento onde possam estar presentes gases que tenham escapado da rede e das linhas de serviço. Os testes devem ser feitos ao longo de rachaduras de pavimentos, linhas de meio-fio, bueiros e aberturas de esgoto, caixas de válvulas e meio-fio, bacias de captação e em orifícios de barras acima e ao longo das tubulações de gás.

10.9.6.2.2A localização das linhas de gás subterrâneas pode ser aprendida a partir de mapas da concessionária ou pelo uso de um dispositivo localizador eletrônico. Esses dispositivos induzem ondas eletromagnéticas na terra. Qualquer tubo metálico no campo de ondas atua como um caminho para a corrente de retorno e é captado pela unidade receptora do dispositivo. Um tom de áudio ou agulha de medidor analógico indica então a presença de uma linha subterrânea. Quando tubos de plástico são usados, um fio de localização metálico é geralmente enterrado junto com o tubo para permitir que os dispositivos de localização sejam utilizados.



FIGURA 10.9.6.1 Um teste de bolha de vazamento de gás combustível de uma tubulação em T-Fitting.

10.9.6.2.3 Dentro das estruturas, as junções e uniões da tubulação de gás podem ser testadas. Os espaços onde os gases fugitivos podem se acumular e bolsar também devem ser testados. Gravidade Específica o combustível gases devem ser lembrados. Se houver suspeita de gás natural mais leve que o ar, as áreas superiores das salas nas estruturas devem ser testadas. Se houver suspeita de GLP mais pesado que o ar, níveis mais baixos devem ser verificados.

10.9.6.3 Furação da Barra. Furos de barra são furos conduzidos na superfície do solo ou pavimento com barras de metal pesadas ou brocas. A perfuração de barras envolve a abertura sistemática de furos em intervalos regulares ao longo do caminho e para ambos os lados das linhas de gás subterrâneas e o teste da atmosfera subsuperficial com um detector de gás. Os resultados desses testes são registrados em um gráfico ou tabela conhecido como gráfico de furo de barra. Uma comparação das leituras de porcentagem de gás fugitivo de cada furo de barra pode indicar a localização de um vazamento de gás subterrâneo.

10.9.6.4 Levantamentos de Vegetação. Durante um período de tempo, alguns dos componentes dos gases combustíveis fugitivos de vazamentos subterrâneos podem ser prejudiciais à grama, árvores, arbustos e outras vegetações. Quando os sistemas radiculares das plantas são submetidos ao gás de vazamentos subterrâneos, as plantas podem ficar marrons, atrofiar em seu crescimento ou morrer. Vazamentos subterrâneos de longa data, que permeiam o solo e se dissipam no ar, podem ser localizados pela presença de grama morta ou outra vegetação sobre a área do vazamento.

10.9.7 Testando Taxas de Vazão e Pressões. Se os reguladores ou outros aparelhos a gás e componentes de serviço não foram severamente danificados pelo fogo, eles podem ser testados para verificar se estão funcionando corretamente. Esses testes podem ser realizados com uma variedade de gases não inflamáveis e inflamáveis, incluindo ar, nitrogênio, hélio ou gases combustíveis reais para o sistema (ou seja, gás natural, propano ou butano). Quando gases inflamáveis são usados, certifique-se de eliminar todas as fontes de ignição. Com o uso de equipamentos de laboratório ou de campo adequados, as pressões de bloqueio e de fluxo, bem como as taxas de fluxo normal ou de vazamento, podem ser determinadas. Nesses testes, os dados resultantes devem ser ajustados do gás do meio de teste para os gases para os quais os dispositivos foram projetados. Esses ajustes são baseados nas densidades relativas de vapor dos gases.*(Consulte a Figura 10.9.7.)*

10.9.8 Coleta de Tubulações de Gás. Ao coletar tubulações de gás, devem ser tomadas medidas para manter o valor probatório. Junções de parafuso, uniões, T ou cotovelos não devem ser desaparafusados ou apertados para isolar uma seção. Fazer isso pode destruir evidências de conexões precárias existentes. Marcas longitudinais devem ser colocadas em cada local de junção e corte para garantir a reconstrução precisa da relação espacial da tubulação.*(Consulte a Figura 10.9.8.)*

10.9.9* Migração Subterrânea de Gases Combustíveis.

10.9.9.1 Geral.

10.9.9.1.1É comum que os gases combustíveis que vazaram de sistemas de tubulação subterrâneos migrem para o subsolo (às vezes por grandes distâncias), entrem em estruturas e criem atmosferas inflamáveis. Os gases combustíveis mais leves que o ar e mais pesados que o ar podem migrar através do solo; seguir o exterior das linhas subterrâneas; e infiltrar-se em linhas de esgoto, condutas eléctricas ou telefónicas subterrâneas, telhas de drenagem, ou mesmo directamente através de paredes de caves e fundações, nenhuma das quais é tão estanque ao gás como as linhas de água ou gás.*[Consulte a Figura 10.9.9.1.1(a) e a Figura 10.9.9.1.1(b).]*

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 10.9.7 Exemplo de Equipamento de Campo para Teste Taxa de fluxo (cinco metros à esquerda) e pressão de linha (manômetro digital à direita).

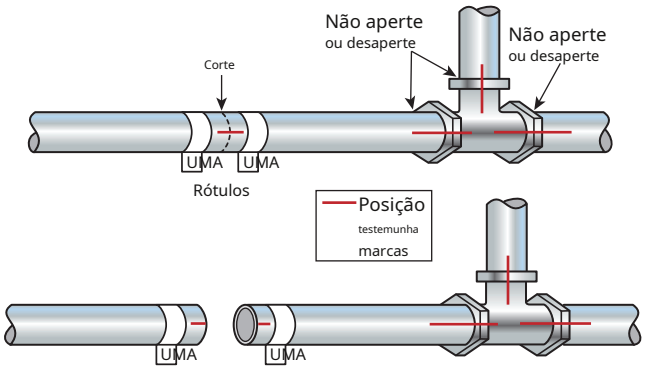


FIGURA 10.9.8 Um método intrusivo, não destrutivo Marcação e corte de tubulações de gás combustível de maneira que as relações das extremidades cortadas sejam registradas.

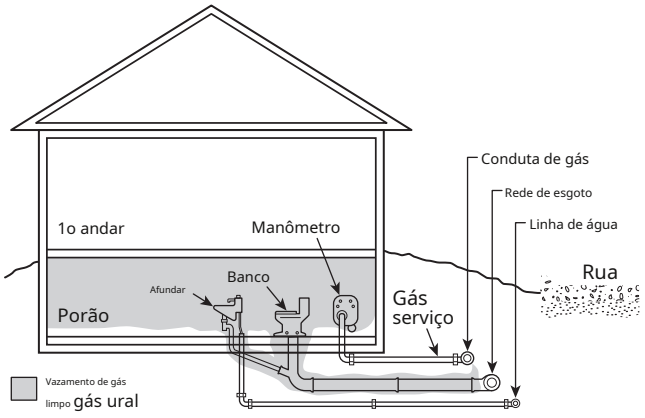


FIGURA E 10.9.9.1.1(a) Gás migrando ao longo da linha de esgoto em th e casa, depois Vazamento no T de serviço.

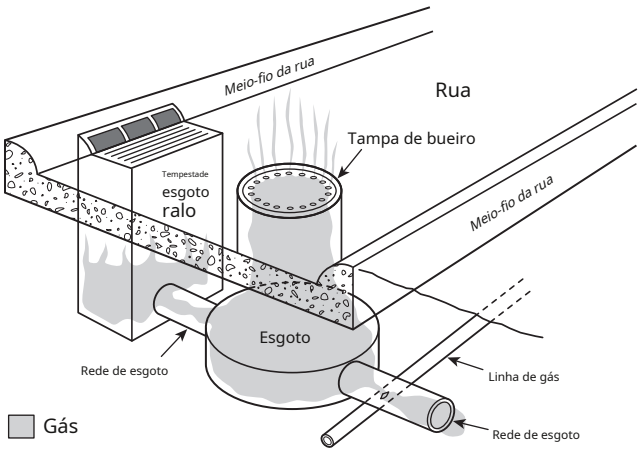


FIGURA 10.9.9.1.1(b) Um exemplo de como um vazamento de gás pode entrar em um sistema de esgoto.

10.9.9.1.2 Esses gases também tendem a migrar para cima, penetrando no solo e se dissipando inofensivamente na atmosfera. Se o caminho de migração é lateral ou ascendente, é em grande parte uma questão de qual caminho oferece a menor resistência ao deslocamento do gás fugitivo, a profundidade em que o vazamento existe, a profundidade de quaisquer linhas laterais enterradas que o gás possa seguir e a natureza da superfície do solo. Se a superfície do solo estiver obstruída por chuva, neve, terra congelada ou pavimentação, os gases podem ser forçados a viajar lateralmente. Não é incomum que um vazamento de longa data tenha se dissipado inofensivamente no ar até que a superfície do solo mude, como pela instalação de nova pavimentação ou por chuvas fortes ou congelamento, e depois ser forçado a migrar lateralmente e entrar uma estrutura, alimentando um incêndio ou explosão.

10.9.9.2* Remoção de odorante do gás.Um gás odorizado pode perder odor por vários mecanismos diferentes. Essa perda de odor também foi denominada *odor desaparecer*. Este é um assunto complexo, e para uma compreensão mais profunda o leitor deve consultar as referências citadas no Anexo B. Algumas das questões importantes na perda de odor são resumidas em 10.9.9.2(A) a 10.9.9.2(D).

(A) Perda de odorante devido à migração de gás no solo. Os odores de gás podem ser removidos por solos secos e argilosos, e não por areia, argila ou solos altamente orgânicos. Certos componentes odoríferos são melhores que outros em termos de capacidade de resistir à adsorção por solos argilosos. Um grande vazamento proporciona menor tempo de contato com o solo argiloso e resulta em menores perdas por adsorção.

(B) Perda de odorante devido à adsorção de odorante nas paredes de tubos e recipientes. Todos os componentes odoríferos são adsorvidos até certo ponto pelas paredes do tubo ou do recipiente. Isto é particularmente verdadeiro para novos tubos (aço ou plástico) e novos recipientes de propano. Muitas empresas de gás natural tratam o gás em novas seções com uma dose mais pesada de odorante depois que a seção é colocada em serviço. A prática da indústria de propano, conforme encontrada no boletim de segurança T133 da National Propane Gas Association, exige que os novos recipientes de propano sejam purgados de ar e vapor de água antes de serem colocados em serviço. Os odorantes de gás podem ser adsorvidos em tubos de gás que estiveram em serviço contínuo, se as taxas de fluxo de gás forem inferiores ao normal.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

(C) Perda de odorante devido à oxidação do odorante. Os odorantes mercaptânicos podem ser oxidados por óxido férrico (ferrugem vermelha), que pode ser encontrado em tubulações novas e em tanques de LP novos ou fora de serviço.

(D) Perda de odorante por absorção.A absorção é um fenômeno que requer a dissolução do odorante em um líquido. Pode ocorrer em sistemas de gás natural que tenham problemas com condensados líquidos em suas linhas de distribuição. O líquido mais comum disponível no ambiente é a água. Todos os odorantes têm uma baixa solubilidade em água.

Capítulo 11 Comportamento Humano Relacionado ao Fogo

11.1* Introdução. A iniciação, desenvolvimento e As consequências de muitos incêndios e explosões estão direta ou indiretamente relacionadas às ações e omissões de pessoas associadas à cena do incidente. Como tal, as análises do comportamento humano relacionado ao fogo muitas vezes serão parte integrante da investigação.

11.1.1 Este capítulo discute resultados de pesquisas associadas a fatores que contribuem para o comportamento humano relacionado ao fogo: como as pessoas reagem a emergências de incêndio, tanto como indivíduos quanto em grupos; fatores relacionados ao início do fogo; fatores relacionados à propagação e desenvolvimento do fogo; fatores relacionados à segurança da vida; e fatores relacionados à segurança contra incêndio.

11.1.2 As informações discutidas neste capítulo são baseadas em pesquisas realizadas por especialistas nas áreas de análise de cenas de incêndio e comportamento humano. A análise do comportamento humano não substitui uma investigação completa e devidamente conduzida. Embora a análise do comportamento humano forneça insights investigativos valiosos, essa análise deve ser integrada à investigação total.

Δ **11.1.3**Para obter mais informações sobre o comportamento humano relacionado ao fogo, consulte o*Guia SFPE para Comportamento Humano em Incêndios*, que fornece um resumo da pesquisa relacionada às características dos ocupantes, notificação dos ocupantes, tomada de decisão pelos ocupantes e movimento através dos caminhos de saída.

11.2 História da Pesquisa.O comportamento humano relacionado ao fogo começou a emergir como um campo distinto de estudo no início dos anos 1970. Em 1972, o pesquisador inglês Peter G. Wood, pioneiro na área, completou um estudo de ocupantes em 952 incidentes de incêndio, publicado como Fire Research Note #953. Alguns anos depois, John L. Bryan, pesquisador americano e professor de engenharia de proteção contra incêndio na Universidade de Maryland, publicou os resultados de seus extensos estudos sobre comportamento em incêndios. Bryan resumiu seu trabalho e muito do trabalho de outros pesquisadores neste campo. Este resumo consta do capítulos seguintes de a *SFPE Manual de Engenharia de Proteção contra Incêndios* : Selecionando Cenários para Análise Determinística de Engenharia de Segurança contra Incêndios, Segurança da Vida dos Ocupantes e Comportamento Humano em Incêndios e Empregando o Modelo Hidráulico na Avaliação de Movimentos de Emergência mento.

11.3 Considerações Gerais de Respostas Humanas a Incêndios. Current accepted research indicates that there are myriad factors that affect an individual's or group's human behavior preceding, during, and following a fire or explosion incident. These factors can be broadly classified and evaluated as charac- teristics of the individual, characteristics of population groups, characteristics of the physical setting, and characteristics of the fire or explosion itself. A careful analysis and evaluation of these factors and their interaction with one another will fornecem informações valiosas sobre o papel do comportamento humano relacionado ao fogo para qualquer incidente específico. Esses fatores foram extensivamente examinados na publicação da US Fire Administration, "Fire Related Human Behavior," (1994). Essas informações estão resumidas em 11.3.1 a 11.3.2.4.

11.3.1 Indivíduo.O comportamento humano relacionado ao fogo é afetado pelas características do indivíduo de várias maneiras. Essas características são compostas por fatores fisiológicos, incluindo limitações físicas, limitações de compreensão cognitiva e conhecimento do ambiente físico. Cada uma dessas características afeta a capacidade do indivíduo de reconhecer e avaliar com precisão os perigos apresentados por um incidente de incêndio ou explosão ou a capacidade do indivíduo de responder adequadamente a esses perigos.

11.3.1.1 Limitações Físicas. As limitações físicas que podem afetar a capacidade de um indivíduo de reconhecer e reagir adequadamente aos perigos apresentados por um incidente de incêndio ou explosão incluem idade (no que se refere à mobilidade), deficiências físicas, intoxicação, lesões ou condições médicas incapacitantes ou limitantes e outras. circunstâncias que limitam a mobilidade de um indivíduo. Tais limitações devem ser consideradas ao avaliar o comportamento humano relacionado ao fogo de um indivíduo, porque tendem a restringir ou limitar a capacidade de uma pessoa de tomar as medidas adequadas em resposta a um incêndio ou explosão. Os muito velhos e os muito jovens são os mais afetados pelas limitações físicas.

11.3.1.2 Limitações da Compreensão Cognitiva. Limitações de compreensão cognitiva, que podem afetar a capacidade de um indivíduo de reconhecer e reagir aos perigos apresentados por um incêndio ou explosão, incluem idade e nível de compreensão mental, nível de descanso, uso de álcool, uso de drogas legais ou ilegais, deficiências de desenvolvimento , doença mental e inalação de fumaça e gases tóxicos. Essas limitações cognitivas são mais propensas a afetar a capacidade de um indivíduo de avaliar os perigos apresentados por um incêndio ou explosão. Muitas vezes, essas limitações são responsáveis por respostas atrasadas ou inadequadas a esses perigos. As crianças podem não reconhecer um perigo e escolher uma resposta inadequada, como esconder ou procurar um dos pais. Muitas vezes uma vítima pode ser afetada por múltiplos agentes (por exemplo, álcool ingerido em um período de pré-ignição e monóxido de carbono em um período de pós-ignição). Os investigadores devem avaliar cuidadosamente todas as possibilidades antes de fazer suposições. O comportamento muitas vezes considerado inadequado pode ser devido à confusão causada por gases tóxicos.

11.3.1.3 Familiaridade com Ambiente Físico.A familiaridade de um indivíduo com o ambiente físico em que ocorre um incidente de incêndio ou explosão pode afetar o comportamento de um indivíduo. Por exemplo, uma pessoa seria mais capaz de julgar com precisão o desenvolvimento e a progressão de um incêndio em sua própria casa do que em um hotel. É importante notar, entretanto, que limitações físicas e cognitivas podem minimizar as vantagens de estar familiarizado com o ambiente físico. Consequentemente, pode parecer que uma pessoa se "perdeu" em sua casa.

11.3.2 Groups. O comportamento de um indivíduo relacionado ao fogo é afetado por mais do que suas características. Ao interagir com outras pessoas, o comportamento de um indivíduo provavelmente mudará e será ainda mais afetado por sua interação com esse grupo populacional e suas características. Essas características do grupo estão relacionadas ao tamanho do grupo, estrutura, permanência e seus papéis e normas.

11.3.2.1* Tamanho do Grupo.Pesquisas e dados experimentais indicam que, quando os indivíduos são membros de um grupo, eles são

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

menos propensos a reconhecer ou reagir adequadamente às pistas sensoriais que um incidente de incêndio ou explosão apresenta. Essa tendência aumenta à medida que o tamanho do grupo aumenta. Pesquisas sugerem que esse comportamento humano relacionado ao fogo ocorre porque os indivíduos em grupos atrasam suas respostas a essas pistas sensoriais até que outros no grupo também reconheçam essas pistas e reajam. A mesma pesquisa sugere que isso ocorre porque a responsabilidade de tomar as medidas apropriadas é, na verdade, difundida entre o grupo.

11.3.2.2* Estrutura do Grupo.A estrutura de um grupo também pode afetar o comportamento relacionado ao fogo tanto do grupo quanto de seus membros individuais. Geralmente, quando o grupo possui uma estrutura formalizada com lideranças ou figuras de autoridade definidas e reconhecidas, o grupo tende a reagir a incidentes de incêndio e explosão de forma mais rápida e ordenada. No entanto, a reação nem sempre é adequada. Exemplos de tais grupos incluem populações escolares, populações hospitalares, populações de lares de idosos e populações de instalações religiosas. Os comportamentos em 11.3.2.2.1 e 11.3.2.2.2 foram observados.

11.3.2.2.1 Pesquisas indicam que a interação entre os membros individuais desses grupos resulta em um senso de responsabilidade para o grupo como um todo. Como tal, um indivíduo pode estar mais propenso a alertar os outros em seu grupo sobre a ameaça do que se estivesse interagindo com um grupo de estranhos.

11.3.2.2.2 Quando tal grupo toma conhecimento de um incêndio ou explosão, sua organização e coesão necessárias provavelmente resultarão em uma resposta mais ordenada a tal ameaça.

11.3.2.3 Permanência do Grupo.

11.3.2.3.1A permanência do grupo refere-se a quão bem estabelecido é um grupo ou por quanto tempo um determinado grupo de indivíduos interagiu uns com os outros. Intimamente relacionada aos efeitos da estrutura do grupo, a permanência de um grupo também pode afetar o comportamento do grupo e de seus membros individuais.

11.3.2.3.2 Pesquisas indicam que grupos mais estabelecidos (como famílias, equipes esportivas ou clubes) serão mais formalizados e estruturados e, portanto, reagirão de maneira diferente durante um incidente de incêndio ou explosão do que um grupo novo ou transitório (como um shopping center). população do shopping). Este último é mais propenso a exibir uma infinidade de comportamentos individuais conflitantes, pois cada membro do grupo responde e reage por conta própria.

11.3.2.4 Funções e Normas.

11.3.2.4.1 Os papéis e normas de um grupo também afetam seu comportamento relacionado ao fogo. As normas de um grupo podem ser influenciadas por gênero, classe social e composição ocupacional ou educacional.

11.3.2.4.2 Os papéis de gênero costumam ser um fator predominante durante os incidentes de incêndio e explosão. Pesquisas indicam, por exemplo, que as mulheres são mais propensas a relatar um incêndio ou explosão imediatamente, enquanto seus colegas do sexo masculino podem atrasar a comunicação do incidente, optando por se envolver em esforços de supressão ou outros esforços de mitigação.

11.3.3 Características do Ambiente Físico. As características do ambiente físico em que ocorre um incêndio afetam o desenvolvimento e a propagação de um incêndio ou explosão. As características do ambiente também afetam o comportamento relacionado ao fogo. Exemplos dessas características incluem a localização das saídas, número de saídas, altura da estrutura, sistemas de alerta de incêndio e sistemas de combate a incêndio.

11.3.3.1 Localizações das Saídas.A localização das saídas disponíveis durante um incidente de incêndio ou explosão pode afetar o comportamento dos ocupantes. Se as localizações das saídas disponíveis não forem conhecidas pelos ocupantes, ou se não forem adequadamente identificadas, podem ocorrer confusão e níveis elevados de ansiedade.

11.3.3.2 Número de Saídas.O número de saídas disponíveis durante um incidente de incêndio ou explosão pode afetar o comportamento dos ocupantes. Um número inadequado de saídas, saídas bloqueadas ou restritas e saídas desprotegidas (ou seja, escadas interiores não pressurizadas ou abertas) podem resultar na exposição dos ocupantes ao fogo e seus subprodutos.

11.3.3.3 Altura da Estrutura.A altura de uma estrutura pode afetar o comportamento de seus ocupantes durante um incidente de incêndio ou explosão. Algumas pessoas acreditam que são menos seguras em edifícios mais altos durante incêndios.

11.3.3.4* Sistemas de Alarme de Incêndio.

11.3.3.4.1 Os sistemas de alarme de incêndio estão entre as variáveis de segurança contra incêndio incorporadas que podem ser críticas para a conscientização de um indivíduo sobre um incêndio. A pesquisa mostrou que as mensagens verbais e diretivas podem ser mais eficazes na criação de respostas, em comparação com as campainhas de alarme e as sirenes sozinhas.

11.3.3.4.2*Alarmes falsos prévios e mau funcionamento do sistema de alarme podem reduzir o efeito positivo de ter um sistema de alarme no edifício, porque os ocupantes podem não responder adequadamente à notificação de alarme. Numerosos alarmes falsos reduzem as respostas apropriadas dos ocupantes ao alarme.

11.3.3.5 Sistemas de Supressão de Incêndio.A presença de sistemas automáticos de extinção de incêndios, se conhecidos, pode afetar o comportamento. O efeito pode ser positivo ou negativo. Um efeito positivo é que o aumento da margem de segurança de tais sistemas proporciona aos ocupantes da estrutura envolvida mais tempo para responder adequadamente aos perigos apresentados pelo incidente. Um exemplo de efeito negativo é a possível diminuição da visibilidade causada pela descarga do agente supressor, que pode impedir a saída.

11.3.4 Características do Incêndio.O comportamento humano relacionado ao fogo está diretamente relacionado à percepção de um indivíduo ou grupo sobre os perigos ou ameaças apresentados a eles por um incêndio ou explosão. As características do próprio fogo tenderão a moldar essas percepções e, assim, afetar o comportamento humano relacionado ao fogo. Exemplos dessas características incluem a presença de chamas ou fumaça e os efeitos de gases tóxicos e depleção de oxigênio.

11.3.4.1 Presença de Chamas.A maioria das pessoas tem percepções não instruídas ou desinformadas dos perigos apresentados por incidentes de incêndio e explosão. Este problema de percepção é especialmente verdadeiro em relação à observação de um indivíduo da presença de chamas visíveis. A visão das chamas faz com que o indivíduo perceba que não se trata de um alarme falso e que algum perigo está presente; no entanto, como as pessoas não entendem a dinâmica e o comportamento do fogo, a presença de pequenas chamas pode não ser reconhecida como uma ameaça imediata, e o comportamento resultante é baseado nessa crença. Consulte o Capítulo 5 para uma discussão mais aprofundada sobre a dinâmica do fogo.

11.3.4.2 Presença de Fumaça. Assim como as chamas visíveis, a presença de fumaça também pode afetar o comportamento relacionado ao fogo. A falta de conhecimento sobre a dinâmica e comportamento do fogo pode resultar em percepções errôneas em relação à fumaça. Os indivíduos podem perceber a fumaça densa e preta como uma ameaça imediata à sua

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

bem-estar físico, enquanto a fumaça leve e cinza pode não ser percebida imediatamente como uma ameaça.

11.3.4.3 Efeitos de Gases Tóxicos e Depleção de Oxigênio. Durante incidentes de incêndio e explosão, os indivíduos muitas vezes inalam os subprodutos da combustão, incluindo os gases tóxicos presentes na fumaça. Além disso, o desenvolvimento e progressão do fogo, bem como a presença desses outros gases, muitas vezes resulta em um esgotamento do oxigênio que originalmente estava presente no ar ambiente. A inalação de gases tóxicos, ou baixos níveis de concentração de oxigênio abaixo de aproximadamente 15 por cento, pode afetar o comportamento de um indivíduo e resultar em mudanças perceptivas e comportamentais. Essas mudanças podem se manifestar em respostas atrasadas ou inadequadas ao incidente. Força, resistência, acuidade mental e capacidade de percepção podem ser severamente diminuídas. Ver 24.5.5.

11.4 Fatores Relacionados ao Início do Incêndio. O início de muitos incidentes de incêndio e explosão é facilitado ou fomentado pelas ações ou omissões de pessoas associadas à cena do incidente. O comportamento humano relacionado ao fogo é muitas vezes a razão pela qual uma fonte competente de ignição está presente ao mesmo tempo e local com um combustível na presença de uma quantidade suficiente de oxigênio.

11.4.1 Fatores Envolvidos em Incêndios Acidentais. As ações ou omissões das pessoas frequentemente resultam em incêndios acidentais. Negligência, descuido, falta de conhecimento, desrespeito aos princípios de segurança contra incêndio ou falha de um indivíduo em estar ciente dos resultados finais de tais ações ou omissões podem ser categorizados em grupos de comportamentos semelhantes. Exemplos desses agrupamentos de comportamento são manutenção inadequada; má arrumação; questões envolvendo rótulos de produtos, instruções e avisos; e violações de códigos e padrões de segurança contra incêndio.

11.4.1.1 Manutenção e Operações Inadequadas.

11.4.1.1.1 Muitos tipos de equipamentos, sistemas, máquinas e aparelhos são potenciais fontes de ignição ou fontes de combustível para incêndio e requerem algum nível de manutenção ou limpeza periódica. As instruções relativas ao tipo de procedimentos de manutenção ou limpeza, bem como um cronograma recomendado para manutenção ou limpeza, são geralmente fornecidos pelo fabricante ou fornecedor. O não cumprimento dessas recomendações pode resultar em incêndio ou explosão. Muitas vezes é relatado ao investigador que as instruções de manutenção ou limpeza que acompanham um equipamento específico não estão disponíveis. Nesses casos, muitas vezes é possível obter essas informações diretamente do fabricante ou fornecedor ou de itens exemplares. O investigador deve, sempre que possível, examinar as instruções e registros de manutenção e limpeza dos equipamentos e aparelhos encontrados na área de origem. Esses registros podem ser úteis quando um aparelho ou equipamento específico está sendo considerado como fonte de ignição ou fonte de combustível.

11.4.1.1.2 Os procedimentos e cuidados de operação de equipamentos e aparelhos também são normalmente fornecidos ao usuário final ou consumidor pelo fabricante ou fornecedor. Pode ser útil para o investigador obter e revisar este tipo de informação ao acessar a condição de um equipamento específico ou um aparelho no momento do incêndio.

11.4.1.2 Limpeza. A falta de medidas de limpeza adequadas também pode contribuir direta ou indiretamente para a ocorrência de incêndios. Exemplos de falta de tais medidas incluem o uso descuidado ou descarte de materiais para fumar, lixo e outros materiais combustíveis. bles acumulados muito perto de uma fonte de ignição, quantidades de poeira ou outras partículas combustíveis ficando suspensas no ar (devido à necessidade de limpeza ou esvaziamento do equipamento de coleta de poeira) no mesmo ambiente que o equipamento que produz chama aberta ou faísca, fiapos nas secadoras e acúmulo de gordura nas áreas de cozimento.

11.4.1.3 Etiquetas, Instruções e Advertências do Produto. A falta de conhecimento ou desrespeito por avisos, instruções, etiquetas, sinais de segurança e informações de segurança do produto apropriados e adequados nos manuais do produto e outros materiais colaterais também podem resultar na ignição acidental de um incêndio. Em muitos casos, o fator de ignição de um incêndio é resultado de atos ou omissões do usuário de um produto. O perigo de atos impróprios ou omissões pode nem sempre ser óbvio para um usuário do produto. Sempre que um produto tiver um potencial de risco para fornecer a fonte de ignição, combustível ou porções de oxigênio do fator de ignição, é responsabilidade do fabricante e fornecedor fornecer etiquetas, instruções e avisos proeminentes e visíveis no produto ou junto com ele. Da mesma forma, cabe ao usuário seguir as advertências e instruções pertinentes.

11.4.1.4 Finalidade das Etiquetas. A finalidade dos rótulos é fornecer ao usuário informações sobre o uso do produto no ponto mais próximo possível de seu uso real. As etiquetas podem assumir várias formas: etiquetas impressas anexadas ao produto; rótulos impressos na embalagem do produto; ou escrita moldada, estampada ou gravada no produto ou em sua embalagem.

11.4.1.5 Objetivo das Instruções. As instruções para um produto destinam-se a informar o usuário sobre como o produto deve ser usado com segurança, sobre a existência de quaisquer perigos e como minimizar qualquer risco para o usuário durante o uso real do produto.

11.4.1.6 Objetivo dos Avisos. O objetivo geral de um aviso é fornecer ao usuário as informações necessárias para usar um produto com segurança ou para tomar uma decisão informada de não usar o produto devido ao seu perigo. Os avisos nos rótulos ou instruções de um produto devem servir a dois objetivos: informar um usuário desconhecido sobre os perigos representados pelo uso ou mau uso do produto, ou lembrar o usuário dos perigos do produto. Os avisos são a terceira prioridade na hierarquia de controle de perigos, também chamada de hierarquia de segurança. A hierarquia básica é tradicionalmente representada como uma pirâmide invertida que representa a força ou eficácia dos controles de risco. *(Consulte a Figura 11.4.1.6.)* Em sua forma mais básica, os avisos servem para fornecer ao usuário informações pertinentes sobre perigos, consequências, sua gravidade e probabilidade e como evitar os perigos, para que o usuário possa tomar uma decisão informada sobre como ou se pode usar o produto. Os avisos podem ser transmitidos de várias maneiras, como sinais, etiquetas ou etiquetas penduradas/etiquetas de bandeira no produto; bulas; informações sobre contêineres; manuais; comunicações verbais; vídeos; brochuras; sites; barreiras; fita barreira; e marcações do piso. Várias estratégias de comunicação podem ser empregadas para ajudar a aumentar a probabilidade de que os avisos sejam percebidos. Outras ferramentas que contribuem para a eficácia do alerta incluem tamanho, contraste, cor, uso conciso de palavras que o usuário deve entender e localização, como visibilidade e proximidade do perigo. Os avisos devem ser empregados e informar os usuários sobre os perigos dos quais eles podem não estar cientes, que não são abertos e óbvios ou razoavelmente detectáveis. Consistente com a hierarquia de controle de perigos, um aviso não é um substituto aceitável para controles de projeto ou de proteção.

11.4.1.7 Elementos Chave de uma Advertência Adequada. De acordo com os regulamentos federais, para que os avisos sejam apropriados

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

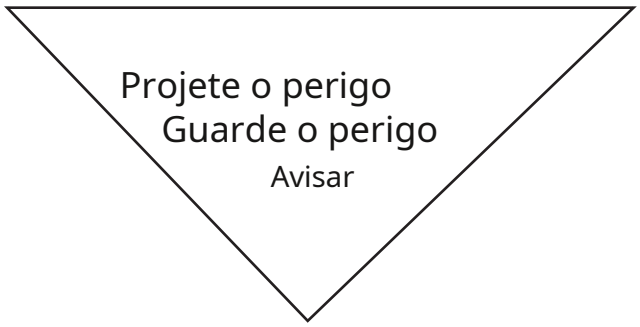


FIGURA 11.4.1.6 A Hierarquia da Segurança do Produto.

e eficaz, há certos elementos-chave que devem estar presentes: uma palavra de alerta, uma declaração do perigo, uma declaração de como evitar o perigo e explicações das consequências do perigo.

11.4.1.7.1 Palavra de Alerta.A palavra de alerta ou palavra de sinalização é o primeiro sinal para o usuário de que existe um perigo. "Cuidado", "Aviso" ou "Perigo" são as palavras de alerta mais usadas e aprovadas. Por meio de seu significado, estilo de tipo, tamanho de tipo e contraste, a palavra de alerta é projetada para chamar a atenção do usuário para o aviso que se segue e para fornecer algum conceito do grau de perigo. A maioria dos padrões afirma que as palavras de alerta "Cuidado", "Aviso" e "Perigo", respectivamente, significam níveis crescentes de perigo e risco. ANSI Z535.4,*Sinais e etiquetas de segurança do produto*, fornece as seguintes definições:

(1) CUIDADO: Indica uma situação potencialmente perigosa que, se não for evitada, pode resultar em ferimentos leves ou moderados.
(2) AVISO: Indica uma situação potencialmente perigosa que, se não for evitada, pode resultar em morte ou ferimentos graves.
(3) PERIGO: Indica uma situação de perigo iminente que, se não for evitada, resultará em morte ou ferimentos graves.

11.4.1.7.2 Declaração do Perigo.A declaração do perigo deve identificar a natureza e a extensão do perigo e a gravidade do risco de lesão, por exemplo: "Combustível", "Inflamável" ou "Extremamente inflamável". O risco é uma função da probabilidade e gravidade da lesão. Frases adicionais como "pode explodir" ou "pode causar queimaduras graves" também podem ser necessárias.

11.4.1.7.3 Como Evitar o Perigo. Os avisos devem fornecer aos usuários em potencial informações sobre como o perigo pode ser evitado e devem dizer-lhes o que fazer ou deixar de fazer para permanecerem seguros ao usar o produto.

11.4.1.7.4 Consequências do Perigo. Os avisos também devem informar ao usuário o que aconteceria ou poderia acontecer se as precauções listadas não fossem seguidas.

Δ **11.4.1.8 Padrões sobre Etiquetas, Instruções e Advertências.** Ao longo dos anos, o governo e a indústria promulgaram muitos padrões, diretrizes e regulamentos que tratam de avisos de segurança e design de produtos seguros. Entre as normas que tratam de rótulos, instruções e advertências estão as seguintes:

(1) Normas ANSI sobre rotulagem:
(a) ANSI Z400.1/Z129.1, *Produtos Químicos Perigosos no Local de Trabalho — Avaliação de Perigos e Ficha de Dados de Segurança e Precauções Rotulagem obrigatória*
(b) Z400.1,*Fichas de Dados de Segurança do Material - Preparação*
(c) Z535.1,*Segurança Cores*
(d) Z535.2,*Sinais de Segurança Ambiental e das Instalações*
(e) Z535.3,*Critérios para Símbolos de Segurança*
(f) Z535.4,*Sinais e etiquetas de segurança do produto*
(g) Z535.5,*Etiquetas de segurança e fitas de barreira (para riscos temporários)*
(2) Norma UL na rotulagem: UL 969,*Sistemas de marcação e rotulagem*
(3) Códigos e Regulamentos Federais dos Estados Unidos:
(a) "Lei de Segurança do Consumidor" (15 USC Seções 2051–2084 e 16 CFR 1000)
(b) "Lei de Substâncias Perigosas" (15 USC Seções 1261 e seguintes, e 16 CFR 1500)
(c) "Padrão Federal de Comunicação de Riscos" (29 CFR 1910)
(d) "Lei de Tecidos Inflamáveis" (15 USC Seções 1191–1204 e 16 CFR 1615, 1616, 1630–1632)
(e) "Lei Federal de Alimentos, Medicamentos e Cosméticos" (15 USC Seção 321 (m) e 21 CFR 600)
(f) Regulamentos da OSHA (29 CFR 1910)
(4) Padrão da indústria:*Manual do sistema de sinalização e etiqueta de segurança do produto FMC*

11.4.2 Recalls. Desconsiderar avisos de recall envolvendo itens que têm o potencial de se tornar uma fonte de ignição também pode resultar em incêndio. Muitas vezes, um aviso de recall é o resultado de incêndios relatados, onde um item específico foi identificado como a fonte de ignição.

11.4.3 Outras Considerações.A falta de conhecimento, o descuido, o desrespeito intencional ou a negligência de um indivíduo geralmente não são claros para o investigador que analisa as circunstâncias e eventos que levaram a um incêndio. Uma revisão dos registros de treinamento e entrevistas realizadas com pessoas que ocupam locais ou espaços onde ocorreu um incêndio pode fornecer as informações necessárias para entender mais claramente o nível de envolvimento de um indivíduo em relação ao início de um incêndio.

11.4.4 Violações dos Códigos e Normas de Segurança contra Incêndios.O não cumprimento dos códigos e padrões de segurança contra incêndio pertinentes e estabelecidos, padrões da indústria ou boas práticas pode resultar em incêndios ou explosões. O incumprimento destas várias prescrições de segurança pode ser deliberado ou não intencional.

Δ **11.5* Comportamento de atear fogo em jovens.** Crianças que exibem fogo-comportamento de configuração fazem isso por diferentes razões. Muitas crianças fazem não compreender as consequências de atear fogo; Contudo, estudos sobre o interesse das crianças por incêndios e suas experiências reais mento com jogo de fogo indicaram que estes são relativamente atividades normais na infância. Além da curiosidade, fogo-comportamento de configuração pode ser um meio de uma criança para expressar frustração ou raiva, para buscar vingança, ou para chamar a atenção ou dele ou ela mesma para seus circunstâncias difíceis.

11.5.1 Estágios de Desenvolvimento. A pesquisa mostrou que a local onde o fogo é ateado e o motivo para isso muitas vezes variam acordo com o estágio de desenvolvimento e a idade da criança. Isso é importante notar que a idade física de uma criança pode não ser consistente tenda com seu estágio de desenvolvimento .

N **11.5.1.1 Pré-escola.** A única característica mais importante da criança em idade pré-escolar é o egocentrismo. As crianças dessa idade só podem pensar no mundo ao seu redor, pois isso as afeta. Essas crianças são extremamente impressionáveis por representações visuais e gráficas. Embora as crianças em idade pré-escolar possam distinguir coisas "grandes" de coisas "pequenas", transição, mutação

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

ção e mudança são intrigantes. Eles são incapazes de compreender como o pequeno fogo de um fósforo pode se transformar em um incêndio em casa. As crianças dessa idade confiam muito em sua experiência com causa e efeito, e não são capazes de entender declarações de "se você fizer isso, então isso vai acontecer" sem que isso aconteça com elas. Além dessa falta de desenvolvimento do raciocínio, as crianças dessa faixa etária contam com o princípio do prazer para determinar o valor de seus atos (egocentrismo), limitando sua empatia. As crianças neste grupo de desenvolvimento são tipicamente incendiárias da curiosidade.

N **11.5.1.2 Elementar Inicial.**Nos primeiros anos do ensino fundamental, incluindo a primeira e a segunda séries, as crianças não precisam mais brincar ou experimentar fisicamente algo para aprender. No entanto, eles ainda têm dificuldades em entender o raciocínio de causa e efeito, especialmente no caso de desenvolvimento de incêndio. Nesta fase, as crianças são menos atraídas pelo aparecimento da chama e mais atraídas pelo processo de fogo, como a forma como um pedaço de papel desaparece quando é queimado. Eles ainda são incapazes de compreender a conexão entre uma pequena chama de fósforo e um incêndio em casa. As crianças dessa faixa etária tendem a observar e imitar o comportamento dos adultos que admiram.

N **11.5.1.3 Latência.**Crianças em idade de latência, aproximadamente de 8 a 12 anos, agora são capazes de entender causa e efeito e reconhecer que o fogo pode crescer de um pequeno fósforo a um incêndio em casa. O interesse pelo fogo nessa idade pode resultar de uma criança querendo assumir responsabilidades que talvez não consiga lidar, como cozinhar. Quando dá errado, eles podem permitir que o fogo de cozinha se torne um incêndio em casa devido ao medo de serem considerados incompetentes. Além de incêndios acidentais como esses, o comportamento de desencadeamento de crise/incêndio emocional é visto com mais frequência entre esse grupo de crianças porque elas são as menos capazes de lidar com qualquer tipo de mudança ou evento traumático.

N **11.5.1.4 Adolescente.**Os adolescentes têm uma necessidade de desenvolvimento para alcançar independência e autonomia. O conflito no centro do comportamento de atear fogo para essa faixa etária está recebendo a liberdade e a responsabilidade de tomar suas próprias decisões, mas a falta de vontade de pensar nas decisões e assumir a responsabilidade por resultados negativos. Outros fatores são a necessidade de ser aceito pelos colegas, a necessidade de testar e superar limites e o tédio. O comportamento de atear fogo em adolescentes tende a se enquadrar na categoria de atear fogo delinquente.

11.5.2 Saúde Mental. As três doenças psiquiátricas mais comuns diagnósticos de jovens com comportamento de atear fogo são defitranstorno cit (ADD/ADHD), transtorno de conduta e ajuste transtorno .

•

11.6 Incêndios Incendiários. Os fatores humanos envolvidos no desencadeamento de incêndios incendiários estão intimamente relacionados aos motivos examinados na Seção . Consulte a Seção para obter informações adicionais. 23.4 23.4

11.7 Fatores Humanos Relacionados à Propagação do Fogo.

11.7.1A propagação do fogo pode ser afetada significativamente pelas ações ou omissões das pessoas presentes antes ou durante o incêndio. Essas ações podem acelerar ou retardar a propagação do fogo. O investigador pode precisar avaliar essas ações para determinar os efeitos que essas ações tiveram no incêndio. Algumas dessas ações incluem abertura e fechamento de portas ou janelas, combate a incêndio, operação de sistemas de proteção contra incêndio e resgate. Algumas dessas ações são abordadas em 18.6.1.

11.7.2 As condições pré-incêndio, como limpeza, alarmes funcionais e compartimentação, podem ser documentadas após o incêndio, inspecionando as áreas não queimadas do edifício, antes do incêndio registros de inspeção do departamento para edifícios não residenciais, bem como por entrevistas pós-incêndio. O investigador não deve presumir as condições do edifício antes do incêndio.

11.8 Reconhecimento e Resposta a Incêndios. Em um incêndio, a capacidade de sobrevivência de um indivíduo é baseada na capacidade dele ou dela de reconhecer e responder com segurança ao perigo de várias maneiras. O indivíduo precisa perceber o perigo, tomar uma decisão sobre alguma ação a ser tomada e realizar essa ação. Esses três conceitos básicos serão abordados nesta seção.

11.8.1 Percepção do Perigo (Pistas Sensoriais). As pessoas tornam-se conscientes do fogo por qualquer uma ou combinação de várias pistas sensoriais. A percepção sensorial pode ser afetada por fatores como se a pessoa está acordada, dormindo ou prejudicada. A deficiência pode ser física, mental ou resultado de efeitos de agentes químicos (por exemplo, drogas, álcool ou monóxido de carbono). As pistas sensoriais incluem o seguinte:

(1) Visão: Visão direta de chamas, fumaça, alarmes visuais ou cintilação
(2) Som: Estalidos, quebra de janelas, alarmes sonoros, cães latindo, crianças chorando, vozes ou gritos
(3) Sentir: Aumento de temperatura ou falha estrutural
(4) Cheiro: Odor de fumaça

11.8.2 Decisão de Agir (Resposta). Uma vez percebido o perigo, é tomada uma decisão sobre como responder. Esta decisão é baseada na gravidade do perigo percebido. O grau de deficiência da pessoa é um fator no processo de decisão.

11.8.3 Ação Tomada.A ação tomada pelo indivíduo pode assumir qualquer uma ou uma combinação de formas. Estes incluem o seguinte:

(1) Ignore o problema
(2) Investigar
(3) Combater o fogo
(4) Dar alarme
(5) Resgatar ou ajudar outros
(6) Reentrar após a fuga bem sucedida
(7) Fuga (fuga)
(8) Permanecer no local

11.8.4 Fatores de Fuga.O sucesso ou fracasso de uma tentativa de escapar de um incêndio depende de vários fatores, incluindo o seguinte:

(1) Identificabilidade das rotas de fuga
(2) Distância a um meio de fuga
(3) Condições de incêndio, como a presença de fumaça, calor ou chamas
(4) Presença de corredores sem saída
(5) Caminho bloqueado por obstáculos ou pessoas
(6) Deficiências ou deficiências dos ocupantes
(7) Familiaridade com as entradas e saídas

11.8.5 Informações Recebidas dos Sobreviventes. As informações pós-incêndio obtidas por meio de entrevistas com testemunhas (por exemplo, sobreviventes, vítimas, ocupantes, transeuntes, equipes de emergência) de um incidente de incêndio podem ser úteis para determinar vários fatores. Essas informações podem incluir o seguinte:

(1) Condições pré-incêndio
(2) Desenvolvimento de fogo e fumaça
(3) Pacotes de combustível e sua localização e orientação
(4) Atividades das vítimas antes, durante e após a descoberta do incêndio

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

(5) Ações tomadas pelos sobreviventes resultando em sua sobrevivência; isto é, fugir ou refugiar-se
(6) Decisões tomadas pelos sobreviventes e razões para essas decisões

(7) Eventos críticos de incêndio, como flashover, falha estrutural, quebra de janela, som de alarme, primeira observação de fumaça, primeira observação de chama, chegada do corpo de bombeiros e contato com outras pessoas no prédio

Capítulo 12 Considerações Legais

12.1* Introdução. As considerações legais afetam todas as fases de uma investigação de incêndio. Qualquer que seja a capacidade em que um investigador de incêndio funcione (público ou privado), é importante que o investigador seja informado sobre todas as restrições legais, requisitos, obrigações, padrões e deveres relevantes. Não fazer isso pode comprometer a confiabilidade de qualquer investigação e pode sujeitar o investigador a responsabilidade civil ou processo criminal. O objetivo deste capítulo é alertar o investigador para as áreas que geralmente requerem aconselhamento jurídico, conhecimento ou informação. As considerações legais contidas neste capítulo e em outras partes deste guia referem-se à lei nos Estados Unidos. Este capítulo não tenta definir a lei como ela é aplicada em cada país ou outra jurisdição. Tal tarefa excede o escopo deste guia. Na medida em que os estatutos ou a jurisprudência são referidos, eles são referidos apenas como exemplo, e o usuário deste guia é lembrado de que "a lei" está em constante estado de fluxo. Por analogia, tanto a jurisprudência quanto a lei estatutária podem ser comparadas a um ser vivo. Eles estão constantemente sujeitos à criação (por nova promulgação ou decisão), mudança (por modificação ou emenda) e morte (por ser revogada, anulada ou desocupada). Recomenda-se que o investigador procure aconselhamento jurídico para ajudar a compreender e cumprir os requisitos legais de qualquer jurisdição específica. O reconhecimento dos requisitos e considerações legais aplicáveis ajudará a garantir a confiabilidade e admissibilidade dos registros, dados e opiniões do investigador. eles são mencionados apenas a título de exemplo, e o usuário deste guia é lembrado de que "a lei" está em constante estado de fluxo. Por analogia, tanto a jurisprudência quanto a lei estatutária podem ser comparadas a um ser vivo. Eles estão constantemente sujeitos à criação (por nova promulgação ou decisão), mudança (por modificação ou emenda) e morte (por ser revogada, anulada ou desocupada). Recomenda-se que o investigador procure aconselhamento jurídico para ajudar a compreender e cumprir os requisitos legais de qualquer jurisdição específica. O reconhecimento dos requisitos e considerações legais aplicáveis ajudará a garantir a confiabilidade e admissibilidade dos registros, dados e opiniões do investigador. eles são mencionados apenas a título de exemplo, e o usuário deste guia é lembrado de que "a lei" está em constante estado de fluxo. Por analogia, tanto a jurisprudência quanto a lei estatutária podem ser comparadas a um ser vivo. Eles estão constantemente sujeitos à criação (por nova promulgação ou decisão), mudança (por modificação ou emenda) e morte (por ser revogada, anulada ou desocupada). Recomenda-se que o investigador procure aconselhamento jurídico para ajudar a compreender e cumprir os requisitos legais de qualquer jurisdição específica. O reconhecimento dos requisitos e considerações legais aplicáveis ajudará a garantir a confiabilidade e admissibilidade dos registros, dados e opiniões do investigador. tanto a jurisprudência quanto a lei estatutária podem ser comparadas a um ser vivo. Eles estão constantemente sujeitos à criação (por nova promulgação ou decisão), mudança (por modificação ou emenda) e morte (por ser revogada, anulada ou desocupada). Recomenda-se que o investigador procure aconselhamento jurídico para ajudar a compreender e cumprir os requisitos legais de qualquer jurisdição específica. O reconhecimento dos requisitos e considerações legais aplicáveis ajudará a garantir a confiabilidade e admissibilidade dos registros, dados e opiniões do investigador. tanto a jurisprudência quanto a lei estatutária podem ser comparadas a um ser vivo. Eles estão constantemente sujeitos à criação (por nova promulgação ou decisão), mudança (por modificação ou emenda) e morte (por ser revogada, anulada ou desocupada). Recomenda-se que o investigador

Alteração IV
O direito do povo de estar seguro em suas pessoas, casas, papéis e bens, contra buscas e apreensões injustificadas, não será violado, e nenhum mandado será emitido, mas por causa provável, apoiada por juramento ou afirmação, e particularmente descrevendo o local a ser revistado e as pessoas ou coisas a serem apreendidas.

Alteração V
Ninguém será detido para responder por crime capital, ou outro crime infame, a não ser sob apresentação ou acusação de um Grande Júri, exceto em casos ocorridos nas forças terrestres ou navais, ou na Milícia, quando em serviço efetivo em tempo de Guerra ou perigo público; nem qualquer pessoa será sujeita pelo mesmo delito a ser duas vezes colocada em risco de vida ou integridade; nem será obrigado em qualquer processo criminal a servir de testemunha contra si mesmo, nem ser privado da vida, liberdade ou propriedade, sem o devido processo legal; nem a propriedade privada será tomada para uso público, sem justa indenização.

Alteração VI
Em todos os processos criminais, o acusado terá direito a um julgamento célere e público, por um júri imparcial do Estado e distrito onde o crime tiver sido cometido, distrito esse que deverá ser previamente determinado por lei, e de ser informado a natureza e a causa da acusação; ser confrontado com as testemunhas contra ele; ter processo compulsório para obter testemunhas a seu favor, e ter a assistência de advogado para sua defesa.

FIGURA 12.2 Quarta, Quinta e Sexta Emendas à Constituição dos Estados Unidos.

Δ **12.2 Considerações Constitucionais.** Nos Estados Unidos e em seus territórios, os investigadores devem estar cientes das salvaguardas constitucionais que geralmente são aplicáveis a investigações e processos criminais, conforme estabelecido na Quarta, Quinta e Sexta Emendas da Constituição dos Estados Unidos. O texto dessas três alterações é mostrado na Figura 12.2. A aplicação dessas emendas constitucionais foi estendida à ação do Estado sob a seção 1 do art. Décima Quarta Emenda à Constituição dos Estados Unidos, que afirma "... Nenhum Estado poderá fazer ou aplicar qualquer lei que restrinja os privilégios ou imunidades de cidadãos dos Estados Unidos; nem qualquer Estado privar qualquer pessoa da vida, liberdade erto sem devido ou sustentáculo da lei; nem negar a qualquer n sua jurisdição pessoa a igual proteção das leis".

12.3 Considerações Legais Durante o Investig ção.

12.3.1 Autoridade para conduzir a investigação O . A investiga- investigador deve determinar a base e a extensão ou sua autoridade da sua condução da investigação. A autoridade dada investigar é aos policiais, bombeiros e bombeiros à lei da acordo de marechais jurisdição. Privados recebem sua autoridade por investigadores de incêndio contrato ou consentimento contratual são contratos n. Exemplos de de seguro t segurados para cooperar na que obriga o investigação. Além disso, um interesse na uma pessoa tendo propriedade pode reter (investigador de incêndio t com) seus próprios contratado. A autoridade consensual seria nclui um investi-

jacaré para que outro interessado seja convidado a comparecer às instalações para participar ou observar a investigação do local. A identificação adequada da base de autoridade ajudará o investigador a cumprir os requisitos e limitações legais aplicáveis. O escopo de autoridade concedido a investigadores do setor público ou governamental é geralmente especificado dentro das leis codificadas de cada jurisdição, complementado por regras e regulamentos locais, de agências e departamentos aplicáveis. Muitos estados e jurisdições locais (ou seja, cidades, vilas ou condados) têm requisitos de licenciamento ou certificação para investigadores. Se tais requisitos não forem seguidos, os resultados da investigação podem não ser admissíveis e o investigador pode enfrentar sanções.

12.3.2 Direito de Entrada. O fato de um investigador ter autoridade para conduzir uma investigação não significa necessariamente que o investigador tenha o direito legal de entrar na propriedade envolvida no incêndio. Os direitos de entrada são frequentemente enumerados por estatutos, regras e regulamentos. A entrada ilegal na propriedade pode resultar em acusações contra o investigador (ou seja, invasão de propriedade; arrombamento; ou obstrução, impedimento ou impedimento de uma investigação criminal). Uma vez estabelecido o direito legal de entrada na propriedade, o investigador deve notificar o oficial ou autoridade no controle da cena da intenção de entrar. Um direito de entrada de outra forma legal não autoriza a entrada em uma investigação da cena do crime. Pode ser necessária autorização adicional por parte da agência específica ou oficial responsável.

12.3.2.1 As disposições do código local destinadas a proteger a segurança pública podem exigir que um edifício envolvido em um incêndio seja demolido imediatamente para evitar perigo para o público. Este ato pode negar a um investigador a única oportunidade de examinar a cena de um incêndio. Quando for importante fazê-lo, pode ser obtida uma medida judicial que proíba a demolição até uma data posterior e especificada, mais tipicamente por meio de liminar, para permitir a

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

presença do investigador no local. Uma liminar pode custar caro, pois a parte que busca o atraso pode ser obrigada a prestar fiança, contratar guardas e proteger a propriedade até que a investigação seja concluída. A assessoria jurídica deve ser capaz de antecipar as necessidades a esse respeito e responder a essas necessidades prontamente. O investigador pode ser obrigado a produzir provas por ordem judicial ou de acordo com uma intimação. O investigador deve ter cautela e não destruir, descartar ou remover qualquer evidência, a menos que seja clara e legalmente autorizado a fazê-lo. Os tribunais estão cada vez mais dispostos a emitir ordens destinadas a preservar a cena do incêndio, preservando assim os direitos de todas as partes interessadas de examinar evidências neste local e condição pós-incêndio.

12.3.2.2 Caso a destruição, descarte ou remoção seja autorizada ou necessária, o investigador deve se envolver em tais atos somente após a cena ter sido devidamente registrada e o registro ter sido verificado quanto à precisão e integridade. Deve-se tomar cuidado para evitar a espoliação.

12.3.3 Método de Entrada. Considerando que "direito de entrada" se refere à autoridade legal para estar em um determinado local ou local de incêndio, esta seção se preocupa com a forma como essa autoridade é obtida. Existem quatro métodos gerais pelos quais a entrada pode ser obtida: consentimento, circunstância urgente, mandado de busca administrativo e mandado de busca criminal.

12.3.3.1 Consentimento.A pessoa em controle legal da propriedade pode conceder ao investigador permissão ou consentimento para entrar e permanecer na propriedade. Este é um ato voluntário por parte da pessoa responsável e pode ser retirado a qualquer momento por essa pessoa. Quando o consentimento é concedido, o investigador deve documentá-lo. Um método eficaz é fazer com que a pessoa em controle legal assine um formulário de consentimento por escrito. O investigador pode optar por fazer perguntas para garantir que a pessoa que dá o consentimento tenha o controle legal da propriedade. Por exemplo, se um inquilino tem direitos para controlar a propriedade arrendada sob um contrato de aluguel, o proprietário do imóvel (senhorio) pode não ter o direito imediato de acesso a essa propriedade e, portanto, pode não ter o poder de consentir.

12.3.3.2 Circunstâncias Exigentes.

12.3.3.2.1É geralmente reconhecido que o corpo de bombeiros tem autoridade legal para entrar em uma propriedade para controlar e extinguir um incêndio hostil. Também foi declarado que o corpo de bombeiros tem a obrigação de determinar a origem e a causa do incêndio no interesse do bem público e bem-estar geral.

12.3.3.2.2O prazo em que a investigação pode continuar ou deve terminar foi objeto de decisão do Supremo Tribunal Federal (*Michigan x Tyler*, 436 US 499), quando a Corte decidiu que a investigação pode continuar por um "período de tempo razoável", que pode depender de muitas variáveis. Quando o investigador estiver em dúvida sobre o que é um "tempo razoável", deve-se procurar aconselhamento jurídico.

12.3.3.3 Mandado Administrativo de Busca.

12.3.3.3.1A finalidade do mandado de busca administrativo é, em geral, permitir aos responsáveis, por portaria ou estatuto, investigar a origem e a causa de um incêndio e cumprir a sua obrigação nos termos da lei. Um mandado de busca administrativo pode ser obtido de um tribunal de jurisdição competente mediante comprovação de que o consentimento não foi concedido ou foi negado. Não é emitido na tradicional demonstração de "causa provável", como é o mandado de busca criminal, embora ainda seja necessário demonstrar que a busca é razoável. A busca deve ser justificada por uma demonstração de interesse governamental razoável e apoiada por um estatuto, portaria ou regulamento. Se um interesse público válido justificar a intrusão, a causa provável válida e razoável foi demonstrada.

12.3.3.3.2O escopo de um mandado de busca administrativo é limitado à investigação da origem e causa do incêndio. Se durante a busca permitida por um mandado administrativo de busca, forem encontradas evidências de um crime, a busca deve ser interrompida e um mandado de busca criminal deve ser obtido (*Michigan x Clifford*, 464 US 287).

12.3.3.4 Mandado de Busca Criminal. O objetivo de um criminoso mandado de busca é permitir a entrada de agentes do governo para buscar e coletar provas de um crime, conforme especificado no mandado. O mandado pode autorizar a busca do local, de um veículo ou de uma pessoa. Os agentes do governo com autoridade para solicitar um mandado de busca, bem como o tribunal ao qual o pedido deve ser feito, são especificados por leis federais e estaduais. Um agente do governo autorizado a solicitar um mandado não está necessariamente autorizado por lei a executar o mandado. Defeitos aparentemente menores no pedido ou na garantia podem resultar na supressão de provas. O requerente deve considerar consultar um advogado ao fazer um pedido.

12.3.3.4.1O pedido de obtenção de um mandado de busca criminal normalmente inclui o seguinte:

(1) O tipo ou caráter do bem procurado
(2) O local ou pessoa a ser revistada
(3) Alegações de fato, baseadas no conhecimento pessoal do requerente ou em informações e crenças do requerente, com os fundamentos para tal crença declarados, que existe causa razoável para apoiar as declarações (1) e (2)

12.3.3.4.2O pedido também pode conter um pedido para que seja executado a qualquer hora do dia ou da noite e essa entrada pode ser feita sem aviso prévio, desde que fundamentada em fatos suficientes.

12.3.4 O Questionamento de Suspeitos.

Δ **12.3.4.1**À luz das acusações criminais que podem ser feitas como resultado de um incêndio, o investigador deve verificar se eles são obrigados a informar a pessoa que está sendo questionada sobre seus direitos Miranda e, em caso afirmativo, quando e como informar esses direitos . A pessoa que está sendo interrogada deve ser avisada do seguinte se o interrogatório for conduzido em um ambiente de custódia por um investigador que represente uma agência governamental ou que esteja agindo a pedido de investigadores do governo:

(1) Eles têm o direito de permanecer em silêncio.
(2) Qualquer declaração que eles fizerem pode ser usada como prova contra eles.
(3) Têm direito à presença de um advogado.
(4) Se eles não puderem pagar um advogado, um será nomeado para eles antes de qualquer questionamento, se assim o desejarem.
(5) Caso decidam renunciar ao direito ao silêncio, podem mudar de ideia e interromper o interrogatório ou solicitar um advogado a qualquer momento durante o interrogatório.

12.3.4.2A menos e até que essas advertências ou uma renúncia a esses direitos sejam demonstradas em julgamento, nenhuma prova obtida no interrogatório pode ser usada contra o acusado (ex-testemunha) (*Miranda x Arizona*, 384 US 436). As pessoas entrevistadas em "ambientes de custódia" devem ser informadas dos seus direitos constitucionais. Embora as entrevistas realizadas em uma cena de incêndio geralmente não sejam consideradas de custódia, elas podem ser, dependendo das circunstâncias. A configuração de custódia

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

depende de muitas variáveis, incluindo o local da entrevista, a duração da entrevista, quem está presente e quem participa, e a percepção da pessoa sobre se será restringida se tentar sair. Se houver alguma dúvida na mente do investigador sobre se a pessoa está sendo interrogada em um ambiente de custódia, a pessoa deve ser informada de seus direitos constitucionais. Quando uma pessoa é informada de seus direitos constitucionais conforme exigido pela decisão Miranda, os direitos podem ser listados em um formulário escrito que pode ser assinado pela pessoa.

12.3.5 Espoliação de Evidências.A espoliação de provas refere-se à perda, destruição ou alteração material de um objeto ou documento que seja prova ou potencial prova em processo judicial por quem tem a responsabilidade de sua preservação. A espoliação de provas pode ocorrer quando o movimento, mudança ou destruição de provas, ou a alteração da cena prejudica significativamente a oportunidade de outras partes interessadas de obter o mesmo valor probatório das provas, como qualquer investigador anterior.

12.3.5.1 Responsabilidade.É responsabilidade do investigador (ou de qualquer pessoa que manipule ou examine as provas) evitar a espoliação das provas, e o escopo dessa responsabilidade varia de acordo com fatores como a jurisdição do investigador, se ele ou ela é um funcionário público. ou investigador do setor privado, se há indicação de conduta criminosa e leis e regulamentos aplicáveis. No entanto, independentemente do escopo e da responsabilidade da investigação, deve-se ter cuidado para evitar a destruição ou destruição material de provas que posteriormente possam ser consideradas espoliação. Se os artefatos forem alterados, o investigador deve usar as técnicas contidas neste guia para preservar o valor probatório desses itens para outros que possam examinar os artefatos posteriormente.

12.3.5.2 Documentação. Esforços para fotografar, documentar ou preservar evidências devem aplicar-se não apenas às evidências relevantes para as opiniões de um investigador, mas também às evidências de hipóteses alternativas razoáveis que foram consideradas e descartadas.

12.3.5.3 Remédios para Espoliação. Tribunais criminais e civis têm aplicado vários remédios quando houve espoliação de provas. Os recursos empregados pelos tribunais podem incluir sanções de descoberta, sanções pecuniárias, aplicação de inferências de prova, limitações sob as regras da prova, exclusão de testemunho de perito, indeferimento de uma reclamação ou defesa, ações de responsabilidade civil independentes para a destruição intencional ou negligente de provas, e até mesmo processos sob estatutos criminais relativos à obstrução da justiça. Os investigadores devem conduzir suas investigações de modo a minimizar a perda ou destruição de provas e, assim, minimizar as alegações de espoliação.

12.3.5.4 Notificação às Partes Interessadas. Reivindicações de espoliação de provas podem ser minimizadas quando todas as partes interessadas conhecidas são informadas de que uma investigação no local do incidente vai ocorrer, de modo a permitir que todas as partes interessadas conhecidas tenham a oportunidade de contratar especialistas e participar da investigação. ração. Tal notificação pode ser feita por telefone, carta oral. A notificação oral deve ser confirmada por escrito. A notificação deve incluir a data do incidente; a natureza do incidente; o local do incidente; a natureza e extensão da perda; danos, morte ou ferimentos na extensão conhecida; a potencial conexão do interessado com o incidente; próxima data da ação; circunstâncias que afetam a cena (como ordens de demolição pendentes ou condições ambientais); um pedido de resposta por um determinada data; informações de contato sobre a quem a pessoa notificada deve responder; e a identidade do indivíduo ou entidade que controla a cena. A notificação também deve incluir uma lista de todas as partes a quem a notificação foi fornecida. Os investigadores do setor público podem ter responsabilidades de notificação diferentes das dos investigadores do setor privado. A responsabilidade pela notificação varia de acordo com as jurisdições, escopo, procedimentos e as circunstâncias do incêndio. As partes interessadas devem conscientizar os funcionários públicos de seu interesse. Um consentimento do setor privado para busca não constitui notificação, a menos que esteja em conformidade com esta seção.

12.3.5.5 Documentação Antes da Alteração. Sempre que o investigador determinar que será necessária uma alteração significativa do local do incêndio para concluir a investigação do incêndio, isso deve ser feito somente após a notificação a todas as partes interessadas conhecidas, e as partes interessadas terem a oportunidade de estar presentes. Cuidados especiais devem ser tomados para fotografar e documentar a cena e preservar as evidências relevantes. A cena deve ser devidamente documentada antes de qualquer alteração, e as evidências relevantes devem ser preservadas. A desmontagem destrutiva de quaisquer fontes de ignição suspeitas ou potenciais deve ser evitada sempre que possível para permitir um exame forense posterior após notificação a todas as partes interessadas conhecidas.

12.3.5.6 Alteração e Movimentação de Evidências.

12.3.5.6.1A investigação de incêndio geralmente requer a movimentação de provas ou alteração da cena. Por si só, tal movimentação de provas ou alteração da cena não deve ser considerada espoliação de provas. Evidências físicas podem precisar ser movidas antes da descoberta da causa do incêndio. Adicionalmente, reconhece-se que, por vezes, é necessário retirar do local o potencial agente causador e até mesmo realizar alguma desmontagem para determinar se o objeto foi, de fato, causador do incêndio, e quais partes podem ter contribuído para isso. causa. Por exemplo, o fabricante de um aparelho pode não ser conhecido até que a unidade tenha sido examinada para identificação. Tais atividades não devem ser consideradas espoliação. Porque todas as partes interessadas podem não ser identificáveis antes da alteração ou movimentação de provas,

12.3.5.6.2 Ainda outra consideração é a proteção da evidência. Pode haver casos em que seja necessário remover evidências relevantes de uma cena para garantir que ela seja protegida contra mais danos ou roubo. As medidas tomadas para proteger as provas também não devem ser consideradas espoliação.

12.3.5.7 Notificação Prévia de Ensaios Destrutivos. Uma vez que as provas tenham sido removidas do local, elas devem ser mantidas e não devem ser destruídas ou alteradas até que outros que tenham um interesse razoável no assunto tenham sido notificados. Qualquer teste destrutivo ou exame destrutivo da evidência
que possa ser necessário deve ocorrer somente após todas as partes razoavelmente conhecidas terem sido notificadas com antecedência e terem a oportunidade de participar ou observar os testes. Esta seção não se aplica a provas coletadas como parte de uma investigação criminal. Uma vez que a evidência não seja mais necessária para uma investigação criminal, ela deve ser devidamente divulgada. Orientações sobre notificação podem ser encontradas em ASTM E860, *Prática Padrão para Examinando itens*

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

este*Estão ou podem se envolver em Contencioso Criminal ou Civil,* e ASTM E1188, *Prática Padrão para Coleta e Preservação de Informações e Itens Físicos por um Investigador Técnico*. Orientações para descarte de evidências podem ser encontradas na Seção 17.12 deste guia. Orientações para rotulagem de evidências podem ser encontradas em ASTM E1459, *Guia Padrão para Rotulagem de Evidência Física e Documentação Relacionada*.

12.4 Considerações Legais Pré-Julgamento.

12.4.1 Introdução. Entre a conclusão de uma investigação e o momento em que o assunto é julgado, pode haver processos judiciais em que são trocadas informações e documentos entre as partes, são feitos depoimentos e são solicitadas admissões. Esses processos podem ser categorizados como "descoberta". Eles servem para ajudar as partes a preparar seus casos, entender as evidências e os fatos detidos pelas outras partes e avaliar seus casos para uma possível solução, quando apropriado. Esses processos ocorrem principalmente em casos civis, mas podem estar disponíveis em casos criminais em algumas jurisdições. Embora a descoberta seja regida por regras legais, geralmente não há um juiz envolvido nessa parte do litígio, a menos que as partes não consigam resolver uma questão específica.

12.4.2 Formas de Descoberta. Descoberta é o processo que ocorre durante a fase pré-julgamento de um processo legal em que cada parte do litígio obtém informações, documentos e provas de partes opostas ou não-partes para serem usadas na preparação para o julgamento. A descoberta, que é regida por regras judiciais aplicáveis à jurisdição em que o processo está pendente, pode assumir várias formas.

12.4.2.1 Solicitação de Produção. Uma Solicitação de Produção é uma demanda por escrito de outra parte ou testemunha solicitando que certos documentos sejam apresentados. Normalmente, quando um pedido é feito a terceiros, ele será acompanhado de uma intimação. A solicitação ou intimação identificará documentos específicos ou categorias de documentos a serem produzidos e quando e onde os documentos devem ser produzidos.

12.4.2.2 Interrogatórios. Os interrogatórios são perguntas escritas que uma parte serve a outra. Os interrogatórios devem ser respondidos por escrito, sob juramento e assinados por uma das partes ou seu representante.

12.4.2.3 Depoimentos. Um depoimento é um método de obtenção de depoimento oral sob juramento, pelo qual a testemunha (depoente) deve responder a perguntas de um ou mais dos advogados que representam as partes em uma ação judicial. Existem vários propósitos para tomar um depoimento. Eles incluem descobrir quais fatos, opiniões ou provas uma testemunha tem e pode oferecer no julgamento; obtenção de testemunho para ser usado em processos judiciais posteriores, como moções; ou para preservar o depoimento de uma testemunha que pode não estar disponível para depor no julgamento. Um estenógrafo do tribunal (repórter do tribunal), que pode posteriormente produzir uma transcrição do processo de depoimento, registra os depoimentos. É comum que os depoimentos também sejam gravados em vídeo.

12.4.2.3.1 Procedimento. Independentemente da finalidade de um depoimento, o procedimento para tomar um depoimento é quase sempre o mesmo. No depoimento, a testemunha é obrigada a jurar ou afirmar, sob pena de perjúrio, que o testemunho a prestar será a verdade. O relator do tribunal administrará o juramento e registrará tudo o que for dito pela testemunha e pelos advogados durante a deposição. Um depoimento prossegue em um formato de perguntas e respostas. Um advogado fará perguntas à testemunha, que é obrigada a fornecer respostas, a menos que instruído de outra forma.

12.4.2.3.2 Depoimentos de Descoberta. Um depoimento de descoberta é aquele que é feito para aprender ou descobrir quais fatos, opiniões ou informações uma testemunha possui. O advogado que solicitou o depoimento iniciará o interrogatório. Muitas vezes, mas nem sempre, depois que o primeiro advogado termina de fazer perguntas, os advogados das outras partes também podem fazer perguntas. Em geral, a estratégia em um depoimento de descoberta é aprender todos os fatos e opiniões que uma testemunha tem, o conteúdo do arquivo da testemunha, o viés, se houver, da testemunha e que depoimento a testemunha pode oferecer no julgamento. Se a testemunha posteriormente depor no julgamento de forma diferente ou inconsistente com o seu depoimento, o depoimento pode ser usado para acusar a testemunha. Os depoimentos de descoberta podem abranger uma ampla gama de tópicos, incluindo o histórico da testemunha, treinamento, experiência, qualificações e as metodologias utilizadas pela testemunha na formulação de quaisquer opiniões de peritos. Nestas situações, um investigador de incêndio deve comunicar opiniões de forma clara e compreensível. A dificuldade em comunicar opiniões neste cenário é que o investigador deve comunicar fatos e opiniões em resposta a perguntas feitas por um advogado que pode representar uma parte adversa em um processo no qual o investigador tem pouco controle. Portanto, o investigador deve entender como o testemunho de depoimento pode ser usado no futuro e a importância de criar um registro que estabeleça claramente uma opinião e uma base válida para essa opinião. A dificuldade em comunicar opiniões neste cenário é que o investigador deve comunicar fatos e opiniões em resposta a perguntas feitas por um advogado que pode representar uma parte adversa em um processo no qual o investigador tem pouco controle. Portanto, o investigador deve entender como o testemunho de depoimento pode ser usado no futuro e a importância de criar um registro que estabeleça claramente uma opinião e uma base válida para essa opinião. A dificuldade em comunicar opiniões neste cenário é que o investigador deve comunicar fatos e opiniões em resposta a perguntas feitas por um advogado que pode representar uma parte adversa em um processo no qual o investigador tem pouco controle. Portanto, o investigador deve entender como o testemunho de depoimento pode ser usado no futuro e a importância de criar um registro que estabeleça claramente uma opinião e uma base válida para essa opinião.

12.4.2.3.3 Depoimentos de Julgamento. Um depoimento de julgamento geralmente é feito para preservar o depoimento de uma testemunha que pode não estar disponível para depor pessoalmente no momento do julgamento. Ao contrário de um depoimento de descoberta, um depoimento de julgamento é conduzido pelo advogado da parte que deseja oferecer o depoimento da testemunha durante o julgamento, seja no caso principal ou na refutação. Em vez de tomar o depoimento para descobrir fatos e opiniões, a estratégia em um depoimento de julgamento é questionar o investigador para estabelecer suas credenciais, estabelecer uma base para o que o investigador fez e permitir que o investigador dê opiniões.

12.4.2.4 Relatórios. As Regras Federais de Processo Civil e alguns tribunais estaduais podem exigir que os especialistas que serão chamados como testemunhas do julgamento preparem relatórios, que podem servir de base para o interrogatório durante o depoimento da testemunha. Esses relatórios contêm as seguintes informações:

(1) Uma lista de materiais revisados e atividades investigativas realizadas
(2) Uma lista de opiniões que o perito espera expressar no julgamento
(3) As bases para essas opiniões
(4) Uma lista de publicações do especialista nos últimos dez anos
(5) Uma lista de depoimentos prestados em julgamento ou em depoimento nos últimos quatro anos
(6) A compensação que a testemunha recebe pelo seu trabalho

12.4.3 Moções. Uma moção é um pedido para que o tribunal tome medidas. Fatos, documentos e evidências que vêm à tona durante a fase de descoberta geralmente formam a base para moções para excluir certos itens de evidência ou declarações de testemunhas, ou para limitar ou excluir o depoimento de certos indivíduos do julgamento. Tais moções podem argumentar que os direitos constitucionais foram violados, ou que as provas foram obtidas ilegalmente, ou que o depoimento de um perito proposto não é relevante ou confiável.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

O investigador pode ser obrigado a fornecer uma declaração ou testemunho sobre a moção.

12.5 Ensaios. Se as partes não conseguirem resolver a questão em disputa por meio de um recurso em um processo criminal ou um acordo em um processo civil, o caso segue para um julgamento. Um julgamento é presidido pelo juiz, que instrui o júri sobre a lei relevante e decide sobre a admissibilidade da prova com base na lei. Na maioria dos julgamentos envolvendo incêndios, um júri determina as circunstâncias factuais e a responsabilidade como "apurador do fato". Se um júri não tiver sido nomeado, o juiz também atuará como apurador de fatos.

12.5.1* Regras de Prova.

12.5.1.1 As regras da prova regulam a admissibilidade da prova em um julgamento. O objetivo das regras de evidência é garantir que a prova oferecida seja confiável. Um objetivo de toda investigação de incêndio é produzir documentos, amostras, declarações, informações, dados e conclusões confiáveis. Não é necessário que todo investigador de incêndio se torne um especialista em regras de evidência. Se as práticas e procedimentos recomendados neste guia forem cumpridos, os resultados da investigação devem ser admissíveis.

12.5.1.2 Os requisitos, padrões e regras de prova variam muito de jurisdição para jurisdição. Por esta razão, as regras de evidência que estão em vigor em estados, territórios, províncias e jurisdições internacionais individuais devem ser consultadas. As Regras Federais de Evidência dos Estados Unidos foram utilizadas ao longo deste guia para orientação na promoção de seus critérios gerais de relevância e identificação. As Regras Federais de Provas entraram em vigor em 2 de janeiro de 1975 e foram alteradas várias vezes. As regras federais são aplicáveis em todos os casos civis e criminais em todos os tribunais de apelação dos EUA, tribunais distritais, tribunais de reclamações e perante magistrados dos EUA. As regras federais são reconhecidas como tendo essencialmente codificado as regras de prova bem estabelecidas, e muitos estados adotaram, no todo ou em parte,

12.5.2 Tipos de Evidência. Existem basicamente três tipos de provas, todas relacionadas, de alguma forma, com investigações de incêndio. São "provas demonstrativas", "provas documentais" e "provas testemunhais". Eles são descritos em detalhes em 12.5.2.1, 12.5.2.2 e 12.5.2.3.

12.5.2.1 Provas Demonstrativas. As provas demonstrativas consistem em itens tangíveis, distintos do depoimento de testemunhas sobre os itens. É a evidência a partir da qual se pode obter uma impressão relevante em primeira mão ao ver, tocar, cheirar ou ouvir a evidência. As provas demonstrativas devem ser autenticadas. A evidência é autenticada de duas maneiras: através da identificação da testemunha (ou seja, testemunho de reconhecimento), ou pelo estabelecimento de uma cadeia de custódia (uma cadeia ininterrupta de posse desde a retirada do item do local do incêndio até a exibição do item).).

12.5.2.1.1 Fotografias/Formas Ilustrativas de Prova. Entre os tipos de evidência demonstrativa ilustrativa mais utilizados estão mapas, esboços, diagramas e modelos. Eles são geralmente admissíveis com base no testemunho de que são representações substancialmente precisas do que a testemunha está tentando descrever. Fotografias e filmes são vistos como representações gráficas de depoimentos orais e tornam-se admissíveis quando uma testemunha atesta que são representações corretas e precisas de fatos relevantes observados pela testemunha. A testemunha muitas vezes não precisa ser o fotógrafo, mas ele ou ela deve saber sobre os fatos que estão sendo representados ou a cena ou objetos que estão sendo fotografados. Uma vez que esse conhecimento demonstrado pela testemunha, ele ou ela pode afirmar se uma fotografia retrata esses fatos de forma correta e precisa.

12.5.2.1.2 Amostras.A cadeia de custódia é especialmente importante em relação às amostras. Para garantir a admissibilidade de uma amostra, uma cadeia ininterrupta de posse deve ser estabelecida.

12.5.2.2 Prova Documental. Prova documental é qualquer prova em forma escrita. Pode incluir registros comerciais, como recibos de vendas, listas de estoque, faturas e registros bancários, incluindo cheques e guias de depósito; apólices de seguro; itens pessoais como agendas, calendários e registros telefônicos; registros do corpo de bombeiros, como o relatório do investigador de incêndio, as anotações do investigador, o relatório de incidente de incêndio e declarações de testemunhas reduzidas a escrito; ou quaisquer relatórios de agências de aplicação da lei, incluindo relatórios de investigação, relatórios operacionais de policiais e registros de despachantes de bombeiros ou policiais; divisão de registros de veículos automotores; e transcrições escritas de gravações de áudio ou vídeo. Qualquer informação por escrito relacionada ao incidente de incêndio ou explosão é considerada evidência documental. A prova documental é geralmente admissível se os documentos forem mantidos no curso normal dos negócios. Todas as declarações de testemunhas devem ser devidamente assinadas pela testemunha, datadas e testemunhadas por terceiros quando possível. É importante obter o nome completo, endereço e número de telefone da testemunha. Qualquer informação de identificação adicional (por exemplo, data de nascimento, número do seguro social, endereço de e-mail e número da licença do automóvel) pode ser útil no caso de dificuldades posteriores para localizar a testemunha. Declarações realmente escritas pela testemunha podem ser exigidas em certas jurisdições. e telefone da testemunha. Qualquer informação de identificação adicional (por exemplo, data de nascimento, número do seguro social, endereço de e-mail e número da licença do automóvel) pode ser útil no caso de dificuldades posteriores para localizar a testemunha. Declarações realmente escritas pela testemunha podem ser exigidas em certas jurisdições. e telefone da testemunha. Qualquer informação de identificação adicional (por exemplo, data de nascimento, número do seguro social, endereço de e-mail e número da licença do automóvel) pode ser útil no caso de dificuldades posteriores para localizar a testemunha. Declarações realmente escritas pela testemunha podem ser exigidas em certas jurisdições.

12.5.2.3 Prova testemunhal.A prova testemunhal é aquela dada por uma testemunha viva competente falando sob juramento ou afirmação. Os investigadores são freqüentemente chamados a fornecer provas testemunhais sobre a natureza, escopo, conduta e resultados de sua investigação. Cabe a todas as testemunhas responder completa e honestamente a todas as perguntas. Existem dois tipos de testemunhas que prestam depoimento em um processo judicial: "testemunhas de fato" e "testemunhas especializadas".

12.5.2.3.1 Testemunhas do Fato. Uma testemunha de fato é aquela cujo depoimento não se baseia em conhecimento científico, técnico ou outro conhecimento especializado. Um exemplo de testemunha de fato é um vizinho que descobriu o incêndio e testemunha sobre suas observações. Muitas vezes, um investigador será chamado para depor perante tribunais, órgãos administrativos, agências reguladoras e entidades relacionadas como testemunha do fato. Além de prestar depoimento factual, um investigador pode ser chamado para dar conclusões ou opiniões sobre um incêndio, como perito. O depoimento de opinião por uma testemunha de fato é permitido em circunstâncias limitadas. As circunstâncias são regidas pelas Regras Federais de Provas, Regra 701 ou regras estaduais de provas.

12.5.2.3.2 Testemunhas Peritas. Um perito é geralmente definido como alguém com habilidade, conhecimento ou experiência suficientes em um determinado campo para ser capaz de tirar inferências ou chegar a conclusões ou opiniões que uma pessoa comum não seria competente para chegar. O laudo pericial deve auxiliar o juiz ou júri na compreensão do fato em questão e, assim, auxiliar na busca da verdade.

(UMA) Antes de oferecer testemunho de opinião identificando a origem e a causa, um investigador de incêndio deve ser aceito pelo tribunal como especialista. A opinião ou conclusão do investigador que depõe como perito não tem maior valor para apurar a veracidade de um assunto do que aquele garantido pela solidez do

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

as razões e fatos subjacentes do investigador. As evidências que formam a base de qualquer opinião ou conclusão devem ser relevantes e confiáveis e, portanto, admissíveis. A condução adequada de uma investigação garantirá que esses índices de confiabilidade e credibilidade sejam atendidos. As regras de admissibilidade de peritos constam das Regras 702, 703, 704 e 705 do Regimento Federal de Prova em Juízo Federal, ou das regras da jurisdição particular em que o processo estiver pendente. A regra 702 é mostrada em 12.5.2.3.2.

(B) Se o conhecimento científico, técnico ou outro conhecimento especializado ajudar o julgador do fato a entender a evidência ou determinar um fato em questão, uma testemunha qualificada como especialista por conhecimento, habilidade, experiência, treinamento ou educação pode depor em sob a forma de opinião ou de outra forma, se (1) o testemunho for baseado em fatos ou dados suficientes, (2) o depoimento for o produto de princípios e métodos confiáveis, e (3) a testemunha tiver aplicado os princípios e métodos fidedignamente aos fatos do caso.

12.5.2.3.3 Admissibilidade do Depoimento de Peritos. Para que o depoimento pericial seja admitido como prova em um processo judicial, o tribunal deve determinar que o depoimento é relevante, que uma testemunha é qualificada e que o depoimento é confiável.

12.5.2.3.4 Relevância. Um tribunal considerará que o testemunho de um especialista é relevante se o conhecimento científico, técnico ou outro conhecimento especializado ajudar o tribunal ou júri a compreender as provas ou decidir os fatos no caso. Por exemplo, em um caso em que a origem e a causa de um incêndio estejam em questão, o depoimento de um especialista em questões de origem e causa do incêndio será relevante para auxiliar o tribunal ou júri a entender as questões do caso.

12.5.2.3.5 Qualificações do Perito.O tribunal determina se uma testemunha que vai prestar depoimento pericial possui as qualificações necessárias para dar tais opiniões. Normalmente, o tribunal analisará a educação, treinamento, experiência ou habilidade do especialista.

12.5.2.3.6 Confiabilidade das Opiniões. Se o tribunal determinar que o depoimento do perito é relevante e que o perito possui as qualificações necessárias para opinar, há ainda um terceiro requisito que deve ser cumprido para que o parecer possa ser admitido como prova. O tribunal deve considerar que a opinião do perito é confiável.

(UMA) Muitas vezes, um desafio à confiabilidade das opiniões de um especialista é chamado de desafio "Daubert", baseado na decisão da Suprema Corte dos Estados Unidos em*Daubert x Merrell Dow*(509 US 579, 113 S. Ct. 2786). A retenção em*Daubert* aplica-se nos tribunais federais e nos tribunais estaduais que reconheceram as regras estabelecidas naquele caso. Nem todos os tribunais estaduais seguem as regras estabelecidas no*Daubert*.

(B)O Supremo Tribunal em*Daubert*estabelecem fatores que um tribunal pode usar para avaliar se a opinião de um especialista é ou não suficientemente confiável para ser admissível. Decisões posteriores da Suprema Corte deixam claro que o teste de confiabilidade é flexível e que essa lista de fatores específicos não se aplica necessariamente nem exclusivamente a todos os especialistas ou em todos os casos. Esses fatores são os seguintes:

(1) Se uma teoria ou técnica pode ser (e foi) testada

(2) Se uma teoria ou técnica foi submetida a revisão por pares e publicação (embora a publicação, ou a falta dela, não seja uma consideração dispositiva)

(3) A taxa de erro conhecida ou potencial de uma técnica científica particular e a existência e manutenção de padrões que controlam a operação da técnica

(4) Que uma "avaliação de confiabilidade" não requer, embora permita, a identificação explícita de uma comunidade científica relevante e uma determinação expressa de um determinado grau de aceitação de uma teoria ou técnica dentro dessa comunidade

(C)É importante notar que a Suprema Corte dos Estados Unidos decidiu que a*Daubert*os fatores usados para determinar a confiabilidade se aplicam não apenas ao testemunho científico, mas ao testemunho baseado em conhecimento técnico ou outro conhecimento especializado. O inquérito do tribunal sobre a fiabilidade do testemunho pericial proposto pode estender-se a uma avaliação da metodologia em que se baseia o parecer. A metodologia será validada mediante a demonstração de que foram utilizadas técnicas investigativas aceitas e que a metodologia e o raciocínio foram corretamente aplicados aos fatos em questão. A testemunha potencial pode usar este documento, bem como outros, para estabelecer que a metodologia utilizada para chegar ao parecer foi confiável.

12.5.3 Formas de Exame.O interrogatório de testemunhas geralmente ocorre em uma das duas formas, interrogatório direto e interrogatório.

12.5.3.1 Exame Direto.O interrogatório direto é o primeiro interrogatório de uma testemunha em um julgamento ou processo legal conduzido pelo advogado da parte em nome da qual a testemunha é chamada.

12.5.3.2 Contra-interrogatório.O interrogatório é o interrogatório de uma testemunha em um julgamento ou processo legal pela parte contrária a quem produziu a testemunha. O objetivo do interrogatório é desenvolver ainda mais o testemunho prestado em interrogatório direto, ou testar a verdade ou impugnar o depoimento da testemunha.

12.5.4 Formas de Depoimento.O testemunho pode ser dado tanto oralmente quanto por escrito. Seja na forma escrita ou oral, o testemunho é sempre dado sob juramento.

12.5.4.1 Declarações. Uma declaração é uma declaração escrita de fato ou opinião feita pela testemunha voluntariamente e assinada pela testemunha sob juramento.

12.5.4.2 Respostas aos Interrogatórios. Os interrogatórios são perguntas escritas a serem respondidas por uma testemunha da parte ou outra pessoa que possa ter informações de interesse de uma parte em um processo legal. As respostas devem ser assinadas sob juramento.

12.5.4.3 Depoimentos e Testemunhos de Julgamento. Estas são as declarações orais de uma testemunha prestadas sob juramento em um depoimento ou julgamento.

12.5.5 Ônus da Prova. Os ônus da prova em casos civis diferem daqueles em casos criminais. Em um caso criminal, porque as liberdades civis do réu estão em jogo, o promotor deve provar a culpa do réu além de qualquer dúvida razoável. Os casos civis geralmente envolvem disputas sobre dinheiro. Na maioria dos casos civis, o demandante deve provar suas alegações por uma preponderância das evidências, o que significa "mais provável do que não". Em algumas jurisdições, o ônus da prova em certos tipos de julgamentos civis (por exemplo, aqueles que envolvem uma alegação de fraude) é "claro e convincente". Isso significa que o julgador do fato deve ser persuadido pela evidência de que é altamente provável que a alegação ou defesa afirmativa seja verdadeira. As evidências claras e convincentes permanecem

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

ard é um fardo mais pesado do que a preponderância do padrão de evidência, mas menos do que além de uma dúvida razoável.

12.5.6 Processo Penal. Embora existam certos crimes relacionados a incêndios que parecem existir em todas as jurisdições (por exemplo, incêndio criminoso), o escopo completo de possíveis acusações criminais é tão variado quanto as próprias jurisdições, seus recursos, históricos, interesses e preocupações.

12.5.6.1 Incêndio.

12.5.6.1.1 Incêndio é o crime relacionado ao fogo mais comumente reconhecido.

12.5.6.1.2 Incêndio.*Dicionário da Lei de Black*define incêndio criminoso da seguinte forma: Na lei comum, a queima maliciosa da casa de outro. Essa definição, no entanto, foi ampliada por estatutos estaduais e códigos criminais. Por exemplo, o*Código Penal Modelo*, Seção 220.1(1), estabelece que uma pessoa é culpada de incêndio criminoso, um crime de segundo grau, se ele iniciar um incêndio ou causar uma explosão com o propósito de: (a) destruir um edifício ou estrutura ocupada de outro; ou (b) destruir ou danificar qualquer propriedade, seja sua ou alheia, para obter seguro para tal perda. Em vários estados, esse crime é dividido em incêndio criminoso em primeiro, segundo e terceiro graus: o primeiro grau inclui a queima de uma casa habitada durante a noite; o segundo grau, a queima (à noite) de um edifício que não seja uma residência, mas situado em relação a uma residência de modo a colocá-la em perigo; o terceiro grau, a queima de qualquer edifício ou estrutura não objeto de incêndio criminoso no primeiro ou segundo grau, ou a queima de propriedade, própria ou alheia,

12.5.6.2 Estatutos de Incêndio. As leis de cada jurisdição devem ser cuidadosamente pesquisadas quanto aos requisitos, ônus da prova e penalidades para o crime de incêndio criminoso. Incêndio geralmente, ou no primeiro e segundo graus (se assim classificado), é considerado um crime doloso. Tais delitos criminais exigem prova de que a pessoa danificou intencionalmente a propriedade ao iniciar ou manter um incêndio ou causar uma explosão. Incêndio no terceiro grau (se assim classificado) geralmente requer apenas conduta imprudente que resulta em danos à propriedade e muitas vezes é uma ofensa de contravenção.

12.5.6.3 Fatores a serem considerados. Os seguintes fatores são relevantes para a maioria das investigações quando existe a possibilidade de que o ato criminoso de incêndio criminoso tenha sido cometido:

(1) Foi o criação , iniciar ou manter um incêndio ou a causa de uma explosão intencional?
(2) Outra pessoa estava presente na propriedade?
(3) Quem possuía a propriedade?
(4) Se a propriedade envolvida era um edifício, que tipo de edifício e que tipo de ocupação estava envolvido no incêndio?
(5) O perpetrador agiu de forma imprudente, embora ciente do risco presente?
(6) Houve presença real de chamas?
(7) O dano real à propriedade ou lesão corporal a uma pessoa foi causado pelo incêndio ou explosão?

12.5.6.4 Outros Atos Criminais Relacionados a Incêndios.

12.5.6.4.1 As bases do processo criminal relacionado ao fogo variam muito de jurisdição para jurisdição. É impossível listar todas as ofensas possíveis. A lista não exclusiva a seguir de exemplos de atos que podem resultar em processo criminal alertará o investigador gator para as possibilidades em qualquer jurisdição: fraude de seguros; deixar incêndios sem vigilância; permitir que os incêndios queimem descontroladamente; permitindo que os incêndios escapem; queima sem as devidas autorizações; queima imprudente; queima negligente; perigo imprudente; dano criminoso; ameaça de incêndio ou bombardeio; falha em relatar um incêndio; falha em relatar condições latentes; adulteração de máquinas, equipamentos ou sinais de alerta usados para detecção, prevenção ou supressão de incêndio; falha em auxiliar na supressão ou controle de um incêndio; venda ou instalação de dispositivos de detecção ou supressão de incêndio ilegais ou inoperantes; e uso de determinados equipamentos ou máquinas sem os devidos dispositivos de segurança, sem a presença de extintores de incêndio, ou sem outras precauções para prevenir incêndios.

12.5.6.4.2 As principais indústrias ou recursos dentro de uma determinada jurisdição geralmente resultam na promulgação de disposições criminais especiais e detalhadas. A título de exemplo, existem estatutos criminais com referência específica a incêndios em minas de carvão, bosques, pradarias, florestas e parques, e durante a seca ou condições de emergência. Também existem disposições especiais em relação ao tipo de ocupação ou uso de uma determinada estrutura (ou seja, instituições penais/correccionais, hospitais, asilos, creches ou creches e escolas). O uso ou transporte de materiais perigosos ou explosivos é regulamentado em quase todas as jurisdições.

12.5.6.5* Relato de Incêndio/Estatutos de Imunidade.Todas as jurisdições estaduais e o Distrito de Columbia promulgaram Estatutos de Relato de Incêndio/Imunidade. Esses estatutos geralmente exigem que as seguradoras relatem atos suspeitos de incêndio criminoso às autoridades locais de aplicação da lei e forneçam um mecanismo para a divulgação de informações sobre sinistros de seguros a funcionários públicos sobre incêndios que possam ter sido resultado de um ato criminoso. Comumente chamados de "relatos de incêndio/atos de imunidade", os estatutos de denúncia de incêndio criminoso geralmente estabelecem que uma companhia de seguros deve, mediante solicitação por escrito de uma entidade ou funcionário público designado, divulgar itens enumerados de informação e documentação sobre qualquer perda ou potencial. perda devido a um incêndio "suspeito" ou incendiário. As informações são mantidas em sigilo até que seu uso seja requerido em um processo civil ou criminal. A seguradora fica isenta de responsabilidade civil e processo criminal, tendo como premissa a divulgação das informações, nos termos do estatuto. Conforme decretado em cada jurisdição, os atos variam muito quanto aos requisitos e sanções criminais. Cada ato impõe sanções penais por descumprimento. A fim de evitar processos criminais, as companhias de seguros e os investigadores que operam em seu nome devem estar cientes de qualquer ato de denúncia de incêndio criminoso aplicável. Deve-se estar alerta para as variações de 12.5.6.5(A) a 12.5.6.5(E) que existem atualmente. A fim de evitar processos criminais, as companhias de seguros e os investigadores que operam em seu nome devem estar cientes de qualquer ato de denúncia de incêndio criminoso aplicável. Deve-se estar alerta para as variações de 12.5.6.5(A) a 12.5.6.5(E) que existem atualmente. A fim de evitar processos criminais, as companhias de seguros e os investigadores que operam em seu nome devem estar cientes de qualquer ato de denúncia de incêndio criminoso aplicável. Deve-se estar alerta para as variações de 12.5.6.5(A) a 12.5.6.5(E) que existem atualmente.

(UMA) Além da companhia de seguros, algumas jurisdições exigem a conformidade de seus funcionários, agentes, investigadores, segurados e advogados.

(B) Além de responder a solicitações específicas por escrito de informações ou documentação, algumas jurisdições afirmam que uma seguradora pode informar as autoridades competentes sempre que suspeitar que um incêndio tenha "origem suspeita". Outras jurisdições determinam que uma seguradora deve informar as autoridades competentes sempre que suspeitar que um incêndio foi de "origem suspeita". Observe que o termo *origem suspeita*, conforme usado nesta seção, refere-se à linguagem real de alguns relatórios de incêndio

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

estatutos. Este guia não reconhece a mera suspeita como um nível de prova preciso ou aceitável para fazer determinações de origem ou causa, nem reconhece "origem suspeita" como uma descrição precisa ou aceitável de causa ou origem. Este guia desencoraja o uso de tais termos.

(C) Além de exigir a produção de itens de informação e documentação especificamente enumerados, algumas jurisdições exigem a produção de todas as informações e documentação.

(D) Embora a maioria das jurisdições assegure a absoluta confidencialidade das informações e documentação divulgadas, enquanto se aguarda seu uso em um processo criminal ou civil, outras jurisdições permitem sua divulgação a outras entidades e funcionários públicos interessados.

(E) Em muitas jurisdições, a imunidade de responsabilidade civil e processo criminal é perdida no caso de informações serem divulgadas de forma maliciosa ou de má fé.

12.5.7 Contencioso Cível. Muitos incêndios resultam em litígios civis. Esses processos normalmente envolvem reivindicações de danos por morte, ferimentos, danos materiais e perdas financeiras causadas por um incêndio ou explosão. A maioria dos processos cíveis baseia-se em alegações de negligência. Um número significativo de ações cíveis tem como premissa o princípio legal da responsabilidade pelo produto ou supostas violações dos códigos e normas aplicáveis.

12.5.7.1 Negligência.

12.5.7.1.1A negligência geralmente se aplica a situações em que uma pessoa não se comportou da maneira de uma pessoa razoavelmente prudente nas mesmas circunstâncias ou em circunstâncias semelhantes. A responsabilidade por negligência exige mais do que conduta. Os elementos que tradicionalmente devem ser estabelecidos para responsabilizar legalmente por negligência podem ser enunciados brevemente, como segue:

(1) Dever: Um dever que exige que uma pessoa se adeque a um certo padrão de conduta, para a proteção de outros contra riscos irracionais
(2) Falha: Uma falha da pessoa em se conformar com o padrão exigido
(3) Causa: Uma conexão causal razoavelmente próxima entre a conduta da pessoa e a lesão resultante a outra (geralmente referida como "causa legal" ou "causa imediata")
(4) Perda: Perda ou dano real resultante dos interesses de outro

12.5.7.1.2 Exemplo hipotético dos elementos de negligência.O operador de uma casa de repouso tem um*dever*instalar detectores de fumaça operáveis dentro do lar de idosos para a proteção dos habitantes do lar de idosos. Um operador de casa de repouso razoavelmente prudente teria instalado os detectores de fumaça. O operador do lar de idosos*fracassado*para instalar detectores de fumaça operáveis. Um incêndio começou em um depósito. Como não havia detectores de fumaça, a equipe e os ocupantes da casa de repouso não foram alertados sobre a presença do fogo a tempo de permitir que os ocupantes alcançassem a segurança, e um ocupante que poderia ter sido salvo morreu como resultado do incêndio. o fogo. A morte do ocupante foi aproximadamente *causado*pela falha na instalação de detectores de fumaça operáveis. A morte constitui*perda* ou*dano*ao ocupante falecido e à sua família. Uma vez estabelecidos os quatro elementos, a responsabilidade por negligência pode ser imposta.

12.5.7.2 Códigos, Regulamentos e Normas.Vários códigos, regulamentos e padrões evoluíram ao longo dos anos para proteger vidas e propriedades contra incêndios. Violações de códigos, regulamentos, regras, ordens ou normas podem estabelecer uma base de responsabilidade civil em casos de incêndio ou explosão. Além disso, muitas jurisdições determinaram legalmente que tais violações estabelecem negligência ou levantam uma presunção de negligência. Por estatuto, a violação de disposições penais ou do código penal também pode dar direito à parte lesada a danos duplos ou triplos.

12.5.7.3 Responsabilidade do Produto.A responsabilidade do produto refere-se à responsabilidade legal dos fabricantes e vendedores para compensar compradores, usuários e até mesmo espectadores por danos ou lesões sofridos por causa de defeitos nas mercadorias adquiridas. Este delito torna os fabricantes responsáveis se o seu produto tiver uma condição defeituosa que o torne excessivamente perigoso (inseguro) para o usuário ou consumidor. Embora a responsabilidade final por lesões ou danos seja mais frequentemente do fabricante, a responsabilidade também pode ser imposta a um varejista, ocasionalmente a um atacadista ou intermediário, a um fiador ou arrendador e, raramente, a uma parte totalmente fora da fabricação e distribuição. processo, como um certificador. Esta responsabilidade final pode ser imposta por uma ação do autor diretamente contra o fabricante,

12.5.7.4 Responsabilidade Estrita.

12.5.7.4.1 Os tribunais aplicam o conceito de responsabilidade objetiva em casos de responsabilidade do produto em que um vendedor é responsável por todo e qualquer produto defeituoso ou perigoso que ameace indevidamente a segurança pessoal do consumidor. Este conceito se aplica a todos os membros envolvidos na fabricação e venda de qualquer faceta do produto. O conceito de responsabilidade objetiva em delito é fundado na premissa de que quando um fabricante apresenta um produto ou bem ao público para venda, o fabricante declara que o produto ou bem é adequado para o uso pretendido. Para recuperar em responsabilidade objetiva, é essencial provar que o produto estava defeituoso quando colocado no fluxo de comércio e era, portanto, excessivamente perigoso.

12.5.7.4.2 Os seguintes tipos de defeitos foram reconhecidos: defeitos de projeto; defeitos de fabricação; falta de aviso ou inadequação do aviso; e descumprimento de normas, códigos, regras ou regulamentos aplicáveis. Os três defeitos mais comumente aplicados são descritos em 12.5.7.4.2(A) a 12.5.7.4.2(C).

(A) Defeito de projeto.O design básico do produto contém uma falha ou defeito que tornou o produto excessivamente perigoso.

(B) Defeito de Fabricação.O design do produto pode ter sido adequado, mas uma falha ou erro na fabricação ou montagem do produto o tornou inseguro.

(C) Advertências inadequadas.O consumidor não foi devidamente instruído quanto ao uso adequado ou seguro do produto; nem o consumidor foi avisado de qualquer perigo inerente à posse, ou qualquer uso ou uso indevido razoavelmente previsível do produto. A responsabilidade objetiva se aplica, embora o vendedor tenha exercido todo o cuidado possível na preparação e venda de um produto. Não é necessário que a negligência seja comprovada.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Capítulo 13 Segurança

13.1* Geral.Cenas de incêndio, por sua natureza, são lugares perigosos. Os investigadores de incêndio têm uma obrigação consigo mesmos e talvez com outros (como outros investigadores, operadores de equipamentos, trabalhadores, proprietários, advogados) que podem ser ameaçados em cenas de incêndio durante o processo de investigação. Este capítulo fornecerá ao investigador algumas recomendações básicas relativas a uma variedade de questões de segurança, incluindo equipamento de proteção individual (EPI). Deve-se notar, no entanto, que o investigador deve estar ciente e seguir os requisitos aplicáveis das leis relacionadas à segurança (OSHA, federal ou estadual) ou as políticas e procedimentos estabelecidos por sua agência, empresa ou organização.*(Consulte a Figura 13.1.)*

13.1.1* Estatísticas Gerais de Lesões/Saúde.A atmosfera de incêndio encontrada pelos investigadores de incêndio e explosão como parte de sua rotina normal de trabalho muda rapidamente com o tempo, pode conter uma combinação de vários riscos respiratórios e pode ser imediatamente perigosa à vida e à saúde (IDLH). A inalação de poeiras nocivas, gases tóxicos e vapores em cenas de incêndio e explosão é um perigo comum para os investigadores que normalmente chegam para iniciar sua investigação após a conclusão das operações de supressão de incêndio e revisão.

13.1.1.1*Muitos pesquisadores avaliaram até que ponto os bombeiros estão expostos a substâncias perigosas durante as atividades de extinção. Esses estudos estabelecem a base sobre a qual melhores padrões de proteção para investigadores de incêndio podem ser desenvolvidos e apresentam questões relacionadas aos efeitos de saúde de curto e longo prazo.

13.1.1.2*Embora limitada, algumas pesquisas tentaram quantificar os perigos presentes durante a investigação de incêndios. O Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH) em conjunto com o Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives reconheceu os perigos das operações de revisão de investigadores de incêndio vasculhando os detritos em um relatório de avaliação de riscos à saúde de 1998 e, em 2007, publicou o resultados de um estudo sobre contaminação de roupas expostas em locais de incêndio.

13.1.1.2.1O estudo de 1998 quantificou os compostos presentes nas cenas de incêndio após a extinção do incêndio. Embora em baixas concentrações, os compostos detectados incluíram poeiras, hidrocarbonetos alifáticos.



FIGURA 13.1 Os requisitos de segurança do local de incêndio são aplicáveis a todos os participantes durante toda a investigação e análise do local.

carbonos, acetona, ácido acético, acetato de etilo, isopropanol, estireno, benzeno, tolueno, xileno, furfural, fenol e naftaleno. Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) com potencial carcinogênico incluíram benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno e benzo(a)pireno. Enquanto todos os compostos anteriores foram encontrados em níveis abaixo dos limites de exposição recomendados pelo NIOSH, o formaldeído foi encontrado em concentrações quase duas vezes maiores que seu limite de 0,1 ppm.

13.1.1.2.2O estudo de 2007 quantificou os perigos apresentados aos investigadores e suas famílias devido à contaminação de suas roupas durante as investigações do local do incêndio. Os pesquisadores encontraram um potencial de contaminação de outras roupas lavadas com os uniformes sujos. Com base nos resultados do relatório, os pesquisadores recomendaram que roupas de proteção sejam usadas durante as investigações do local do incêndio e, para reduzir o potencial de transporte de contaminantes para casa, os investigadores devem usar macacões descartáveis ou usar um serviço de lavanderia profissional para esse fim.

13.1.2 Programas de Saúde e Segurança Todos os empregadores do setor público e privado têm a responsabilidade de fornecer um local de trabalho "seguro" e proteger seus funcionários de riscos reconhecidos, conforme exigido pela Cláusula de Dever Geral da Lei da Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (OSHA) de 1970. Espera-se que os investigadores e seus empregadores cumpram todos os regulamentos, padrões e práticas da OSHA aplicáveis às tarefas e atividades realizadas em seu local de trabalho, que na maioria das vezes será em cenas de incêndio e explosão. A chave para a conformidade com os regulamentos de segurança e saúde ocupacional e a base dos procedimentos operacionais padrão de uma organização, políticas e programas de treinamento de funcionários é um Programa abrangente de Segurança e Saúde Ocupacional por escrito.

13.1.2.1A OSHA identificou cinco elementos críticos que se mostraram consistentemente bem-sucedidos em ajudar as organizações a reduzir a incidência de lesões, doenças e fatalidades ocupacionais e que são necessários para desenvolver e implementar um programa eficaz de segurança e saúde ocupacional para investigadores de incêndio.

13.1.2.1.1 Comprometimento da Gestão e Participação dos Colaboradores. As organizações devem ter uma declaração escrita de política de segurança e saúde claramente articulada que seja compreendida por todo o pessoal. É fundamental que todos compreendam a prioridade da proteção da segurança e da saúde em relação a outros valores organizacionais.

13.1.2.1.2 Avaliação de Perigos e Riscos.A identificação de perigos potenciais em uma cena de incêndio ou explosão requer um exame e análise ativos e contínuos dos processos de trabalho, práticas, procedimentos, equipamentos e condições de trabalho. A identificação de perigos não apenas ajuda a determinar o nível apropriado de roupas e equipamentos de proteção individual (EPI) necessários para proteger adequadamente os investigadores, mas também pode ser usado para identificar necessidades adequadas de treinamento e educação.

13.1.2.1.3 Prevenção e Controle de Perigos.A prevenção e o controle de perigos baseiam-se na determinação de que um perigo potencial sempre existe em cada cena. Os perigos são eliminados ou gerenciados pela implementação de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) e práticas de trabalho que descrevem controles de engenharia e EPI eficazes. Este processo prevê a identificação, avaliação, prevenção e controle sistemáticos de perigos gerais no local de trabalho e perigos menos óbvios que possam surgir durante as atividades no local.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

13.1.2.1.4 Treinamento e Educação em Segurança e Saúde. Um programa eficaz de treinamento e educação aborda as responsabilidades de segurança e saúde de todo o pessoal em toda a organização, incluindo os supervisores. As agências devem considerar a integração de algum aspecto de treinamento e educação em segurança e saúde em todas as atividades organizacionais de treinamento e educação para reforçar a importância da segurança.

13.1.2.1.5 Compromisso de Longo Prazo.A administração e os funcionários devem assumir um compromisso sério para sustentar o programa de segurança e saúde da organização e torná-lo uma prioridade fundamental. Sem esse nível de comprometimento, o programa de segurança e saúde está fadado ao fracasso. As organizações devem buscar e buscar continuamente práticas, métodos, programas, tecnologia e equipamentos novos e aprimorados especificamente adaptados aos deveres e responsabilidades dos investigadores.

13.1.2.2 Um Programa de Segurança e Saúde Ocupacional de Investigador de Incêndios eficaz inclui disposições para a identificação sistemática, avaliação e prevenção ou controle de perigos gerais no local de trabalho e perigos menos óbvios que possam surgir durante as atividades no local. Os investigadores devem consultar a NFPA 1500 para orientação específica sobre o desenvolvimento de um programa eficaz de gestão de risco/saúde e segurança para sua organização.

13.2 Segurança Geral do Local de Incêndio.O investigador deve estar ciente dos perigos gerais e particulares da cena sob investigação. O investigador deve ter em mente o potencial de lesões graves a qualquer momento e não deve se tornar complacente ou assumir riscos desnecessários.

13.2.1 Investigando a cena sozinho. Os exames do local do incêndio não devem ser realizados sozinhos. Um mínimo de dois indivíduos deve estar presente para garantir que a assistência esteja à mão se um investigador ficar preso ou ferido. Se a cena do incêndio for investigada por um investigador, um protocolo de comunicação claro precisa ser estabelecido entre o investigador do local e uma pessoa de contato externa. Um tempo estimado de conclusão deve ser estabelecido e contatos periódicos entre o investigador da cena e a pessoa de contato externa devem ser feitos em intervalos regulares. Se for impossível para o investigador ser acompanhado, ele ou ela deve pelo menos notificar uma pessoa responsável de onde o investigador estará e de quando ele ou ela pode ser razoavelmente esperado para retornar.

13.2.2 Fadiga do Investigador.

13.2.2.1É comum os investigadores realizarem longos períodos de trabalho físico extenuante durante uma investigação da cena do incidente. Este trabalho pode resultar em fadiga, o que pode influenciar adversamente a coordenação física, força ou julgamento de um investigador para reconhecer ou responder a condições ou situações perigosas. Tenha em mente que o uso de roupas de segurança pesadas e proteção respiratória aumentará ainda mais a fadiga.

13.2.2.2 Descanso periódico, reposição de líquidos e alimentação devem ser obtidos em um ambiente seguro, distante mas conveniente do local do incêndio. Instalações sanitárias que incluem banheiro e estação de lavagem são necessárias em incidentes grandes ou graves. O perigo para o investigador de incêndio não é apenas por aspiração e absorção, mas também por ingestão, por isso é essencial que comer e beber ocorra fora do local após a remoção do equipamento contaminado e a lavagem do rosto e das mãos.

13.2.3 Trabalhando Acima ou Abaixo do Nível de Série. Sempre que os investigadores tiverem que trabalhar acima ou abaixo do nível da série, eles devem estar cientes dos perigos especiais que podem estar presentes.

13.2.3.1Água parada pode representar uma variedade de perigos para o investigador. Poças de água na presença de sistemas elétricos energizados podem ser letais se o investigador tocar em um fio energizado, aparelho não aterrado ou outro equipamento enquanto estiver na água.

13.2.3.2 Poças de água que parecem ter apenas alguns centímetros de profundidade podem, na verdade, estar bem acima da cabeça do investigador. Poças de água também podem esconder perigos ocultos, como buracos ou objetos perigosos que podem tropeçar ou ferir o investigador.

13.2.3.2.1A espuma de supressão é usada pelos bombeiros em incêndios de Classe A e Classe B. A espuma pode representar um perigo para qualquer cena de incêndio e para os investigadores. A espuma pode esconder buracos no chão, riscos de tropeçar, detritos, objetos pontiagudos, ferramentas e vários outros itens deixados no local do incêndio. As espumas podem tornar as superfícies escorregadias e causar quedas. Se espuma foi usada, então é recomendado que a espuma se dissipe, ou a espuma seja cuidadosamente lavada para fora da cena antes de fazer a entrada para minimizar a possibilidade de alterar a cena ou destruir evidências.

13.2.3.3A qualidade do ar do porão ou áreas subterrâneas pode exigir testes atmosféricos. O teste deve determinar a concentração de oxigênio ou avaliar outras possíveis condições atmosféricas suspeitas.

13.2.3.4 Ao trabalhar acima do nível do solo, o investigador deve considerar a necessidade de equipamento apropriado de proteção contra quedas. Os requisitos dos regulamentos da OSHA (estadual ou federal) para proteção contra quedas e alturas de gatilho de proteção contra quedas devem ser consultados e seguidos.

13.2.3.5 Ao trabalhar de qualquer plataforma aérea, o investigador deve determinar se essa plataforma ou equipamento foi projetado (rotulado)*para uso de pessoas*. Equipamentos não designados para uso por pessoas não devem ser usados. Os requisitos dos regulamentos da OSHA (estadual e federal) para treinamento de segurança do operador de elevador aéreo devem ser consultados e seguidos.*(Consulte a Figura 13.2.3.5.)*

13.2.4 Trabalhando em torno de equipamentos mecanizados.A utilização de equipamentos pesados e mecanizados na cena do incêndio ou da explosão apresenta questões e preocupações únicas tanto para os investigadores presentes quanto para a segurança geral da cena.



FIGURA 13.2.3.5 Uso de uma lança articulada para levantamento do local do incêndio antes de entrar no local do incêndio. O pessoal está usando equipamento de proteção contra quedas e o operador está devidamente treinado.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

13.2.4.1 Quando o equipamento mecanizado estiver em uso, a área deve ser isolada por barricadas para impedir a entrada nessa área ou, se for necessário que os investigadores estejam nessa área, eles devem usar coletes ou roupas de alta visibilidade apropriadas e um monitor de segurança que se comunicará com o operador e avisar os investigadores sobre a mudança de perigos ou condições devem estar presentes.

13.2.4.2 As áreas de oscilação dos guindastes e o caminho que será usado para remover os detritos devem ser identificados e barricados para evitar a entrada e possíveis ferimentos. Ninguém deve trabalhar sob uma carga que está sendo movida por um guindaste.

13.2.5 Segurança de Espectadores.

13.2.5.1 Cenas de incêndio e explosão geralmente despertam o interesse dos espectadores. Sua segurança, bem como a segurança da cena e suas evidências, devem ser abordadas pelo investigador.

13.2.5.2A cena da investigação deve ser protegida da entrada por espectadores e outras pessoas não autorizadas. Esta segurança pode ser feito simplesmente isolando a área e colocando sinais de "Mantenha-se fora" e fita de barricada, ou pode exigir a assistência de policiais, bombeiros ou outras pessoas servindo como guardas. Quaisquer indivíduos não autorizados encontrados na área da cena de investigação de incêndio devem ser identificados e sua identidade anotada; então eles devem ser escoltados para fora do local para evitar possíveis lesões.

13.2.6 Status de Supressão.

13.2.6.1 Se o investigador vai entrar um ambiente perigoso como um incêndio de estrutura em curso, o investigador deve receber permissão do fogo comandante do incidente fazer isso. O investigador deve coordenar suas atividades com outro pessoal de serviço de emergência e deve manter a pessoa apropriada dentro do sistema de gerenciamento de incidentes informados de sua localização e atividades. Qualquer investigador opera dentro de uma zona de perigo deve estar em conformidade com todas as procedimentos operacionais padrão apropriados do AHJ incluem treinamento, equipamentos de proteção individual, respi- proteção credora, trabalho em grupo e todas as outras políticas.

13.2.6.2 Ao realizar uma investigação em uma estrutura logo após a extinção do incêndio, o investigador deve estar atento à possibilidade de reacender. O investigador deve estar alerta para incêndios contínuos ou reacender e deve estar sempre atento ao meio de saída mais rápido ou seguro.

13.2.7 Kit de primeiros socorros e números de notificação de emergência. A entidade controladora em uma cena de incêndio ou explosão deve ter, no mínimo, um kit de primeiros socorros e acesso aos números de notificação de emergência locais e ao local de atendimento médico de emergência no caso de surgir uma emergência durante o processo de investigação.

13.2.8 Sinal de Notificação de Emergência.A entidade controladora em um local de incêndio ou explosão deve ter um sinal de evacuação de emergência estabelecido e um local de encontro identificado para outros investigadores que possam estar trabalhando no local. O tipo de sinal e o local de evacuação devem ser discutidos durante a primeira reunião de segurança e em outros momentos quando novos investigadores chegarem ao local.

13.3 Riscos de Cena de Incêndio.O investigador deve estar ciente dos perigos gerais e particulares da cena sob investigação. O investigador deve ter em mente o potencial cial para ferimentos graves a qualquer momento e não deve se tornar complacente ou assumir riscos desnecessários. A necessidade dessa conscientização é especialmente importante quando a estabilidade estrutural da cena é desconhecida ou quando a investigação exige que o investigador trabalhe acima ou abaixo do nível do solo. Mesmo nos casos em que o investigador de incêndio acredita que a estrutura é estável, deve-se sempre ter cautela, pois as observações visuais da estabilidade da estrutura nem sempre são consistentes com a estabilidade real da edificação. As atividades de calor e/ou supressão podem fazer com que os componentes estruturais do edifício falhem ou enfraqueçam. Recomenda-se que os investigadores trabalhem em equipes de dois ou mais. Trabalhando em equipe, os investigadores podem ajudar uns aos outros e ajudar a garantir a segurança uns dos outros. Considerando que trabalhar sozinho não é recomendado,

13.3.1 Riscos Físicos. Riscos de escorregar, tropeçar e cair; furos em pisos; confinado espaços; superfícies afiadas; vidro quebrado; e outros perigos semelhantes podem causar ferimentos ou morte ao investigador. A fadiga do investigador aumenta o potencial de lesão física durante a investigação do local do incêndio. Ao usar ferramentas manuais, ferramentas elétricas portáteis e escadas, deve-se tomar cuidado para observar todos os requisitos de segurança e diretrizes operacionais para diminuir o potencial de ferimentos. O uso de lanternas ou iluminação portátil (intrinsecamente seguro, se necessário) reduzirá o potencial de escorregamento ou queda. Além disso, a identificação, marcação e cobertura de orifícios e outros itens que possam representar um risco físico reduzirá o potencial de ferimentos. Água parada e superfícies molhadas ou escorregadias devem ser adequadamente marcadas e barricadas para evitar que os investigadores entrem na área.*(Consulte a Figura 13.3.1.)*

13.3.2 Riscos de Estabilidade Estrutural. Por sua natureza, a maioria das estruturas que estiveram envolvidas em incêndios ou explosões são estruturalmente enfraquecidas. Telhados, tetos, divisórias, paredes de suporte e pisos podem ter sido comprometidos pelo fogo ou explosão.

13.3.2.1O calor afeta vários componentes do edifício de diferentes maneiras, alguns dos quais podem não ser visíveis a olho nu. Deve-se sempre ter cuidado para avaliar a estabilidade da estrutura antes da entrada e durante todo o processamento de



FIGURA 13.3.1 Andaimes usados para permitir que os investigadores acessem partes da estrutura. Perigo de queda é a passagem da estrutura para o andaime.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

a cena. Se o processamento da cena demorar mais de um dia, as avaliações de estabilidade devem ser realizadas várias vezes, pois os efeitos dos danos causados pelo incêndio ao edifício podem mudar ao longo do processamento da cena. As condições meteorológicas podem afetar a estabilidade do edifício, necessitando de reavaliações constantes ao longo de todo o processamento da cena.

13.3.2.2A tarefa do investigador exige que ele entre nessas estruturas e muitas vezes exige que ele execute tarefas de remoção de detritos que podem desalojar ou enfraquecer ainda mais essas estruturas já insalubres. Antes de entrar em tais estruturas ou iniciar a remoção de detritos, o investigador deve fazer uma avaliação cuidadosa da estabilidade e segurança da estrutura. Se necessário, o investigador deve procurar a ajuda de especialistas em estruturas qualificados para avaliar a necessidade de remoção de construções perigosamente enfraquecidas ou deve tomar providências para escorar paredes, pisos, tetos ou telhados de suporte.*(Consulte a Figura 13.3.2.2.)*

13.3.3 Riscos Elétricos. Riscos elétricos na cena da investigação podem vir do serviço de energia elétrica do prédio, energia de emergência ou reserva, ou daquelas ferramentas e equipamentos que o investigador traz para a cena. O serviço elétrico deve ser desconectado ou os circuitos apropriados isolados.

13.3.3.1 Embora os investigadores de incêndio possam chegar ao local horas ou mesmo dias depois, eles devem reconhecer os riscos potenciais para evitar ferimentos ou até mesmo a morte. Ferimentos graves ou morte podem resultar de choques elétricos ou queimaduras. Os investigadores, bem como os bombeiros, devem aprender a se proteger dos perigos da eletricidade enquanto realizam os exames do local do incêndio. O risco é particularmente alto durante um exame da cena imediatamente após o incêndio. Quando as condições o justificarem, o investigador deve certificar-se de que a energia do prédio ou da área afetada foi desconectada antes de entrar na área de risco. O investigador também deve reconhecer que os edifícios podem ter várias alimentações de utilidades e deve garantir que todas as alimentações sejam desconectadas antes de entrar na área perigosa.



FIGURA 13.3.2.2 Como resultado de danos por explosão e incêndio, a estrutura teve que ser escorada antes da entrada dos investigadores.

Δ **13.3.3.2* Bloqueio/Sinalização (LOTO).**Quando o serviço elétrico for interrompido e a fonte de alimentação for desconectada, uma etiqueta de aviso ou trava deve ser anexada à desconexão apropriada, indicando que a alimentação foi desligada. Se mais de uma pessoa ou grupo estiver investigando a cena, cada pessoa ou grupo deve anexar sua própria etiqueta de aviso ou trava no medidor de desconexão apropriado necessário. Isso impede que o medidor de desconexão seja inadvertidamente colocado na posição "ligado" por uma pessoa ou grupo deixando a área enquanto uma segunda pessoa ou grupo ainda está processando a cena. Ao considerar potenciais perigos elétricos, sempre assuma que existe perigo. O investigador deve verificar pessoalmente se a energia foi desconectada. Esta verificação pode ser realizada com o uso de um voltímetro. Alguns medidores permitem a medição precisa de volts, ohms, e resistência. Outros dispositivos são projetados simplesmente para indicar a presença de corrente alternada. Esses produtos do tamanho de um lápis emitem um alarme sonoro ou visual quando a ponta do dispositivo é colocada perto do condutor (nu ou isolado). Ao utilizar equipamento de teste de tensão, é imperativo que o dispositivo de teste seja classificado para a tensão fornecida à estrutura sob investigação. A utilização de equipamento não classificado expõe o investigador a eletrocussões e coloca outros investigadores na área do teste em grande risco. Se houver alguma dúvida sobre se o equipamento está energizado, a concessionária de energia elétrica local deve ser acionada para verificação.

13.3.3.3O investigador pode estar trabalhando em uma cena de incêndio que foi equipada com fiação temporária. O investigador deve estar ciente de que a fiação temporária para iluminação ou energia pode não estar devidamente instalada, aterrada ou isolada e, portanto, pode ser insegura.

13.3.3.4O investigador deve considerar os riscos elétricos mostrados em 13.3.3.4.1 a 13.3.3.4.12 ao examinar a cena do incêndio.

13.3.3.4.1 Todos os fios devem ser considerados energizados ou "quentes", mesmo quando o medidor for removido ou desconectado.

13.3.3.4.2 Ao se aproximar de um local de incêndio, o investigador deve ficar atento a fios elétricos caídos na rua; no chão; ou em contato com uma cerca de metal, guarda-corpo ou outro material condutor, incluindo água.

13.3.3.4.3O investigador deve ficar atento a antenas que caíram nas linhas de energia existentes, ao revestimento de metal que ficou energizado e à fiação subterrânea.

13.3.3.4.4O investigador deve ter cuidado ao usar ou operar escadas ou ao elevar equipamentos nas proximidades de linhas elétricas aéreas.

13.3.3.4.5 Deve-se notar que os serviços prediais são capazes de fornecer alta amperagem e que curtos-circuitos podem resultar em um flash elétrico intenso, com possibilidade de ferimentos graves e queimaduras.

13.3.3.4.6 Calçado de borracha não deve ser usado como isolante.

13.3.3.4.7Não se deve entrar em um porão inundado se o sistema elétrico estiver energizado. Equipamentos elétricos energizados não devem ser desligados manualmente enquanto estiverem na água.

13.3.3.4.8A operação de qualquer interruptor elétrico ou equipamento não à prova de explosão na área que possa causar uma explosão se houver suspeita de gás ou vapores inflamáveis deve ser evitada.*(Consulte 13.3.4.)*Quando a energia elétrica

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

deve ser desligado, deve ser feito em um ponto distante da atmosfera explosiva.

13.3.3.4.9 Devem ser estabelecidas linhas de comunicação e cooperação estreita com a concessionária. O pessoal da companhia de energia possui o conhecimento e os equipamentos necessários para lidar com emergências elétricas.

13.3.3.4.10O investigador deve localizar e evitar cabos de alimentação elétrica subterrâneos antes de cavar ou escavar no local do incêndio.

13.3.3.4.11O investigador deve estar ciente de vários serviços elétricos que não podem ser desconectados, como ligado ou desligado geradores locais, sistemas de bateria de reserva, sistemas fotovoltaicos, cabos de extensão de edifícios vizinhos e instalações semelhantes.

13.3.3.4.12 Um medidor sempre deve ser usado para determinar se a eletricidade está desligada.

Δ **13.3.4 Riscos Químicos.**Incêndios e explosões geralmente geram gases tóxicos. A presença de materiais perigosos na estrutura é certa. As casas contêm produtos químicos na cozinha, banheiro e garagem que podem criar um grande risco para o investigador se ele for exposto a eles. As estruturas comerciais e empresariais são geralmente mais organizadas no armazenamento de materiais perigosos, mas o investigador não pode presumir que o risco seja menor em tais estruturas. O investigador deve estar ciente da possibilidade de ficar exposto a atmosferas perigosas durante o curso de uma investigação.

N **13.3.4.1**O amianto representa um risco físico significativo no local do incêndio. É uma substância quimicamente inerte que oferece propriedades ignífugas e resiste ao aquecimento. Essas propriedades o tornaram um material comum na construção civil e para uso na indústria. Embora o uso de amianto tenha sido proibido em muitos produtos, atualmente é permitido em materiais de construção como materiais de telhado, tubos e chapas de fibrocimento, compostos de calafetagem, pisos e cimentos para juntas. Além disso, o amianto é rotineiramente identificado em materiais de parede (gesso, gesso, massa para juntas, fita adesiva) e materiais de piso que foram instalados antes dos regulamentos promulgados. Incêndios e explosões são de natureza destrutiva com potencial para criar amianto friável. Também devem ser considerados os processos industriais/de fabricação que ocorrem no local, antes de um incêndio, que podem usar materiais que contenham amianto e, portanto, pesquisadores de impacto. As exposições ao amianto documentaram efeitos à saúde como mesotelioma, enfisema e outras condições respiratórias. Os investigadores de incêndio devem realizar uma avaliação de risco e são advertidos a usar a proteção respiratória apropriada quando relevante.

13.3.4.2 As atmosferas da cena do incêndio podem conter gases, vapores e líquidos inflamáveis, bem como baixas concentrações de oxigênio. A atmosfera deve ser testada usando equipamento apropriado para determinar se tais perigos ou condições existem antes de trabalhar ou introduzir fontes de ignição na área. Tais fontes de ignição podem incluir arcos elétricos de lanternas, rádios, câmeras e seus flashes e materiais fumegantes.

13.3.4.3O investigador deve estar ciente de que a atmosfera pode mudar durante o processamento de uma cena. À medida que o investigador move objetos durante a escavação da cena, bolsões de gases podem escapar ou recipientes e tubos podem ser rompidos. Portanto, a atmosfera pode precisar ser monitorada.

13.3.4.4 Os produtos químicos que normalmente estão presentes no local ou aqueles que são resultado do incidente devem ser considerados. Em ocupações comerciais, o investigador pode desejar obter cópias das fichas de dados de segurança (SDS) para determinar os perigos desses produtos. A identificação dos perigos químicos que podem estar presentes como resultado do incidente é mais difícil. Existem muitos documentos de referência que o investigador pode usar para determinar os perigos de produtos químicos suspeitos presentes na cena da investigação, incluindo o Instituto Nacional de Segurança e Saúde (NIOSH)*Guia de bolso para perigos químicos.*

13.3.4.5 As concessionárias de gás que atendem à estrutura ou ao processo industrial devem ser identificadas e desligadas no medidor e bloqueadas ou etiquetadas. Se o isolamento completo do edifício não puder ser realizado, o investigador deve garantir que a área do edifício ou processo industrial que está sendo escavado e examinado seja isolada de qualquer serviço de gás conectado.

13.3.4.6A presença de produtos químicos como pesticidas também deve ser considerada em ocupações residenciais e comerciais. Se estiverem devidamente contidos, geralmente não representam uma ameaça. No entanto, se o recipiente for quebrado antes ou durante o processamento da cena, o investigador precisará tomar as precauções apropriadas, como evitar a área ou utilizar EPI apropriado.

13.3.5 Riscos Biológicos. As fontes de perigos biológicos incluem bactérias, vírus, insetos, plantas, pássaros, animais e humanos. Estas fontes podem causar uma variedade de efeitos na saúde, desde irritação da pele e alergias até infecções (por exemplo, tuberculose, doenças transmissíveis), câncer, etc. Alguns desses perigos podem não ser reconhecidos sem assistência especializada.

13.3.5.1 Existem fontes comuns de riscos biológicos encontradas em ocupações residenciais e comerciais, incluindo alimentos em decomposição, lixo, animais que não sobreviveram ao fogo e tubulações e sistemas de águas residuais quebrados ou danificados. O investigador não deve abrir geladeiras ou freezers sem considerar a condição dos alimentos, especialmente se o serviço elétrico estiver desligado por vários dias.

13.3.5.2 Se o investigador for obrigado a trabalhar em torno de riscos biológicos, o EPI apropriado deve ser usado e, após a conclusão do trabalho, a descontaminação e o descarte apropriados devem ocorrer. O uso de roupas externas descartáveis é útil, pois podem fornecer excelente proteção e limitar a necessidade de descontaminação das roupas usadas sob elas.*(Consulte a Figura 13.3.5.2.)*

13.3.6 Riscos Mecânicos.Máquinas e equipamentos presentes no local podem ter energia armazenada. Antes de trabalhar em torno de máquinas e equipamentos, o investigador precisará determinar se eles estão no estado mecânico zero ou se ainda estão operacionais ou funcionais. Para máquinas ou equipamentos especializados, o investigador pode precisar buscar a assistência do proprietário do imóvel ou outro recurso técnico para auxiliar no controle da energia armazenada.*(Consulte a Figura 13.3.6.)*

13.3.7 Perigos Diversos. Além dos perigos listados anteriormente, existem alguns perigos específicos para a ocupação em particular.

13.3.7.1 Riscos radiológicos. Riscos radiológicos podem ser encontrados em consultórios médicos e algumas ocupações industriais. Os consultórios médicos podem conter pequenas quantidades de materiais radioativos.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 13.3.5.2 Não só o perigo biológico é um Preocupação, este veículo também deve ser bloqueado para evitar a atuação dos sistemas hidráulicos.



FIGURA 13.3.6 As máquinas devem estar no estado mecânico zero antes da remoção de quaisquer painéis para determinar a condição.

13.3.7.2 Utilitários.O investigador deve determinar o estado de todas as utilidades (ou seja, eletricidade, gás e água) dentro da estrutura sob investigação. Determine antes de entrar se as linhas elétricas estão energizadas (serviço elétrico primário, secundário ou temporário), se as linhas de gás combustível estão carregadas ou se as redes e linhas de água estão operacionais. A determinação do estado de todas as utilidades é necessária para evitar a possibilidade de choque elétrico ou liberação inadvertida de gases combustíveis ou água durante o curso da investigação.

13.3.7.3 Riscos de Equipamentos MecanizadosO uso de equipamentos mecanizados durante o processamento do local do incêndio traz perigos adicionais ao local. Deve-se tomar cuidado ao processar a cena durante o uso do equipamento mecanizado. O investigador deve estar ciente da movimentação de equipamentos e materiais e reconhecer que o operador desse equipamento pode não estar ciente de que o investigador pode estar em perigo.

13.4 Planos de Segurança. Pode haver uma série de planos de segurança que o investigador pode ser obrigado a desenvolver como parte do processo de investigação. A complexidade dos planos e os tópicos incluídos variam de acordo com os perigos e riscos identificados no local. Outros fatores podem precisar ser considerados, incluindo o número de investigadores e pessoal de apoio, gravidade dos perigos e riscos presentes, o uso de EPI especializado, uso de equipamentos mecanizados e políticas e procedimentos governamentais e organizacionais.

13.4.1* Avaliação de Perigos e Riscos.Uma das primeiras tarefas que devem ser concluídas antes do início de uma investigação de incêndio ou explosão é uma Avaliação de Perigos e Riscos. O investigador será capaz de determinar os perigos presentes e controlá-los por meio de engenharia ou controle administrativo ou por meio da seleção e uso de EPI apropriado.

13.4.1.1 Identifique os Perigos.O processo de avaliação de perigos e riscos começa com a identificação dos perigos. Para simplificar o processo de identificação de perigos e permitir uma identificação mais sistemática e completa, os perigos podem ser agrupados por tipo.

13.4.1.1.1 Riscos Físicos. Riscos físicos, como escorregões, tropeços e quedas, ou superfícies afiadas, vidros quebrados e outros riscos podem causar um risco físico ao investigador.

13.4.1.1.2 Riscos Estruturais. Muitos riscos estruturais são facilmente identificados sem a necessidade de assistência técnica especializada, mas em cenas complexas ou muito danificadas, o investigador pode considerar a assistência de um engenheiro estrutural.

13.4.1.1.3 Riscos Elétricos. Riscos elétricos na cena da investigação podem vir do serviço de energia elétrica do prédio, energia de emergência ou reserva, ou daquelas ferramentas e equipamentos que o investigador traz para a cena. O serviço elétrico deve ser desconectado ou os circuitos apropriados isolados.

13.4.1.1.4 Riscos Químicos. Os produtos químicos que normalmente estão presentes no local ou aqueles que são resultado do incidente devem ser considerados. Em ocupações comerciais, o investigador pode desejar obter cópias das fichas de dados de segurança (SDS) para determinar os perigos desses produtos. A identificação dos perigos químicos que podem estar presentes como resultado do incidente é mais difícil. Existem muitos documentos de referência que o investigador pode usar para determinar os perigos de produtos químicos suspeitos presentes na cena da investigação, incluindo o Instituto Nacional de Segurança e Saúde (NIOSH)*Guia de bolso para perigos químicos*.

13.4.1.1.5 Riscos Biológicos. As fontes de perigos biológicos incluem sangue, fluidos corporais e restos humanos, bactérias, vírus, insetos, plantas, pássaros, animais e humanos. Estas fontes podem causar uma variedade de efeitos na saúde, desde irritação da pele e alergias até infecções (por exemplo, tuberculose, doenças transmissíveis), câncer, etc. Alguns desses perigos podem não ser reconhecidos sem assistência especializada.

13.4.1.1.6 Riscos Mecânicos.Máquinas e equipamentos presentes no local podem ter energia armazenada. Antes de trabalhar em torno de máquinas e equipamentos, o investigador precisará determinar se eles estão no estado mecânico zero ou se ainda estão operacionais ou funcionais. Para máquinas ou equipamentos especializados, o investigador pode precisar buscar a assistência do proprietário do imóvel ou outro recurso técnico para auxiliar no controle da energia armazenada.

13.4.1.2 Determinar o Risco do Perigo. Dependendo do perigo específico identificado, a determinação dos riscos associados ao perigo pode variar de simples avaliações qualitativas a avaliações quantitativas complexas. Também, como parte

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

dessa análise, o investigador determinará a probabilidade de eles entrarem em contato com esse perigo. Por exemplo, para um produto químico (mesmo que seja um perigo químico) contido em um tambor selado, o risco é mínimo. Dado esse exemplo, um mecanismo de controle pode ser isolar a área onde o contêiner está para evitar danos e possíveis liberações.

13.4.1.3 Controlar o Perigo. Após a determinação do nível de risco, este nível deve ser comparado a um benchmark adequado ou critérios de aceitação. Em alguns casos, os critérios de aceitação foram estabelecidos pelos reguladores (OSHA). Para controlar um perigo, o investigador pode utilizar várias metodologias que incluem controles de engenharia, controles administrativos ou a seleção e uso de EPI apropriado.

13.4.1.3.1 Controles de Engenharia. Os controles de engenharia podem ser tão simples quanto a colocação de escoramentos adequados para reforçar os elementos estruturais danificados ou a demolição dessas áreas depois de devidamente documentadas. Ou podem ser soluções muito complexas que exigirão que um engenheiro estrutural avalie, projete medidas corretivas e gerencie a instalação das medidas corretivas.

13.4.1.3.2 Controles Administrativos. Os controles administrativos podem incluir o isolamento de uma área com o uso de sinalização ou fita de barreira, informando aqueles que estarão trabalhando na área dos perigos e alertando-os para que não entrem na área isolada, obtendo recursos especializados - ces que tenham experiência em lidar com o perigo presente, ou por uma combinação de metodologias.

13.4.1.3.3 Seleção e Uso Adequado de Equipamentos de Proteção Individual (EPI).O uso de EPI é geralmente considerado a menos eficaz das medidas de controle. No entanto, devido às condições que o investigador pode encontrar no local e à duração do trabalho, o EPI pode ser um mecanismo de controle adequado. Deve-se tomar cuidado para determinar o perigo presente para garantir que o EPI selecionado seja aceitável e que o usuário do EPI seja treinado e capaz de usá-lo.

13.4.2 Planos de Segurança Específicos do Local. Após a conclusão do processo de Avaliação de Perigos e Riscos, talvez seja necessário desenvolver planos de segurança especializados. Se não houver perigos presentes que exijam um programa de segurança específico do local, não será necessário desenvolver um. A entidade controladora precisará determinar os planos aplicáveis, como os listados abaixo. Outros investigadores também podem precisar ter um programa compatível para seus funcionários.*(Consulte a Figura 13.4.2.)*

13.4.2.1* Plano do Local de Comunicação de Perigos (Plano HazCom). O HazCom Plan inclui a identificação e localização de materiais perigosos, localização das fichas de dados de segurança (SDS), informações sobre como a exposição aos produtos químicos pode ocorrer e rotu-lagem ou identificação dos materiais. O plano HazCom também requer treinamento e documentação de tal treinamento.

13.4.2.2 Programa de Espaço Confinado. Se a investigação exigir a entrada em um espaço confinado, conforme definido por 29 CFR 1910.146, um programa do local deve ser desenvolvido e implementiu . Qualquer pessoa trabalhando em ou em torno de um espaço confinado devem ser devidamente treinados. Orientações adicionais para segurança entrada e trabalho em espaços confinados podem ser encontrados em NFPA 350 .

13.4.3 Gestão de Planos e Segurança do Local. Dependendo da complexidade do cenário, pode ser necessário estabelecer uma estrutura organizacional formal para gerenciar o componente de segurança. Para cenas pequenas com preocupações de segurança muito limitadas, o componente de segurança pode ser gerenciado de maneira informal



FIGURA 13.4.2 O raio de giro do guindaste era
Devidamente barricado.

exigindo apenas a avaliação do local e o desenvolvimento de um plano para controlar esses perigos. Para cenas de "investigações complexas", a segurança será uma função importante que deverá ser atribuída como uma função organizacional específica com entrada direta na gestão dessa investigação. A Figura 13.4.3 é um exemplo de como a função de segurança pode ser integrada ao gerenciamento de uma investigação complexa.

13.4.4 Reuniões e Briefings de Segurança. As reuniões gerais de segurança são realizadas duas ou três vezes por dia de trabalho. Eles podem ser realizados com mais frequência conforme a necessidade. Os horários para a realização de tais reuniões que o investigador ou a pessoa que gerencia a tarefa de segurança devem considerar são no início do dia e após o almoço. As reuniões gerais de segurança devem ser realizadas com a frequência necessária, geralmente duas ou três vezes por dia. Uma reunião especial de segurança pode ser necessária antes de iniciar uma nova fase ou uma nova tarefa. Um relatório de segurança também pode ser usado no final das tarefas especiais ou no final da investigação.

13.5 Exposição a Produtos Químicos e Contaminantes. Como parte do processo de determinação do tipo e nível de EPI, o investigador deve compreender algumas terminologias básicas associadas à exposição a produtos químicos e substâncias que podem encontrar no local de incêndio e explosão.

13.5.1 Tipos de Efeitos de Exposição.

13.5.1.1 Efeito Local. Efeitos locais ocorrem no local do contato, por exemplo, uma queimadura ácida ou cáustica, ou contaminação por poeiras ou alguns líquidos.

13.5.1.2 Efeito Sistêmico. Os efeitos sistêmicos ocorrem em um local que pode estar distante do ponto de entrada da substância, agindo em última análise em um órgão-alvo ou sistemas de órgãos.

13.5.2 Rotas de Exposição.

13.5.2.1 Inalação.A inalação é a via mais comum de entrada de toxinas no local de trabalho. A inalação também é a via de exposição mais rápida e eficiente, introduzindo imediatamente substâncias químicas tóxicas nos tecidos respiratórios e na corrente sanguínea. Por esta razão, é considerado o método de exposição mais importante e potencialmente mais grave. Essa via pode causar efeitos locais e sistêmicos.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

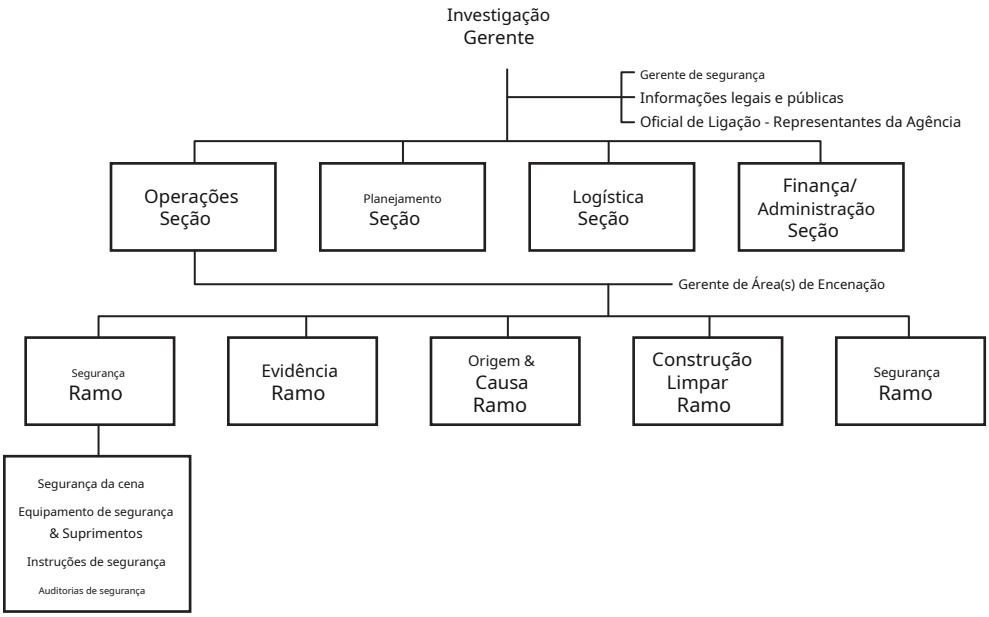


FIGURA 13.4.3 Um exemplo de como a função de segurança pode ser concluída em uma investigação complexa.

13.5.2.2 Cutânea.A absorção pela pele ocorre quando o produto químico passa diretamente pela pele. A principal função da pele é atuar como uma barreira contra a entrada de materiais estranhos no corpo. Essa barreira, que é eficaz contra muitos produtos químicos, permite que alguns materiais tóxicos passem facilmente. Normalmente, a presença de cortes e arranhões aumentará muito a taxa de absorção. A absorção através da membrana mucosa é mais eficaz do que através da pele. A absorção pode levar a efeitos locais e sistêmicos.

13.5.2.3 Ingestion. A entrada de materiais tóxicos por ingestão geralmente ocorre devido à contaminação de alimentos e bebidas e ao tabagismo. Este tipo de exposição é mais frequentemente associado a uma descontaminação deficiente ou inexistente. O cuidado para lavar as mãos, braços e rosto, bem como a descontaminação das roupas, limitará o potencial de ingestão de um perigo. Além disso, mover-se para um local longe da área potencialmente contaminada para comer ou fazer pausas para descanso ajudará a evitar a exposição cruzada.

13.5.2.4 Injeção. Produtos químicospode entrar no corpo quando a pele é penetrada por uma contaminação objeto inado. Lacerações menores como um corte de papel, se o pap er está contaminado pode, de fato, causar problemas. A contaminação Ação pode ser se verificar se a lesão ocorre em torno de produtos químicos. Mesmo pequenas feridas devem ser tratadas para evitar contaminação. Sempre que possível, o vestuário de proteção adequado deve ser usado para diminuir o potencial de lesão e contaminação.

13.5.2.5 Óculos Exposição certo Rota. Químicaicals podem ser ab sorver ed ddiretamente através a olhos. Em algum e emposturas, o ch emicai cnão ser detectado ed, o apenas o sintoma ms of o efeito tóxico cts c um ser notado. Em outras situações, o produto químico causa um efeito adverso no contato.

13.5.3 Níveis de Exposição à Toxicidade.

13.5.3.1 Exposição Aguda. Acute exposures typically refer to a one-time high level of exposure of over a short period of time. This type of exposure is usually associated with inhalation of high concentrations or from direct skin contact by splash or immersion. The symptoms and effects are usually immediately apparent. However, in some situations the symptoms can be delayed until the chemical reaches a target organ. Effects can be reversible or irreversible.

13.5.3.2 Exposição Crônica. As exposições crônicas geralmente se referem a exposições repetitivas ou contínuas de baixo nível durante um longo período de tempo (semanas a anos). Neste tipo de exposição as concentrações de inalação são geralmente baixas, ou o contato direto com a pele envolve substâncias com baixo potencial de absorção pela pele. Os sintomas e efeitos são geralmente tardios, em alguns casos de 20 a 30 anos. Os efeitos podem ser reversíveis ou irreversíveis.

13.5.3.3 Exposição Cumulativa.A exposição repetida, por um curto período de tempo ou por períodos mais longos, pode permitir que a exposição química seja adicionada à dosagem original. O monóxido de carbono é um exemplo de material para o qual a dosagem de exposição é cumulativa. No entanto, neste caso, com o tempo, o monóxido de carbono é removido do corpo. O chumbo, no entanto, é cumulativo e não é eliminado do corpo por meio de funções corporais.

13.5.3. 4 Período de latência. Some chemical exposures will not causas sintomas até sometime after exposure. This is called o lat período de ência. Os cancerígenos são exemplos de produtos que have a latency period.

13.6 Personal Protective Equipment (PPE).

Δ **13.6.1 Proper Selection and Use of Personal Protective Equip-ment (PPE).** The proper selection and use of PPE is the responsibility o f each individual investigator. PPE is one way to

Copyright National Fire Pr otection Association
Provided by IHS Markit un der license with NFPA

control or mitigate the hazard; other ways may include limiting exposure, abating the hazard, or other engineering controls. The effectiveness of PPE varies with the hazard and application dos EPIs. Embora geralmente considerado um dos pelo menos medidas de controle eficazes, o uso de EPI adequado pode ser uma das únicas medidas de controle disponíveis devido à natureza do fogo investigações. Usar o nível adequado de EPI é parte integrante parte de minimizar as exposições . Será preciso ter cuidado para determinar o perigo presente para garantir que o EPI selecionado seja aceitável para o perigo presente . o usuário do EPI devemos ser treinado e capaz de usá-lo e Compreendo as limitações do equipamento, a necessidade de descontaminação pessoal eficaz após o uso do equipamento e como inspecionar e limpar o equipamento para mantê-lo em um estado pronto . *(Consulte a Figura 13.6.1.)*

13.6.1.1 Vestuário e Equipamento de Segurança. EPI adequado, incluindo sapatos de segurança ou botas com sola resistente a perfurações e biqueira de aço, luvas, capacete de segurança, proteção para os olhos e roupas de proteção devem ser usados em todos os momentos durante a investigação da cena. O tipo de vestuário de proteção dependerá do tipo e nível de perigos presentes. Quando houver a possibilidade de ferimentos por queda de objetos ou possíveis cortes ou arranhões de objetos pontiagudos, equipamentos de combate a incêndio ou roupas semelhantes que forneçam esse tipo de proteção podem ser a melhor escolha. Quando um investigador está lidando com uma exposição potencial de substâncias tóxicas e detritos, macacões descartáveis podem ser necessários. Em atmosferas de alto risco, trajes ambientais perigosos podem ser necessários.

13.6.1.2 Uso de EPI. Sempre que o EPI for usado para fornecer proteção contra um ambiente perigoso, o usuário deve ser treinado na colocação, retirada, limitações, uso e descontaminação adequados de tal equipamento para garantir que ele seja usado e funcionando adequadamente.

Δ **13.6.1.3* Decontamination.** The investigator should be trained in the proper methodology to complete personal decontamination and in the proper method of decontamination or disposal of PPE worn in order to avoid subsequent exposure to residues still in the clothing and gear. The effort required to decontaminate clothing can be reduced through the use of outer disposable garments.

13.6.1.3.1 Standard Cloth Clothing. Even when choosing to wear standard cloth coveralls or firefighting turnout gear, consideration should be given to the safe handling of the clothing so as not to create additional exposure.



FIGURE 13.6.1 Os investigadores estão usando EPI apropriado para as condições de trabalho encontradas durante esta análise de cena.

13.6.1.3.2 Os investigadores devem descontaminar todos os potencialmente EPI contaminados antes de deixar o local para limitar o potencial de contaminação de seus veículos, escritórios e residências (ou trocar de roupa para evitar espalhar a contaminação para áreas “limpas” longe do local).

13.6.1.3.3 A roupa deve ser avaliada pelo usuário após cada uso para determinar o método apropriado de contaminação redução e limpeza. Vestuário exposto a produtos de combustão, ou contaminados de outra forma, não deveria ser Usado em veículos, trazidos para casa, lavados em lavanderias domésticas ou lavado em lavanderias públicas, a menos que a lavanderia pública tenha um empresa dedicada a lidar com essas roupas. Roupa que é sujas, mas não potencialmente contaminadas, podem ser lavadas por meios normais .

13.6.1.3.4 Nas situações em que essas medidas não são utilizadas ou práticas, os investigadores devem empregar um processo básico de descontaminação que consiste em esfregar e enxaguar os equipamentos e equipamentos contaminados com sabão (detergente) e água. Esse processo deve ser implementado de acordo com as recomendações específicas de qualquer fabricante para seus respectivos equipamentos, como respiradores.

13.6.2* Exemplos de Equipamentos de Proteção Individual (EPI). A Tabela 13.6.2 fornece exemplos de EPI e a parte do corpo protegida por esse equipamento.

13.6.2.1 Proteção Respiratória. A proteção respiratória adequada é necessária na maioria dos locais de incêndio. Imediatamente após a extinção do incêndio pode haver gases combustíveis e fumaça, baixas concentrações de oxigênio, partículas tóxicas ou cancerígenas no ar e condições de alto calor presentes. Nessas atmosferas, o investigador deve utilizar Aparelhos Respiratórios Autônomos (SCBA) e outros EPIs apropriados e deve reconhecer que respiradores purificadores de ar não devem ser utilizados em atmosferas onde o nível de oxigênio esteja abaixo de 19,5% ou imediatamente perigosos à vida e Saúde (IDLH) estão presentes. O ato de perturbar os detritos do incêndio pode gerar poeira e liberar vapores orgânicos, que devem ser considerados perigosos, devendo o investigador estar usando máscara com filtro ou respirador purificador de ar com cartuchos apropriados. A decisão de usar um respirador de rosto inteiro versus um respirador de meia face será de responsabilidade do empregador e depende dos riscos presentes. No processo de seleção do respirador, deve-se considerar a proteção dos olhos, pois muitas substâncias tóxicas podem ser absorvidas pela esclera. Se for selecionado um respirador de meia face, usar um par de óculos ventilados fornecerá proteção contra esse tipo de perigo. Se respiratório

Table 13.6.2 Protection of Body Part by Equipment Chart

Body Part	Example of PPE
Eye	Safety glasses, goggles, UV, welding, and laser
Face	Face shield
Head	Hard hat, helmet
Feet	Safety shoes, boots
Hands and arms	Gloves
Body (torso)	Vests, aprons, chemical suits
Hearing	Earplugs, canal caps and earmuffs
Respiratory	APR, PAPR, SCBA, air supplied

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Quando a proteção respiratória for usada, o investigador ou outro indivíduo precisará ser devidamente treinado, fisicamente e fisicamente apto, e ter sido devidamente testado quando necessário para a proteção respiratória específica que está sendo usada. Orientações adicionais sobre respiradores e as responsabilidades do empregador e do empregado estão contidas no Regulamento 29 CFR da Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (OSHA), Seção 1910.134 (Proteção Respiratória); e NFPA 1500, NFPA 1404, NFPA 1852 e NFPA 1981.*(Consulte a Figura 13.6.1.)*

13.6.2.2 Proteção das Mãos.A seleção adequada de luvas que fornecem proteção contra perfuração ou proteção contra contaminação biológica ou química também deve ser considerada. Ao realizar a escavação da cena ou remoção de detritos, luvas de combate a incêndio resistentes a perfurações ou luvas de couro mais leves devem ser selecionadas. Proteção adicional contra a lixiviação de substâncias tóxicas deve ser fornecida usando luvas de látex (ou similares) sob as luvas de couro, ou o investigador pode precisar selecionar luvas que sejam mais apropriadas para o perigo presente.

13.6.2.3 Outros Equipamentos Especializados. Alguns outros equipamentos também podem ser necessários para manter a segurança. Este equipamento inclui lanternas ou iluminação portátil, equipamento de proteção contra quedas, equipamento de monitoramento e amostragem ambiental e outras ferramentas e equipamentos especializados. Alguns desses equipamentos requerem treinamento especial em seu uso.

13.7 Planos de Ação de Emergência.Várias situações de emergência em potencial podem ocorrer durante o processamento de uma cena de incêndio. A ação adequada dos que estão no local diminuirá o impacto potencial dessas emergências. Contidas nas General Industry OSHA Standards 1910.38, há um requisito para desenvolver e implementar um plano de ação de emergência. Embora essa norma faça referência ao que é necessário para uma emergência de incêndio, há aplicação para que outras emergências sejam incluídas. Um plano de ação de emergência para dois investigadores que processam a cena pode ser simples e comunicado verbalmente um ao outro. Em cenas grandes ou complexas, onde haverá vários investigadores presentes que podem estar trabalhando em diferentes áreas do edifício ou local, pode ser necessário desenvolver um conjunto mais formalizado de planos de ação de emergência. Os exemplos de planos em 13.7.1 a 13.7.

13.7.1 Planos de Evacuação de Emergência. No caso de a cena precisar ser evacuada devido a uma mudança nas condições estruturais, liberação acidental de um material perigoso, mau tempo ou alguma outra condição inesperada, um plano de evacuação de emergência deve ser desenvolvido e implementado. O plano deve incluir um método de notificação, rotas de fuga, local para reunião e método para contabilizar todas as pessoas que estavam trabalhando no local. Este plano pode ser formal e escrito ou discutido por todos os presentes durante a investigação. Esta informação deve ser comunicada a outros investigadores ou grupos à medida que chegam ao local.

13.7.2 Planos de Emergência Médica. Este plano pode ser escrito ou simplesmente comunicado aos participantes durante uma reunião de segurança. O plano de emergência médica deve incluir locais de hospitais ou outras instalações de emergência, números de telefone de emergência para o sistema médico de emergência local (SME), a localização do kit de primeiros socorros que é mantido no local e notificação da gerência que controla o local. Pode haver itens adicionais incluídos conforme ditado pela condição ou localização da cena.

13.7.3 Planos de Tempo Severo. Tal como acontece com os outros planos discutidos anteriormente em 13.7.1 e 13.7.2, o plano de mau tempo só precisará ser considerado se houver potencial para mau tempo. Quando as condições podem mudar rapidamente, é vantajoso organizar e discutir a metodologia de notificação e onde está localizado o local de encontro.

13.7.4 Plano de Emergência de Incêndio. Assumindo que o incêndio original foi extinto, ainda existem situações que podem ocorrer no local do incêndio ou explosão durante o processo de investigação que podem causar um incêndio. O uso de equipamentos mecanizados, ferramentas portáteis e equipamentos de corte e soldagem podem ser possíveis fontes de ignição. Fontes adicionais de combustíveis além dos combustíveis comuns incluem materiais perigosos e utilidades de construção. Incluído no plano de emergência de incêndio estaria o número de telefone e localização do corpo de bombeiros mais próximo, notificação de outras pessoas que estão trabalhando no local, rotas de evacuação e locais de reunião e uma metodologia para a contabilidade do pessoal. Esta informação deve ser comunicada a todos os indivíduos que irão trabalhar no local, independentemente das suas responsabilidades.

13.7.5 Planos de Ação de Emergência Adicionais. Pode haver a necessidade de desenvolver planos de ação de emergência adicionais com base em questões identificadas que sejam específicas da cena. Se planos adicionais forem necessários, então a entidade controladora seria responsável pelo desenvolvimento dos planos e pela comunicação das informações do plano a todos os outros que trabalham no local.

13.8 Atividades de segurança pós-cena.Há vários itens relacionados à segurança que podem precisar ser concluídos após o processamento de uma cena de incêndio ou explosão. Duas dessas atividades são descritas em 13.8.1 e 13.8.2.

13.8.1 Descontaminação.A descontaminação de pessoas, EPI, roupas, ferramentas e equipamentos usados no local deve ser concluída de maneira que não cause contaminação cruzada ou exposição a outras pessoas. A quantidade e o nível dos esforços de descontaminação devem ser proporcionais aos perigos identificados e ao nível de contaminação exposta.

13.8.2 Triagem Médica.A exposição a riscos para a saúde durante o processamento da cena de incêndio ou explosão deve ser anotada nos documentos médicos apropriados. Se o investigador foi exposto a perigos para a saúde durante a investigação, pode ser necessário um exame médico adicional. A notificação de exposição e exames médicos adicionais devem ser feitos de acordo com os procedimentos e políticas da agência. O investigador deve estar ciente de que os requisitos governamentais de relatórios e documentação também podem ser aplicados.*(Consulte OSHA 29 CFR 1910.120.)*

13.9 Segurança em Atividades de Investigação Fora do Local.

13.9.1 As considerações de segurança também se estendem a atividades auxiliares de investigação de incêndio não diretamente relacionadas ao exame do local de incêndio ou explosão. Tais atividades auxiliares de investigação incluem manuseio e armazenamento de evidências físicas, exames e testes laboratoriais e recreações e demonstrações de fogo ou explosão ao vivo. As precauções básicas de segurança que tratam do uso de roupas e equipamentos de segurança e o armazenamento adequado e rotulagem proeminente de evidências de materiais perigosos, perigos térmicos, inalatórios e elétricos de recreações ou demonstrações de incêndio e explosão devem ser incluídas no armazenamento de evidências, exame, e protocolos de teste.

13.9.2 Entrevistas fora de cena.O investigador pode ter que realizar entrevistas com testemunhas longe da cena do incêndio em locais

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

que não são totalmente controlados pelo investigador. Nesse caso, o investigador deve estar ciente dos arredores e outras ações que possam causar danos ao investigador. Os riscos ambientais podem incluir cães ou outros animais perigosos, uma testemunha armada, atividades de gangues na vizinhança ou qualquer outra situação que possa colocar o investigador em risco.

13.9.3 Informações de segurança valiosas para aqueles que realizam investigações auxiliares de incêndio não diretamente relacionadas ao exame da cena do incêndio ou explosão ou entrevistas com testemunhas podem ser encontradas na NFPA 30, NFPA 45, NFPA 1403 e NFPA 1500. Informações adicionais também podem ser obtidas por as regulamentações de agências governamentais apropriadas, como documentos da OSHA (Administração de Segurança e Saúde Ocupacional), documentos da Agência de Proteção Ambiental (EPA), regulamentações estaduais e locais e documentos escritos por outras organizações normativas, como a Compressed Gas Association (CGA), American Petroleum Institute (API), American Society of Testing and Materials (ASTM), American National Standards Institute (ANSI), e outros que possam impactar as atividades de investigação.

13.10 Perigos Especiais.

13.10.1 Atos Criminais ou Atos de Terrorismo.O fogo é um evento que pode resultar de um ato criminoso. O dispositivo incendiário inicial que criou o incêndio ou a explosão pode não ser o único dispositivo deixado no local pelo criminoso. Um dispositivo incendiário ou explosivo secundário pode ser deixado no local com a intenção de ferir o pessoal de incêndio, resgate ou investigação. De maior preocupação são os produtos químicos usados no dispositivo que podem deixar um resíduo, criando uma exposição adicional.

13.10.1.1 Dispositivos Secundários.O perigo potencial de um dispositivo incendiário ou explosivo secundário é remoto em comparação com outros perigos criados no local pelo dispositivo inicial. No entanto, o investigador deve sempre estar atento a quaisquer pacotes ou recipientes incomuns na cena do crime. Se houver motivos para acreditar que tal dispositivo possa existir, é necessário entrar em contato com as autoridades competentes para que especialistas "varram" a área. A estreita cooperação entre o pessoal de investigação e os especialistas em eliminação de munições explosivas (EOD) pode impedir a destruição desnecessária da cena do crime.

13.10.2 Resíduos Químicos. Se o dispositivo incendiário ou explosivo for tornado seguro pelo pessoal apropriado, deve-se tomar cuidado ao manusear o dispositivo processado ou qualquer resíduo do dispositivo. A exposição ao resíduo químico pode colocar em risco o investigador. Roupas de proteção apropriadas e aparelhos respiratórios devem ser usados durante o processo de coleta de tais evidências.

13.10.3 Terrorismo biológico e radiológico. Existe a possibilidade de um terrorista liberar partículas biológicas ou radiológicas como parte de seu ato terrorista. Normalmente, o pessoal de resposta a emergências estará ciente de tal ato enquanto mitiga o incidente de emergência. Se houver qualquer suspeita de que qualquer tipo de substância perigosa foi liberada, a cena deve ser tornada segura antes da entrada do pessoal de investigação. Se esta renderização não for possível e a investigação for para prosseguir, apenas o pessoal de investigação treinado para trabalhar em tais atmosferas deve ser autorizado a entrar no local.

13.10.4 Laboratórios de Medicamentos.A conclusão de uma investigação no local de um laboratório de drogas pode expor o investigador a produtos químicos perigosos. O investigador deve tomar as medidas adequadas para prevenir a contaminação, incluindo o uso de EPI apropriado e garantir que a descontaminação adequada seja concluída e que a cena seja isolada para evitar a exposição a outras pessoas.

Capítulo 14 Fontes de Informação

14.1 Geral.

14.1.1 Objetivo da Obtenção de Informações.o científico método requer a coleta e análise de dados. Este capter se destina a fornecer uma estrutura para coletar e analisando dados de outras fontes que não o local da incident (dados que não são da cena) usando o método científico. Examinando a cena do incêndio ou avaliando documentação prévia de o fogo cena, entrevistando testemunhas e realizando pesquisas e análise de informações de outras fontes todos fornecem o fogo investigador com dados adicionais para estabelecer a origem e causa de um determinado incêndio. Subsequente à origem e causa determinados fora da cena podem ser úteis para avaliar a responsabilidade bilidade para um incêndio.

14.1.2 Número e Diversidade de Fontes de Informação . o o número e a diversidade de fontes de informação governamentais e privadas para o investigador de incêndios são ilimitados. Embora não seja uma lista abrangente, de forma alguma, as fontes de informação enumeradas neste capítulo devem fornecer ao investigador de incêndios uma percepção de que seus capacidade de solicitar informações pertinente a um investigador de incêndio em particular também é ilimitado.

14.1.3 Relevância, Precisão e Confiabilidade dos Dados. Qualquer informação informações solicitadas ou recebidas pelo investigador de incêndio durante uma investigação de incêndio deve ser avaliada por sua relevância, precisão, e confiabilidade. Certamente, nenhuma informação deve ser considerada relevante, preciso ou confiável sem tal avaliação. Testemunhas e outras fontes de informação fornecem uma ampla gama de informações que podem ou não ser relevantes para um origem e análise de causa. Parte da investigação está avaliando relevância dos dados. A informação pode ser relevante se tiver um tendência a levar a dados adicionais relevantes, gerar hipóteses e corroborar ou refutar qualquer cenário hipotético sob consideração. Uma vez estabelecida a relevância, a precisão e a confiabilidade pode ser avaliada. Esta avaliação pode ser baseada em muitos fatores variados, dependendo do tipo e forma de em formação. Esses fatores podem incluir o bom senso do investigador de incêndio, o conhecimento e a experiência pessoal do investigador de incêndio, a reputação da fonte de informação ou o interesse particular da fonte nos resultados da investigação de incêndio. Os investigadores devem aplicar uma abordagem, consistente com o método científico, para avaliar a precisão e confiabilidade das informações obtidas. As informações devem ser avaliadas para
consistência interna, consistência com testemunhas, consistência com outras fontes de informação, consistência com fogo físico dados da cena e consistência com os princípios da dinâmica do fogo.

14.2 Considerações Legais. Requisitos legais podem reger o acesso de um investigador aos tipos de dados fora da cena discutidos neste capítulo, bem como a admissibilidade de tais dados no tribunal. O investigador pode precisar de aconselhamento jurídico para obter acesso adequado a certos tipos de dados. Está além do escopo deste capítulo resumir essas leis. Em vez disso, as categorias gerais de algumas dessas leis são descritas aqui.

14.2.1 Lei de Liberdade de Informação.

14.2.1.1A Lei de Liberdade de Informação prevê a disponibilização de informações mantidas por agências federais ao público

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

a menos que esteja especificamente isento de tal divulgação por lei. A maioria dos órgãos do governo federal implementou procedimentos destinados a cumprir as disposições da lei. Esses procedimentos informam ao público onde fontes específicas de informação estão disponíveis e quais direitos de apelação estão disponíveis ao público se as informações solicitadas não forem divulgadas.

14.2.1.2 Assim como o governo federal, a maioria dos estados também promulgou leis semelhantes que oferecem ao público a oportunidade de acessar fontes de informação sobre as operações do governo e seus produtos de trabalho. O investigador de incêndio é advertido, no entanto, que as disposições de tais leis estaduais podem variar muito de estado para estado.

14.2.2 Comunicações Privilegiadas.

14.2.2.1 Comunicações privilegiadas são aquelas declarações feitas por certas pessoas dentro de um relacionamento protegido, como marido-mulher, advogado-cliente, sacerdote-penitente e similares. Tais comunicações são protegidas por lei de divulgação forçada no banco das testemunhas por opção do cônjuge, cliente ou penitente da testemunha.

14.2.2.2 As comunicações privilegiadas são geralmente definidas por lei estadual , embora os tribunais federais também reconheçam certas formas de privilégio, como privilégio advogado-cliente e privilégio para comunicações conjugais . Como tal, o investigador de incêndio é advertiu que as disposições de tais leis podem variar muito de estado para estado.

14.2.3 Comunicações Confidenciais. Intimamente relacionadas com comunicações privilegiadas, comunicações confidenciais são aquelas declarações feitas em circunstâncias que mostram que o orador pretendia as declarações apenas para os ouvidos da pessoa a quem se dirigia.

N **14.2.4 Considerações de Privacidade.**Em uma busca por informações relevantes fora da cena, um investigador pode encontrar leis que protegem os direitos das pessoas à privacidade. As corporações são consideradas pessoas perante a lei e da mesma forma possuem direitos de privacidade que devem ser considerados pelos investigadores na coleta ou divulgação das informações adquiridas durante o trabalho. Essas leis são abrangentes, protegendo muitos tipos de informações. Em questões criminais, podem ser necessários mandados para acessar o ESI, como registros telefônicos ou gravações de GPS. Em matéria civil, podem ser necessárias ordens judiciais.

N **14.2.5 Autorizações para Divulgação de Informações.**Liberações por escrito para informações pessoais podem contornar a necessidade de autorização judicial. Devem ser consideradas as liberações para os seguintes tipos de autorizações necessárias para obter registros privados relevantes para a investigação:

(1) Autorização para liberação de registros de emprego
(2) Autorização para liberação de registros médicos (conforme HIPAA)
(3) Liberação de registros de imposto de renda
(4) Autorização para liberação de relatório de acidente/incidente policial
(5) Autorização para liberação da documentação do seguro

N **14.3 Padrões ASTM para Coleta, Preservação e Avaliação de Dados.**

N **14.3.1**O investigador é direcionado para três padrões ASTM que são particularmente úteis para fornecer instruções para coletar, preservar e analisar dados:

(1) ASTM E678,*Prática Padrão para Avaliação de Dados Científicos ou Técnicos*
(2) ASTM E860,*Prática padrão para examinar e preparar itens que estão ou podem se envolver em litígios criminais ou civis*
(3) ASTM E1188,*Prática Padrão para Coleta e Preservação de Informações e Itens Físicos por um Investigador Técnico*

N **14.3.2**O investigador deve aplicar essas práticas padrão e usá-las em conjunto com as recomendações deste capítulo.

14.4 Formas de Informação. As fontes de informação se apresentarão de diferentes formas. Geralmente, as informações estão disponíveis para o investigador de incêndio em quatro formas: verbal, escrita, visual e eletrônica.

14.4.1 Informações Verbais. As fontes verbais de informação, por definição, são limitadas à palavra falada. Tais fontes, que podem ser encontradas pelo investigador de incêndio, podem incluir, mas não se limitam a, declarações verbais durante entrevistas, conversas telefônicas, eletrônico gravações, transmissões de rádio rádios comerciais e similares.

Δ **14.4.2 Escrito e Impresso Em formação.**Escrito e impresso fontes de informação são susceptíveis de serem encontradas pelo investigador de incêndio durante todas as fases de uma investigação. Tais fontes podem incluir, mas não estão limitadas a relatórios, documentos, materiais de referência, jornais e similares.

14.4.3 Informações Visuais. As fontes visuais de informação, por definição, são limitadas àquelas que são coletadas utilizando o sentido da visão. Fontes podem incluir, mas não estão limitados a, fotografias, gravações de vídeo , filmes e animações geradas por computador.

14.4.4 Digital Em formação. Os computadores tornaram-se um parte gral dos modernos sistemas de informação e dados. Como tal, o sistema de computador mantido por qualquer fonte de informação particular pode fornecer uma riqueza de informações relevantes para a investigação de incêndio.

14.5 Fontes de dados fora da cena. Numerosos governos e existem organizações privadas que podem fornecer informações de relevância para auxiliar o investigador. Por exemplo, propriedade registros, registros comerciais, licenças, autorizações, cobertura de seguro-idade, reclamações de perda de propriedade, recalls de produtos e similares podem ser importante para uma determinada investigação de incidente. Este capítulo começa categorizando tipos de dados fora da cena, incluindo propriedade dados, impressão de dados de testemunhas e informações armazenadas eletronicamente (ESI), dados de pesquisas e dados de experimentos ou testes. ing. A maioria dessas organizações tem sites onde as informações informação está disponível.

N **14.5.1 Dados da Testemunha.**

14.5.1.1 Objetivo das Entrevistas. As testemunhas são o principal fonte de dados fora da cena em quase todos os incidentes. O investi-gator deve identificar e entrevistar quaisquer testemunhas que possam ter dados relevantes para o incidente, incluindo testemunhas oculares que observaram o incidente e indivíduos familiarizados com o personagem características da propriedade ou com as atividades de indivíduos antes, durante e depois o incidente. Os suspeitos podem fornecer declarações incriminatórias ou álibis claramente falsos.

•

N **14.5.1.2 Identificação de Possíveis Testemunhas.**Testemunhas relevantes incluem testemunhas oculares, socorristas, vítimas, proprietários e ocupantes, inquilinos, clientes comerciais e fornecedores,

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

vizinhos e membros da mídia que compareceram durante ou após o incidente. No entanto, o número e os tipos de testemunhas que podem ter informações relevantes para o caso são muito mais amplos do que isso. As etapas descritas abaixo ajudarão o investigador a identificar testemunhas e lidar com elas de maneira organizada.

N **14.5.1.2.1** Entrevistas oportunas de testemunhas são uma consideração em termos de planejamento da ordem de busca de dados fora da cena, uma vez que as memórias podem desaparecer e a documentação pode ser perdida com o passar do tempo. Um passo inicial no planejamento da investigação fora do local é criar uma lista de potenciais testemunhas, fazer um esboço dos tipos de informações que se pode esperar obter de cada testemunha e priorizar a ordem das entrevistas das testemunhas. Uma prioridade deve ser entrevistar testemunhas oculares do incidente com o objetivo de identificar os fatores da sequência de ignição, juntamente com outros assuntos indicados pelas circunstâncias do incidente. O investigador pode atualizar a lista de testemunhas durante a investigação, adicionando os nomes de novas testemunhas em potencial e planejando as etapas de acompanhamento.

N **14.5.1.2.2** Uma lista de potenciais testemunhas pode ser construída a partir de uma variedade de fontes, incluindo as seguintes:

(1) 9-1-1 gravações e transcrições
(2) Reportagens da mídia, como noticiários, jornais e reportagens na Internet
(3) Relatórios de incidentes e registros de resposta a emergências para nomes e funções do pessoal de resposta a emergências envolvido, bem como referência a espectadores, proprietários e outras partes interessadas
(4) Fotografias e vídeos da cena durante e após o incidente (por exemplo, de dispositivos de vídeo de carros de polícia, cobertura da mídia ou fotografias ou vídeos de testemunhas oculares)
(5) Nomes de empregadores, amigos ou familiares de vítimas ou pessoas presentes antes ou durante o incidente
(6) Condutores de testemunhas
(7) Testemunhas com conhecimento dos antecedentes, história ou manutenção do assunto da investigação
(8) Registros de telefones celulares, incluindo mensagens de texto, fotografias e registros de chamadas

N **14.5.1.3 Informações da Entrevista.** A informação que o investigador pode obter das testemunhas é vasta. Pode haver testemunhas do incidente real (incêndio ou explosão), dos eventos que levaram ao incidente ou de suas consequências. As testemunhas podem ter informações a respeito da história, construção e manutenção do bem danificado; o quantum de perdas e danos; o desempenho dos produtos relacionados ao incidente; e a natureza da intenção ou possíveis motivos de qualquer pessoa criminalmente envolvida no incidente. As testemunhas podem ter informações sobre assuntos abordados no Capítulo 19 ou podem ter dados não relacionados à cena relacionados a questões abordadas em outros capítulos deste guia.

14.5.1.3.1 É responsabilidade do investigador avaliar a qualidade dos dados obtidos da testemunha no momento da entrevista. Tanto na preparação para a entrevista como na avaliação depois, o valor dos dados de depoimentos de testemunhas, o investigador deve considerar fatores que afetam a precisão e confiabilidade dos dados fornecidos por testemunhas, tais como:

(1) Matérias que podem ter afetado a percepção da testemunha sobre eventos como atributos físicos, mentais, emocionais ou circunstanciais da testemunha – por exemplo, testemunhas muito jovens ou idosas, testemunhas com deficiência visual ou auditiva, testemunhas afetadas por choque ou trauma, testemunhas que tenham deficiências mentais ou emocionais ou testemunhas prejudicado por drogas ou álcool, ou cujas percepções podem ser afetadas por outros fatores, como quando alguém é despertado subitamente do sono.
(2) Circunstâncias ambientais que podem ter afetado a percepção da testemunha de eventos como iluminação deficiente, más condições climáticas, distância de locais ou eventos de interesse, distrações ou ações de terceiros.
(3) Se a testemunha tem acesso a uma escrita ou gravação que possa ter influenciado o relato dos eventos da testemunha. Por exemplo, a testemunha registrou suas percepções durante ou logo após o incidente por escrito, ou por meio de áudio ou vídeo, como telefone ou computador, a partir dos quais podem atualizar a memória dos eventos? Alguém fez um registro escrito ou gravação de áudio ou vídeo que a testemunha confia para refrescar sua memória? A testemunha acessou mídia de notícias, mídia social ou outras contas do evento antes de ser entrevistada?
(4) Se a testemunha acessou um escrito ou gravação do incidente, quem o criou? É preciso ou confiável (quando comparado com outros dados coletados sobre o incidente)?
(5) A testemunha foi capaz de entender o(s) idioma(s) falado(s) pelos outros presentes no incidente?
(6) A testemunha tem interesse pessoal ou comercial no incidente que possa afetar suas percepções ou descrição do incidente? Por exemplo, a testemunha tem interesse financeiro na propriedade que foi objeto do incidente? A testemunha está relacionada ou de alguma forma ligada a uma vítima ou outra testemunha no incidente? Se um crime estava envolvido, a testemunha está relacionada ou ligada a um suspeito no incidente?
(7) A testemunha é tendenciosa de alguma forma ou está sendo intencionalmente enganosa?
(8) Quão consistente é o relato da testemunha sobre percepções ou eventos com dados coletados de outras testemunhas, documentos, fotos, gravações e outros ESI? Por exemplo, vídeos ou fotos da cena corroboram que a testemunha teve a linha de visão alegada?

N **14.5.1.3.2** As informações da testemunha podem ser avaliadas quanto à precisão e confiabilidade por métodos como os seguintes:

(1) Avaliar a consistência interna do extrato/conta/dados
(2) Comparar as informações com as fornecidas por outras testemunhas
(3) Comparando as informações com os dados físicos do local do incêndio
(4) Comparação das informações com os princípios da dinâmica do fogo
(5) Comparando as informações com uma linha do tempo
(6) Rever a localização da testemunha e a visão real da cena

14.5.1.4 Preparação para a Entrevista. Pode ser útil para o investigador para realizar entrevistas iniciais antes do incêndio começa o exame da cena, embora existam muitos casos em que isso pode ser impraticável e inter-visualizações precisam ser feitas. Pode ser útil para a investigação tor para fazer um passo a passo inicial da cena antes realizar entrevistas iniciais, quando possível, para se familiarizar com vários aspectos gerais da cena do incêndio. O investigador de incêndio deve estar preparado antes de realizar qualquer tipo de entrevista.

N **14.5.1.4.1** O entrevistador e a pessoa a ser entrevistada devem ser devidamente identificados através da recolha de identificadores pessoais

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

(por exemplo, nome completo, data de nascimento, número da carteira de motorista, endereço residencial). Essas informações também ajudarão a contatar testemunhas para possíveis entrevistas de acompanhamento. Além de documentar a identificação da testemunha e documentos de identificação, o investigador também deve registrar a data, hora e local da entrevista, bem como detalhes de quaisquer outras pessoas presentes.

N 14.5.1.4.2 O investigador deve tentar realizar uma(s) entrevista(s) de forma a evitar que outras potenciais testemunhas ouçam as perguntas ou as respostas dadas a essas perguntas. Isso é para prevenir ou limitar situações em que uma testemunha pode ser influenciada pelas observações ou declarações de outras testemunhas sendo entrevistadas. Em muitos casos, pessoas mais jovens ou emocionalmente maleáveis podem deixar de relatar observações ou podem reprimir suas próprias opiniões, preferindo simplesmente concordar com uma pessoa mais velha ou mais velha. O objetivo de separar as testemunhas é fornecer ao investigador a oportunidade de obter o maior número possível de perspectivas e relatos imparciais de testemunhas.

N 14.5.1.4.3 O investigador deve estabelecer um plano ou esboço flexível para a entrevista. Uma combinação de perguntas abertas e estruturadas garante uma coleta de dados completa. O plano geralmente deve começar com perguntas abertas e fazer a transição para perguntas mais estruturadas à medida que as informações são obtidas. O entrevistador deve ser cauteloso para não formular perguntas de uma maneira que provoque uma determinada resposta ou forneça informações à testemunha sobre o incidente. O entrevistador deve perguntar sobre outras fontes de dados, como outras testemunhas ou eventos dentro do período de tempo relevante para essa testemunha, fotografias e gravações de vídeo.

N 14.5.1.4.4 O investigador também deve se lembrar de pedir às testemunhas informações sob sua posse ou controle, incluindo documentos e vídeos, e solicitar autorizações para documentos ou informações sob controle de outros, como empregadores, instituições médicas, contadores e assim por diante.

14.5.1.4.5 Para fins de acompanhamento mais formal inter-pontos de vista, o entrevistador deve planejar o cenário da entrevista — ou seja, quando e onde a entrevista será realizada. Embora a hora em que a entrevista é conduzida possa ser determinada por uma variedade de fatores, a entrevista geralmente deve ser conduzida o mais rápido possível após o incidente de incêndio ou explosão.

•

Δ 14.5.1.5 Documentando a Entrevista. Todas as entrevistas, independentemente do tipo, devem ser documentadas. Áudio gravando o entrevista ou tomar notas escritas durante a entrevista são dois dos métodos mais comuns de documentar a entrevista. Um método alternativo usado para documentar entrevistas pode ser realizado através do uso de gravação de vídeo. Todos esses métodos, no entanto, podem distrair ou estressar a pessoa que está sendo inter-visualizados, resultando na não obtenção de algumas informações. Tudo as gravações devem ser feitas de acordo com as leis aplicáveis e regulamentos .

N 14.5.2 Dados de propriedade. O investigador pode identificar, coletar e analisar dados relevantes relacionados à propriedade envolvida na investigação. Dados de propriedade relevantes podem incluir informações relacionadas à propriedade, ocupação e uso da propriedade, condições pré-incidente, projeto e layout, propriedade anterior, melhorias e renovações, licenças, inspeções e serviços públicos. Para fins de notificação das partes em uma investigação, informações sobre seguros e direitos de propriedade podem ser relevantes. As fontes de dados de propriedade fora da cena são testemunhas, dados de impressão e ESI. Os investigadores podem encontrar dados de propriedade em agências governamentais ou obtê-los de particulares ou organizações, incluindo proprietários e inquilinos, empresas de construção e agências imobiliárias e de seguros. Também são úteis as fotografias de satélite antes e depois do incidente, bem como fotografias e vídeos da propriedade antes, durante e depois do incidente. As imagens também podem ser obtidas a partir do software de mapeamento Street View. Um investigador deve avaliar a precisão dos dados, se os dados são atuais e se os dados foram obtidos de fontes confiáveis. Os documentos de propriedade e título de propriedade podem ou não ser precisos. Se os interesses de propriedade estiverem em questão, pesquisas de documentos como contratos, transferências não registradas, testamentos e documentos de propriedade e fideicomissos, juntamente com entrevistas com testemunhas, podem ser necessárias para avaliar a precisão e confiabilidade dos interesses em uma determinada propriedade.

N 14.5.3 Informações armazenadas eletronicamente.

N 14.5.3.1 Descrição. Os dados de impressão são uma forma mais limitada de informações gravadas. Inclui escritos, desenhos, gráficos, tabelas, fotografias, imagens e outros materiais em papel ou impressos, incluindo ESI que tenha sido reproduzido em papel ou em mídia impressa. Algumas mídias impressas, como documentos em papel (criados originalmente por máquina de escrever ou manuscrito) ou livros impressos também podem existir como ESI se tiverem sido digitalizados por um sistema de computador, fotocopiadora, telefone, câmera digital ou algum outro processo.

N 14.5.3.2 Fontes. Tanto os dados de impressão quanto o ESI estão disponíveis em agências governamentais e organizações privadas. As testemunhas também podem ser fontes de dados de impressão ou ESI. Por exemplo, testemunhas oculares podem ter ESI em PDAs que usaram para registrar ou transmitir informações sobre um incidente, incluindo fotos, vídeos ou gravações de som do incidente ou e-mails ou textos que transmitiram com informações relevantes. Proprietários, empreiteiros, empresas de reparação, companhias hipotecárias e agentes de seguros podem ter dados de impressão ou ESI relativos à propriedade. A Internet também é uma tremenda fonte de ESI que pode ser relevante para um incidente, incluindo vídeos postados nas mídias sociais sobre um incidente. A Internet também pode fornecer dados relevantes, como fotografias de satélite da cena do incidente antes do incidente, mapas mostrando as rotas de acesso, boletins meteorológicos, relâmpagos, e outros dados relevantes para as circunstâncias do incidente. A pesquisa na Internet também pode direcionar um investigador para pesquisas e literatura relevantes existentes, que são abordadas na próxima seção. Finalmente, o investigador deve pensar sobre os tipos de ESI que podem ter sido gerados sobre um incidente e explorar vias de investigação possibilitadas com o uso crescente de novas tecnologias. Por exemplo, alguém como um vizinho ou membro da mídia pode ter usado um drone para capturar intencionalmente o vídeo do evento, ou um drone pode ter capturado inadvertidamente dados relevantes enquanto pesquisava coincidentemente a área quando o incidente ocorreu. ESI recuperável de sistemas GPS em telefones, rastreadores de atividades físicas, relógios inteligentes,

N 14.5.4 Pesquisas e Publicações Existentes. Existem publicações que fornecem informações técnicas, operacionais, de manutenção, administrativas e outras que podem ser úteis para determinar a origem e a causa de um incêndio ou explosão. Essas publicações incluem tratados e revistas científicas e de engenharia; códigos e padrões de construção, incêndio e segurança; relatos de casos ou estudos de incidentes semelhantes; relatórios de testes de fogo; e outra literatura de investigação e ciência do fogo. A relevância das pesquisas e publicações existentes dependerá de uma série de

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

fatores. Uma é a relação entre o tema de tais materiais, a natureza do incidente e os problemas decorrentes do incidente que o investigador está tentando resolver. Outro fator é a semelhança entre qualquer pesquisa existente e as circunstâncias do incidente em questão. Se um investigador seleciona uma ou mais publicações, essas publicações precisam ser representativas e apropriadas para a análise que está sendo realizada. As publicações selecionadas precisam ser obtidas de fontes confiáveis que usem métodos de pesquisa cientificamente sólidos.

N **14.5.5 Experimentação e Teste.** Os dados fora da cena também podem ser desenvolvidos por meio de experimentos e testes de evidências físicas. Para uma discussão sobre este tópico, veja os Capítulos 17 e 21.

14.5.6 Fontes Governamentais de Informação.

14.5.6.1 Governo Municipal.

14.5.6.1.1 Escrivão Municipal. O secretário municipal mantém registros públicos sobre licenciamento municipal e negócios municipais em geral.

14.5.6.1.2 Avaliador Municipal. O avaliador municipal mantém registros públicos de plantas ou mapas de imóveis, incluindo dimensões, endereços, proprietários e valor tributável do imóvel e quaisquer benfeitorias.

14.5.6.1.3 Tesoureiro Municipal. O tesoureiro municipal mantém registros públicos sobre nomes e endereços de proprietários de imóveis, nomes e endereços de contribuintes, descrições legais de propriedades, montante de impostos pagos ou devidos sobre bens imóveis e pessoais e ex-proprietários do imóvel.

14.5.6.1.4 Secretaria Municipal de Ruas. O departamento de rua municipal mantém registros públicos sobre mapas das ruas; mapas mostrando a localização de conduítes, drenos, esgotos e conduítes; números de rua corretos; nomes antigos de ruas; ruas e direitos de passagem abandonados; e becos, servidões e direitos de passagem.

14.5.6.1.5 Secretaria Municipal de Obras. O departamento municipal de construção mantém registros públicos sobre alvarás de construção, alvarás elétricos, alvarás de encanamento, plantas e diagramas mostrando detalhes de construção e registros de vários inspetores municipais.

14.5.6.1.6 Secretaria Municipal de Saúde. A secretaria municipal de saúde mantém registros públicos de certidões de nascimento, certidões de óbito, registros de investigações relacionadas à poluição e outros agravos à saúde e registros de inspetores de saúde.

14.5.6.1.7 Conselho Municipal de Educação. O conselho municipal de educação mantém registros públicos sobre todos os aspectos do sistema público de ensino.

14.5.6.1.8 Delegacia Municipal de Polícia. O departamento de polícia municipal mantém registros públicos sobre investigações criminais locais e outros aspectos das atividades desse departamento.

14.5.6.1.9 Corpo de Bombeiros Municipal. O corpo de bombeiros municipal mantém registros públicos sobre relatórios de incidentes de incêndio, relatórios de incidentes médicos de emergência, registros de inspeções de incêndio e outros aspectos das atividades desse departamento.

14.5.6.1.10 Outros Órgãos Municipais. Muitos outros escritórios, departamentos e agências normalmente existem no nível municipal de governo. O investigador de incêndio pode encontrar diferentes estruturação governamental em cada município. Como tal, o investigador de incêndio pode precisar solicitar informações dessas fontes adicionais.

14.5.6.2 Governo do Condado.

14.5.6.2.1 Registrador do Condado. O cartório do condado mantém registros públicos de documentos relativos a transações imobiliárias, hipotecas, certidões de casamento e contratos de casamento, divórcios, testamentos admitidos, títulos oficiais, avisos de ônus de mecânicos, certidões de nascimento, certidões de óbito, documentos relacionados a falência e outros documentos que sejam exigidos ou permitidos por lei.

14.5.6.2.2 Escrivão do Condado. O funcionário do condado mantém registros públicos sobre registros de naturalização, registros de litígios civis, registros de inventário, registros de litígios criminais e registros de negócios gerais do condado.

14.5.6.2.3 Avaliador do Condado. O assessor do condado mantém registros públicos, como plantas ou mapas de bens imóveis no condado, que incluem dimensões, endereços, proprietários e valor tributável.

14.5.6.2.4 Tesoureiro do Condado. O tesoureiro do condado mantém registros públicos sobre nomes e endereços de proprietários de imóveis, nomes e endereços de contribuintes, descrições legais de propriedades, valores de impostos pagos ou devidos sobre bens imóveis e pessoais e todas as transações fiscais do condado.

14.5.6.2.5 Legista do Condado/Examinador Médico. O médico legista do condado mantém registros públicos sobre os nomes ou descrições do falecido, datas de inquéritos, bens encontrados no falecido, causas e formas de morte e documentos sobre a disposição do falecido.

14.5.6.2.6 Departamento do Xerife do Condado. O departamento do xerife do condado mantém registros públicos sobre as investigações criminais do condado e outros aspectos das atividades desse departamento.

N **14.5.6.2.7 Agência de Gerenciamento de Emergências do Condado.** A EMA em nível de condado é a organização local dentro da estrutura do Departamento de Segurança Interna dos EUA/Agência Federal de Gerenciamento de Emergências (FEMA). O foco está no planejamento, preparação e treinamento para emergências naturais e provocadas pelo homem que teriam impacto sobre os moradores de um determinado condado e do estado.

14.5.6.2.8 Outras Agências do Condado. Muitos outros escritórios, departamentos e agências normalmente existem no nível de governo do condado. O investigador de incêndio pode encontrar diferentes estruturas governamentais em cada município. Como tal, o investigador de incêndio pode precisar solicitar informações dessas fontes adicionais.

14.5.6.3 Governo do Estado.

14.5.6.3.1 Secretário de Estado. O secretário de estado mantém registros públicos sobre cartas e relatórios anuais de corporações, anexações e portarias de vilas, vilas e cidades; registro de nomes comerciais e marcas; registos notariais; e declarações do Código Comercial Uniforme (UCC).

14.5.6.3.2 Tesoureiro do Estado. O tesoureiro do estado mantém registros públicos sobre todas as transações fiscais do estado.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

14.5.6.3.3 Secretaria Estadual de Estatísticas Vitais. O departamento estadual de estatísticas vitais mantém registros públicos sobre nascimentos, óbitos e casamentos.

14.5.6.3.4 Secretaria da Receita Estadual. O departamento de receita estadual mantém registros públicos sobre declarações de impostos estaduais individuais; declarações fiscais estaduais corporativas; e investigações passadas, presentes e pendentes.

14.5.6.3.5 Secretaria Estadual de Regulação. O departamento de regulação do estado mantém registros públicos sobre os nomes dos titulares de licenças de ocupação profissional e seus antecedentes; resultados de exames de licenciamento; reclamações de consumidores; investigações passadas, presentes ou pendentes; e os relatórios anuais de organizações de caridade.

14.5.6.3.6 Secretaria Estadual de Transportes. O departamento estadual de transporte mantém registros públicos sobre projetos de construção e melhoria de rodovias, informações sobre acidentes de veículos motorizados, registros de veículos motorizados e testes e registros de carteira de motorista.

14.5.6.3.7 Secretaria Estadual de Recursos Naturais. O departamento estadual de recursos naturais mantém registros públicos sobre os regulamentos de pesca e caça, dados de licença de pesca e caça, dados de licença de veículos recreativos, regulamento de descarte de resíduos e regulamento de proteção ambiental.

14.5.6.3.8 Gabinete do Comissário de Seguros do Estado. O escritório do comissário de seguros do estado mantém registros públicos sobre as companhias de seguros licenciadas para realizar negócios no estado; agentes de seguros licenciados; reclamações de consumidores; e registros de investigações passadas, presentes ou pendentes.

14.5.6.3.9 Polícia Estadual. A polícia estadual mantém registros públicos sobre investigações criminais estaduais e outros aspectos das atividades dessa agência.

14.5.6.3.10 Corpo de Bombeiros do Estado. O Gabinete do Corpo de Bombeiros do estado mantém registros públicos sobre as atividades de inspeção e prevenção de incêndios, bancos de dados de incidentes de incêndio e atividades de investigação de incêndio.

N **14.5.6.3.11 Secretaria Estadual de Segurança Interna.** A Segurança Interna realiza várias missões mandatadas pelo Departamento de Segurança Interna dos EUA, bem como outros mandatos que podem ser iniciados pelo poder legislativo ou executivo do governo estadual.

N **14.5.6.3.12 Gestão de Emergências Estaduais.** O Gerenciamento de Emergências compartilha a visão do estado de coordenar um sistema de mitigação, preparação, resposta e recuperação e proteger as vidas, o meio ambiente e a propriedade das pessoas que residem ou viajam para o estado.

14.5.6.3.13 Outros Órgãos Estaduais. Muitos outros escritórios, departamentos e agências normalmente existem no nível estadual de governo. O investigador de incêndio pode se deparar com diferentes estruturas governamentais em cada estado. Como tal, o investigador de incêndio pode precisar solicitar informações dessas fontes adicionais.

14.5.7 Governo Federal.

14.5.7.1 Departamento de Agricultura. O USDA é formado por 29 agências e escritórios que incluem o Serviço Florestal, Serviço de Conservação de Recursos, Agência de Serviços Agrícolas, Risco Agência de Gestão, Serviço de Utilidades Rurais, Habitação Rural Serviço, Serviço de Cooperativa Empresarial Rural, Alimentação e Nutri-

Serviço de Inspecção e Segurança Alimentar, Serviço de Inspecção e Serviço de Inspeção Fitossanitária e Inspeção de Grãos Administração de Embaladores e Pátios. Cada departamento ou agência opera independentemente uma da outra e é responsável competentes para a aplicação da lei e a manutenção de registros públicos relacionados aos seus respectivos propósitos. Como a estrutura organizacional de todas as entidades do governo federal está sujeita a alterações durante qualquer ciclo político, consulte o USDA site para informações atualizadas sobre os departamentos ou agências listadas acima. Exemplos do tipo e forma de informação informações que podem estar disponíveis em departamentos ou agências sob o USDA incluem registros públicos sobre suplementos programas de assistência nutricional, como Nutrição Suplementar Programa de Assistência (SNAP) e Mulheres, Bebês e Crianças que pode ser obtido no Serviço de Alimentação e Nutrição. o Serviço de Inspeção e Segurança Alimentar mantém registros públicos em relação a inspeção de carnes, frigoríficos e currais, aves tente inspeção e inspeção de produtos lácteos. A Floresta dos EUA Serviço mantém registros públicos sobre silvicultura e Recursos. Atividades de investigação criminal do Departamento de Agricultura estão contidos no Gabinete do Inspetor Em geral. Apenas o Serviço Florestal tem uma lei separada mento e elemento de investigação criminal, sob o USDA.

•

14.5.7.2 Departamento de Comércio. O Departamento de O comércio promove a criação de emprego e o crescimento económico ao garantindo um comércio justo e seguro, fornecendo os dados necessários para apoiar o comércio e fomentar a inovação estabelecendo ards e conduzindo pesquisa e desenvolvimento fundamentais. Através de suas 12 agências e com funcionários localizados em todas as 50 estados e mais de 86 países, o Departamento de Commerce trabalha para fornecer empresas sediadas nos EUA e entre- empreendedores ferramentas inestimáveis por meio de programas como o Decen- Censo anual, o Serviço Nacional de Meteorologia, pescas NOAA, e o Serviço de Comércio Exterior. Entre muitas outras funções, o departamento supervisiona a navegação oceânica e costeira, ajuda negociar o comércio bilateral livre e justo e fazer cumprir as leis que garantem condições equitativas para as empresas americanas. Os 12 escritórios do Departamento de Comércio são os seguintes:

(1) Bureau of Economic Analysis (BEA)
(2) Bureau de Indústria e Segurança (BIS)
(3) US Census Bureau (Censo)
(4) Administração de Desenvolvimento Econômico (EDA)
(5) Administração de Economia e Estatística (ESA)
(6) Administração de Comércio Internacional (ITA)
(7) Agência de Desenvolvimento de Negócios Minoritários (MBDA)
(8) Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST)
(9) Operação Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA)
(10) Serviço Nacional de Informações Técnicas (NTIS)
(11) Operação Administração Nacional de Telecomunicações e Informações (NTIA)
(12) Escritório de Patentes e Marcas Registradas dos Estados Unidos (USPTO)

N **14.5.7.2.1 Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST).** A missão do NIST é promover a inovação e a competitividade industrial dos EUA por meio do avanço da ciência de medição, padrões e tecnologia de forma a aumentar a segurança econômica e melhorar nossa qualidade de vida. A visão do NIST será a líder mundial na criação de soluções críticas de medição e na promoção de padrões equitativos. Nossos esforços estimulam a inovação, promovem a competitividade industrial e melhoram a qualidade de vida.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

N 14.5.7.2.1.1 Laboratórios de Engenharia do NIST, Divisão de Pesquisa de Incêndios. A Fire Research Division desenvolve, verifica e utiliza medições e métodos preditivos para quantificar o comportamento do fogo e meios para reduzir o impacto do fogo nas pessoas, propriedades e meio ambiente. Este trabalho envolve a integração de medições de laboratório, métodos de previsão verificados e experimentos de incêndio em larga escala para demonstrar o uso e o valor dos produtos de pesquisa. Há cinco grupos que fazem parte desta divisão: Grupo de Segurança contra Incêndios de Engenharia, Grupo de Tecnologia de Combate a Incêndios, Grupo de Redução de Inflamabilidade, Laboratório Nacional de Pesquisa de Incêndios e Grupo de Incêndios de Interface Urbana-Silvestre.

14.5.7.2.1.2 Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA). Os dados meteorológicos, passados ou presentes, para todas as estações de relatórios nos Estados Unidos estão disponíveis no Centro Nacional de Dados Climáticos em Asheville, Carolina do Norte. As estações meteorológicas locais da NOAA podem fornecer dados para suas áreas.

•

14.5.7.3 Ramos Militares. O Departamento de Defesa (DOD) supervisiona todos os ramos militares das forças armadas, incluindo o Exército, a Marinha, o Corpo de Fuzileiros Navais e a Força Aérea. A Guarda Costeira está sob o controle do Departamento de Segurança Interna, exceto em tempo de guerra, onde a Guarda Costeira ficaria sob o Departamento da Marinha. Cada ramo das forças armadas mantém registros públicos sobre suas atividades e pessoal. Cada filial tem escritórios que conduzem investigações criminais dentro de seu ramo específico de serviço armado.

14.5.7.4 Departamento de Saúde e Serviços Humanos. Sob este departamento, a Food and Drug Administration mantém registros públicos sobre a aplicação das leis federais sob sua jurisdição. Instituto Nacional de Segurança do Trabalho e Saúde (NIOSH) Investigação de Fatalidade de Bombeiros e O Programa de Prevenção conduz investigações independentes de mortes em serviço de bombeiros (LODD). A Segurança Social A administração mantém registros públicos no que diz respeito à sua Atividades. As atividades investigativas do Departamento de Serviços de Saúde e Humanos estão contidos no Escritório de Investigações na Administração da Segurança Social.

•

14.5.7.5 Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano. O Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano mantém registros públicos de todos os programas habitacionais públicos nos quais foi concedida assistência federal. As atividades investigativas da Secretaria de Habitação e Desenvolvimento Urbano estão contidas no Gabinete do Inspetor-Geral .

14.5.7.6 Departamento do Interior. Sob este departamento, a NÓS Fish and Wildlife Service mantém registros públicos sobre violações de leis federais relacionadas a pesca e caça. O Bureau of Indian Affairs mantém registros públicos sobre censos de reservas indígenas, nomes, grau de sangue, tribo, antecedentes familiares e endereços atuais de todos Índios, especialmente aqueles que residem em reserva indígena federal ções. O National Park Service mantém registros públicos em relação a todos os parques de propriedade federal ou mantidos pelo governo federal e terras. Cada divisão do Departamento do Interior tem seu próprio escritório de investigação.

•

14.5.7.7 Departamento do Trabalho. Sob este departamento, a Administração de Serviços de Gestão do Trabalho mantém registros públicos sobre informações sobre organizações trabalhistas e de gestão e seus funcionários. Os Padrões de Emprego A administração mantém registros públicos sobre as leis federais relacionados ao salário mínimo, padrões de horas extras, igualdade salarial e discriminação de idade no emprego. As atividades investigativas do Ministério do Trabalho estão contidos na Divisão do Gabinete de Relatórios de Pensões.

N 14.5.7.7.1 Administração de Segurança e Saúde Ocupacional. Com a Lei de Segurança e Saúde Ocupacional de 1970, o Congresso criou a Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (OSHA) para garantir condições de trabalho seguras e saudáveis para homens e mulheres trabalhadores, estabelecendo e aplicando padrões e fornecendo treinamento, divulgação, educação e assistência.

•

14.5.7.8 Departamento de Estado. O Departamento de Estado principal mantém registros públicos relativos a passaportes, vistos e importação/licenças de exportação. As atividades investigativas do Departamento de Estado estão contidos no Gabinete de Vistos.

•

14.5.7.9 Departamento de Transportes. O Departamento de Transporte (DOT) é composto por 10 escritórios administrativos que incluem a Administração Nacional de Segurança no Trânsito Rodoviário (NHTSA), a Administração Federal de Aviação (FAA), Federal Highway Administration (FHWA), Pipeline e Administração de Segurança de Materiais Perigosos (PHMSA), Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA), Federal Rail-Administração Rodoviária (FRA), Administração Federal de Trânsito (FTA) e a Administração Marítima (MARAD). Cada administração é responsável por administrar os regulamentos e políticas que regem a segurança do transporte em seus respectivos áreas de preocupação. O Gabinete do Inspetor-Geral é responsável para todas as atividades investigativas relacionadas à segurança do transporte incluindo segurança rodoviária, segurança da aviação e materiais perigosos. também transporte .

14.5.7.10 Receita Federal. O Internal Revenue Service mantém registros públicos sobre o cumprimento de todas as leis fiscais federais.

14.5.7.11 Departamento de Justiça. O Departamento de Justiça aplica a lei e defende os interesses dos Estados Unidos de acordo com a lei, garante a segurança pública contra ameaças estrangeira e doméstica, fornece liderança federal na prevenção combatendo e controlando o crime, busca punição justa para aqueles culpado de comportamento ilegal, e garante justiça e imparcialidade administração da justiça para todos os americanos. O Departamento de A justiça é composta de muitas agências, escritórios e divisões.

14.5.7.11.1 Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosivos (ATF). O Departamento de Álcool, Tabaco, Armas de Fogo e Explosivos (ATF) é a agência de aplicação da lei que investi-portões criminosos violentos, organizações criminosas, o uso ilegal e tráfico de armas de fogo, o uso e armazenamento ilegal de explosivos sivos, incêndios, atentados, atos de terrorismo e a ilegalidade desvio de álcool e produtos do tabaco. ATF é o principal agência federal autorizada a conduzir investigações de incêndio. ATF mantém um quadro de especialistas no assunto em incêndio e disciplinas explosivas, para incluir investigadores de incêndio certificados, engenheiros de pesquisa, engenheiros elétricos, químicos, certificados especialistas em explosivos, técnicos de bombas de agentes especiais e policiais explosivos. O ATF também treina, certifica, e implanta em todo os Estados Unidos detecção de explosivos K-9s e detecção de acelerador K-9s .

N 14.5.7.11.1.1 A ATF opera a Equipe de Resposta Nacional dos Estados Unidos (NRT). Essa equipe de especialistas no assunto responde a incêndios e explosões em grande escala a pedido de assistência de qualquer corpo de bombeiros ou departamento de polícia estadual e local. O NRT responde ao local no prazo de 24 horas para prestar assistência. A equipe é composta por agentes especiais que possuem

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

especialização no assunto em investigação de incêndio e explosão. A equipe também responde com engenheiros elétricos da ATF, engenheiros de pesquisa de incêndio, químicos, equipes caninas de detecção acelerada e especialistas em pesquisa investigativa. Não há custo para o departamento ou agência local para este suporte.

N **14.5.7.11.1.2**A ATF mantém três laboratórios nacionais de ciência forense credenciados com químicos especializados em análise de detritos de incêndio, análise de explosivos e reconstrução de dispositivos, análise de traços e comparação de impressões digitais e DNA.

N **14.5.7.11.1.3**O ATF Fire Research Laboratory (FRL) é o maior laboratório de pesquisa do mundo dedicado a investigações de cenas de incêndio. A FRL também realiza projetos de pesquisa relacionados ao fogo. Os cientistas de incêndio da FRL utilizam sua estrutura única e instrumentação sofisticada para investigar fenômenos de cena de incêndio, conduzir ciência forense de incêndio e testes de engenharia e analisar questões de crescimento e dinâmica do incêndio. A FRL realiza investigações que envolvem a reconstrução da cena do incêndio, estudos de flashover, avaliação da causa do incêndio elétrico e validação de indicadores de análise de padrão de incêndio. Também participa de importantes investigações sobre o impacto dos aceleradores no crescimento e propagação do fogo, estudos de ignição e análise de causas de incêndios elétricos. Além disso,

N **14.5.7.11.1.4**A ATF, por meio de sua missão regulatória, mantém registros públicos sobre destiladores, cervejeiros e pessoas ou empresas que fabricam ou manipulam álcool; revendedores de bebidas a retalho; fabricantes e distribuidores de produtos de tabaco; registro de armas de fogo; detentores de licenças federais de armas de fogo, incluindo fabricantes, importadores e revendedores; detentores de licenças federais de explosivos, incluindo fabricantes, importadores e revendedores; e a origem das armas de fogo fabricadas e importadas após 1968.

N **14.5.7.11.2**A Divisão Antitruste mantém registros públicos sobre fontes federais de informações relacionadas a questões antitruste

14.5.7.11.3A Divisão de Direitos Civis mantém registros públicos sobre a aplicação de todas as leis federais de direitos civis que proíbem a discriminação com base em raça, cor, religião ou nacionalidade nas áreas de educação, emprego e moradia, e o uso de instalações públicas e acomodações públicas.

14.5.7.11.4A Divisão Criminal mantém registros públicos sobre a aplicação de todas as leis criminais federais, exceto aquelas especificamente atribuídas às Divisões Antitruste, Direitos Civis ou Fiscais.

14.5.7.11.5A Drug Enforcement Administration mantém registros públicos sobre todos os manipuladores licenciados de narcóticos, o comércio legal de narcóticos e drogas perigosas e sua aplicação das leis federais relacionadas a narcóticos e outras drogas.

14.5.7.11.6O Federal Bureau of Investigation mantém registros públicos sobre registros criminais, impressões digitais e sua aplicação das leis criminais federais.

14.5.7.11.7O Serviço de Imigração e Naturalização mantém registros públicos sobre imigrantes, estrangeiros, passageiros e tripulantes de navios de portos estrangeiros, registros de naturalização, processos de deportação e as demonstrações financeiras de estrangeiros e pessoas que patrocinam sua entrada nos Estados Unidos.

14.5.7.12 Serviço Postal dos EUA.O Serviço Postal dos EUA mantém registros públicos de todas as suas atividades. As atividades investigativas do Serviço Postal dos EUA estão contidas no Gabinete do Inspetor Postal.

14.5.7.13 Departamento de Energia.O Departamento de Energia é um departamento executivo do governo dos EUA que trabalha para atender às necessidades energéticas do país. O departamento desenvolve e coordena as políticas e programas nacionais de energia. Promove a conservação de combustível e eletricidade. Também realiza pesquisas para desenvolver novas fontes de energia e formas mais eficientes de usar os suprimentos atuais. O secretário de energia, membro do gabinete do presidente, chefia o departamento.

14.5.7.14 Departamento de Segurança Interna dos Estados Unidos. O Departamento de Segurança Interna, criado após os ataques terroristas de 11/09/2001, é um departamento executivo do governo dos EUA que trabalha para manter a segurança das necessidades da nação. O departamento desenvolve e coordena políticas e programas de segurança nacional por meio de uma variedade de proteção de fronteiras, transporte e infraestrutura. O Secretário de Segurança Interna, um membro do gabinete, chefia o departamento.

14.5.7.14.1A Alfândega e Proteção de Fronteiras dos EUA (CBP) mantém registros públicos sobre importadores, exportadores, custom-corretores de casas, caminhoneiros de alfândega, e o registro, inscrição e licenciamento de embarcações não licenciadas pela Guarda Costeira ou pelos Estados Unidos que transportam mercadorias de e para os Estados Unidos.

14.5.7.14.2O Serviço Secreto dos EUA mantém registros públicos sobre falsificação e falsificação de moedas e moedas dos EUA e registros de todas as ameaças à vida do presidente e sua família imediata, do vice-presidente, ex-presidentes e suas esposas, esposas de presidentes falecidos, filhos de presidentes falecidos até a idade , presidente16vice-presidente eleitos, principais candidatos ao cargo de presidente e vice-presidente e chefes de estado representando países estrangeiros que visitam os Estados Unidos.

14.5.7.14.3o NÓS Guarda Costeira mantém registros públicos em relação a pessoas servindo em navios registrados nos EUA, embarcações equipadas com motores instalados permanentemente, embarcações com mais de 4,9 m (16 pés) de comprimento equipadas com motores destacáveis, informações sobre onde e quando os navios partiram ou retornaram dos portos dos EUA e violações das leis ambientais.

14.5.7.14.4 Agência Federal de Gerenciamento de Emergências. este agência fornece o planejamento, preparação, resposta e recuperação de todos os tipos de desastres naturais e causados pelo homem fornece e apoio federal de resposta, assistência, suporte e recuperação de socorro a entidades estaduais e locais afetadas por desastres declarados pelo governo federal.

14.5.7.14.4.1 Administração de Incêndio dos EUA. Esta agência mantém uma ampla gama de programas baseados em bombeiros, treinamento, educação e informações técnicas e estatísticas para o planejamento geral/prevenção/controle de questões de incêndio nos Estados Unidos, incluindo alertas, avisos, incêndio criminoso, incêndio juvenil, comunicações, proteção de infraestrutura crítica (EMR-ISAC), serviços médicos de emergência, resgate, administração de bombeiros, saúde e segurança de bombeiros, materiais perigosos, gerenciamento de incidentes, desenvolvimento profissional, terrorismo e incêndios florestais.A Administração de Incêndios dos Estados Unidos contém um extenso banco de dados de informações relacionadas à inci-

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

mos através de sua administração do National Fire Incident Sistema de Relatórios (NFIRS).

N 14.5.7.15 Serviço de Cidadania e Naturalização dos EUA. Esta agência mantém registros públicos sobre imigrantes, estrangeiros, passageiros e tripulantes de navios de portos estrangeiros, registros de naturalização, processos de deportação e as demonstrações financeiras de estrangeiros e pessoas que patrocinam sua entrada nos Estados Unidos.

14.5.8 Outros Órgãos Federais. Lá são uma variedade de outros agências e comissões federais que fazem parte do nível federal de governo. Todas essas agências e comissões federais mantêm uma variedade de registros públicos. Como tal, o investigador de incêndio pode precisar solicitar informações dessas fontes adicionais. O Comitê de Operações Governamentais do Senado dos EUA publica uma referência útil intitulada *Quadro da Organização dos Departamentos e Agências do Executivo Federal.* Este gráfico fornece o nome exato de um escritório, divisão ou agência e o lugar que ocupa na estrutura organizacional de um departamento ou agência. Com essa referência, não deve ser difícil para o investigador de incêndio determinar a jurisdição de uma agência ou comissão do governo federal.

14.6 Fontes Privadas de Informação.

14.6.1 National Fire Protection Association (NFPA). o A National Fire Protection Association (NFPA) é uma organização global sem fins lucrativos, fundada em 1896, dedicada à eliminação de morte, lesão, propriedade e perda econômica devido a incêndio, riscos elétricos e relacionados. A NFPA fornece informações e conhecimento por meio de mais de 300 códigos de consenso e ards, pesquisa, treinamento, educação, divulgação e advocacia e em parceria com outras pessoas que compartilham o interesse em promover sua missão.

14.6.2 Sociedade de Engenheiros de Proteção Contra Incêndio (SFPE). Organizada em 1950, a Society of Fire Protection Engineers (SFPE) é uma organização profissional para engenheiros envolvidos no campo multifacetado de proteção contra incêndio Engenharia. Sua missão é definir, desenvolver e promover o uso das melhores práticas de engenharia tiques; ampliar a base de conhecimento científico e técnico; e educar a comunidade global de segurança contra incêndio para reduzir o risco de incêndio .

14.6.3 Sociedade Americana de Testes e Materiais (ASTM). A American Society for Testing and Materials (ASTM), od em 1898, é uma organização científica e técnica formada para "o desenvolvimento de padrões sobre características e desempenho de materiais, produtos, sistemas e serviços, e a promoção do conhecimento relacionado". É o maior do mundo fonte de padrões de consenso voluntário. As normas ASTM são usado em todo o mundo para melhorar a qualidade do produto, aumentar a segurança e facilitar o comércio. Muitos desses padrões se concentram em métodos de teste para a realização de uma variedade de testes relacionados ao fogo, muitas vezes solicitados pelos investigadores de incêndio. Esses padrões que descrevem testes de fogo são discutidos no Capítulo 17 deste documento.

14.6.4 Instituto Nacional Americano de Padrões. americano O National Standards Institute (ANSI) é uma organização sem fins lucrativos privada que facilita o desenvolvimento de padrões nacionais (ANSs) credenciando os procedimentos de organizações de desenvolvimento de padrões (SDOs). Esses grupos trabalham cooperativamente para desenvolver padrões de consenso nacionais voluntários. A acreditação pelo ANSI significa que os procedimentos utilizados pelo organismo de normalização em conexão com o desenvolvimento de padrões nacionais Conheça o do instituto essen-requisitos iniciais de abertura, equilíbrio, consenso e devido processo.

14.6.5 Associação Nacional de Investigadores de Incêndio (NAFI). o Associação Nacional de Investigadores de Incêndios (NAFI) foi organizada em 1961. Seus principais objetivos são aumentar o conhecimento e melhorar as habilidades das pessoas envolvidas na investigação e análise de incêndios e explosões, ou no litígio que decorre de tais investigações. Em 1981, o NAFI organizou o Conselho Nacional de Certificação para auxiliar no desenvolvimento e implementação do programa de investigador certificado de incêndio e explosão (CFEI) e quaisquer outras certificações NAFI que possam ser implementadas no futuro. Em 1982, o primeiro certificado CFEI foi emitido, e o programa de certificação foi baseado nos requisitos contidos na edição de 1977 da NFPA1031 e posteriormente baseado nas edições de 1987 e futuras da NFPA 1033. A base de conhecimento para o programa CFEI foi a 1992 e edições subsequentes da NFPA 921. Desde então, o Conselho Nacional de Certificação desenvolveu e implementou programas de certificação adicionais que incluem Instrutor de Investigador de Incêndio Certificado (CFII) 1984, que é baseado na NFPA 1041 Níveis 1 e II, e o veículo certificado investigador de incêndio (CVFI) 2002. Estas são certificações avançadas projetadas para reconhecer investi-
jacarés por seu conhecimento, treinamento, educação e experiência e aceitos por seus conhecimentos. A NAFI também patrocina um mini-mãe de três programas anuais de treinamento. Esses programas variam na base de conhecimento, geral a avançada, e são com base nos requisitos da NFPA 1033 e nos requisitos técnicos conteúdo da NFPA 921. Dois outros programas especializados incluem um simpósio de pesquisa (ISFI) e a investigação de incêndio em veículos programa de treinamento.

14.6.6 Associação Internacional de Investigadores de Incêndios (IAAI). A Associação Internacional de Investigadores de Incêndios (IAAI) foi fundada em 1949 por um grupo de funcionários públicos e privados para abordar questões de incêndio e incêndio criminoso. O IAAI se dedica a melhorar desenvolvimento profissional de investigação de incêndio e explosão jacarés por ser um recurso global para treinamento em investigação de incêndios, tecnologia e pesquisa. A IAAI tem capítulos localizados em todo o mundo. Além de um seminário anual, também são seminários regionais com foco no treinamento de investigadores de incêndio e educação. A IAAI também publica *Investigador de incêndios e incêndios*, uma revista trimestral, e oferece uma série de certificações e designações profissionais, incluindo o profissional credenciado pelo conselho Programa de investigador de incêndio certificado pela IAAI com base na NFPA 1033, o programa técnico de investigação de incêndio da IAAI baseado em partes da NFPA 1033, programa de instrutor certificado IAAI baseado na NFPA 1041, e nas técnicas de coleta de evidências do IAAI programa cian baseado na NFPA 1033 e na norma ANSI relevante ARDS. Além disso, o IAAI oferece uma plataforma de ensino a distância disponível em www.cfitrainer.net.

14.6.7 Organizações Regionais de Investigação de Incêndios. Além da Associação Nacional de Investigadores de Incêndios, da Associação Internacional de Investigadores de Incêndios e suas seções estaduais, existem muitas organizações regionais de investigação de incêndios. Essas organizações geralmente existem como forças-tarefa estaduais ou locais de incêndio/incêndio, sociedades profissionais ou grupos de investigadores de incêndio ou equipes de investigação de incêndio de ajuda mútua.

14.6.8 Setor Imobiliário. O setor imobiliário mantém certos registros que podem ser benéficos para o investigador de incêndio durante a investigação. Além de registros de pessoas e empresas que estão vendendo ou comprando imóveis, as imobiliárias costumam manter extensas bibliotecas de fotografias de

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

residências e empresas localizadas em seu território de vendas. Estas fotografias podem ser do interesse do investigador de incêndios.

14.6.9 Empresas de Resumos e Títulos. As empresas de resumos e títulos são outra fonte valiosa de informação. Os registros mantidos por essas empresas incluem mapas e livros de folhetos; índices de caução de compradores e vendedores de imóveis; arquivos de depósito contendo instruções de depósito, acordos e acordos; e políticas de resumos e títulos.

14.6.10 Instituições Financeiras. Instituições financeiras, incluindo bancos, associações de poupança e empréstimo, corretoras, agentes de transferência, agentes de desembolso de dividendos e serviços de empréstimos comerciais, mantêm registros que servem como fontes de informações valiosas. Além das informações financeiras sobre uma determinada pessoa ou empresa, os registros das instituições financeiras contêm outras informações sobre todas as facetas da vida de uma pessoa ou da história de uma empresa.

14.6.11 Indústria de Seguros.A indústria de seguros tem interesse nos resultados da maioria dos incidentes de incêndio e explosão. A maioria das companhias de seguros estabeleceu investigações especiais unidades de combate a incêndios (SIUs) que podem ser incumbidas de investigar incêndios e explosões envolvendo bens que eles seguram. Treinado e experiente O SIU credenciado ou o pessoal de sinistros podem fornecer ao investigador de incêndio com informações sobre a estrutura ou veículo envolvido e a(s) pessoa(s) que os seguraram.*(Consulte 12.5.6.5.)*O seguro A indústria civil tem interesse nos resultados da maioria dos incêndios e incidentes de explosão. A maioria das seguradoras tem unidades especiais de investigação (SIUs) que podem ser encarregadas de investigar incêndios e explosões envolvendo propriedades garantir. SIU treinado e experiente ou pessoal de sinistros pode fornecer ao investigador de incêndio informações sobre o estrutura ou veículo envolvido e a(s) pessoa(s) que segurou eles.*(Consulte 12.5.6.5.)*

• Δ **14.6.12 Instituições de Ensino.** As instituições de ensino são muitas vezes uma fonte de pesquisas que podem ser úteis para pesquisadores .

14.6.13 Empresas de Serviços Públicos. Durante o curso normal dos negócios, as empresas de serviços públicos mantêm extensos bancos de dados, especialmente sobre seus clientes. O investigador de incêndio não deve ignorar que essas empresas, públicas ou privadas, também mantêm registros sobre a qualidade e os problemas associados à distribuição de seus produtos ou serviços.

14.6.14 Organizações Comerciais. As organizações comerciais são muitas vezes uma das fontes de informação mais valiosas disponíveis para o investigador de incêndios. Essas organizações promovem o interesse de muitos dos comércios proeminentes. Seu valor para o investigador de incêndio é que cada organização se concentra em um ofício ou disciplina específica. Como tal, muitas vezes funcionam como câmaras de compensação de conhecimento em sua área de especialização. Além dessa experiência, a maioria das organizações comerciais desenvolve e distribui publicações que servem como importantes materiais de referência para o investigador de incêndios.

14.6.15 Organizações de notícias . As emissoras de televisão locais costumam enviar equipes de câmera para incêndios dignos de notícia. Cópias de sua cobertura em fita de vídeo podem ser obtidas, se ainda estiverem disponíveis. As estações de televisão também têm registros do clima na área e muitas vezes têm dados limitados de observadores meteorológicos amadores locais de áreas distantes dos aeroportos.

14.6.16 Redes de detecção de raios. Existem redes de detecção de relâmpagos que podem ajudar a estabelecer a hora e a localização [até 500 m (1600 pés)] de um relâmpago. Histórico dados também estão disponíveis, incluindo relatórios de quaisquer relâmpagos detectados dentro de um período de tempo especificado antes de um incêndio.

•

Capítulo 15 Planejando a Investigação

15.1* Introdução.A intenção deste capítulo é identificar as considerações básicas de interesse do investigador antes de iniciar a investigação da cena do incidente.

15.1.1 Independentemente do número de pessoas envolvidas, a necessidade de pré-planejar as investigações permanece constante. As considerações para determinar o número de investigadores designados incluem restrições orçamentárias, pessoal disponível, complexidade, perda de vidas e tamanho da cena a ser investigada.

15.1.2A pessoa responsável pela investigação do incidente deve identificar os recursos à sua disposição e aqueles disponíveis de fontes externas antes que esses recursos sejam necessários. É sua responsabilidade adquirir recursos adicionais conforme necessário. A assistência pode ser obtida de funcionários de construção locais ou estaduais, universidades e faculdades estaduais e várias outras agências públicas e privadas.

15.1.3O "conceito de equipe" de investigar um incidente é recomendado. Entende-se que em muitas cenas de incidentes, o investigador pode ter que fotografar ou esboçar a cena, coletar evidências, entrevistar e ser responsável por toda a investigação da cena sem outra assistência. Essas funções e outras descritas neste documento devem ser desempenhadas independentemente do número de pessoas envolvidas na investigação.

15.2 Informações Básicas do Incidente. Antes de iniciar a investigação da cena do incidente, vários eventos, fatos e circunstâncias devem ser identificados. A precisão é importante, porque um erro neste ponto pode comprometer os resultados da investigação subsequente.

15.2.1 Localização.O investigador, uma vez notificado de um incidente, deve obter do solicitante o máximo de informações sobre o incidente. Se a distância de viagem for grande, podem ser necessárias providências para transportar a equipe de investigação para a cena do incidente. A localização do incidente também pode ditar a necessidade de equipamentos e instalações especializadas.*(Consulte 15.4.1.)*

15.2.2 Data e Hora do Incidente.O investigador deve determinar com precisão o dia, a data e a hora do incidente. A idade da cena pode ter um efeito sobre o planejamento da investigação. Quanto maior o atraso entre o incidente e a investigação, mais importante se torna a revisão de documentação e informações preexistentes, como relatórios de incidentes, fotografias, planos de construção e diagramas.

15.2.3 Condições Meteorológicas.O clima no momento da investigação pode exigir roupas e equipamentos especiais. O clima também pode determinar a quantidade de tempo que os membros da equipe podem trabalhar em uma cena de incidente. O clima extremo pode exigir que maiores precauções de segurança sejam tomadas em nome dos membros da equipe, por exemplo, quando o peso da neve em uma estrutura a enfraquece. As condições climáticas, como direção e velocidade do vento, temperatura e chuva durante um incêndio, devem ser observadas, pois todas podem afetar a ignição e a propagação do fogo.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

15.2.4 Tamanho e Complexidade do Incidente.

15.2.4.1O tamanho e a complexidade da cena do incidente podem sugerir a necessidade de assistência para o investigador. Uma grande área de cena de incidente pode criar problemas de comunicação para os investigadores, e devem ser feitos arranjos para comunicações eficientes.

15.2.4.2O tamanho e a complexidade da cena também afetarão a duração da investigação, e os preparativos podem ser necessários para abrigar e alimentar os membros da equipe. Geralmente, quanto maior a cena do incidente, maior o tempo necessário para conduzir a investigação.

15.2.5 Tipo e Uso da Estrutura.

15.2.5.1O investigador deve identificar o tipo e o uso da estrutura do incidente. O uso ou ocupação da estrutura (por exemplo, planta industrial, planta de processamento químico, depósito de armazenamento, instalação nuclear ou armazenamento de resíduos radiológicos) pode exigir contenção especial de detritos, contaminação ou radiação, incluindo escoamento de água no local. Além disso, materiais perigosos apropriados ou roupas de contaminação, aparelhos respiratórios e outros dispositivos e equipamentos de proteção podem ser necessários para garantir a segurança na cena do incidente. As condições em certas cenas podem ser tão perigosas que os investigadores devem trabalhar dentro dos tempos de permanência monitorados.

15.2.5.2O conhecimento do tipo de construção e dos materiais de construção fornecerá ao investigador informações básicas valiosas e permitirá a antecipação de circunstâncias e problemas a serem encontrados pela equipe de investigação.

15.2.6 Natureza e extensão do dano.

15.2.6.1 Informações sobre as condições da cena podem alertar o investigador para requisitos especiais para a investigação, como equipamento de teste de utilidade, conhecimento especializado, pessoal adicional e equipamento de segurança especial. O investigador pode estar operando sob restrições de tempo e deve planejar adequadamente.

15.2.6.2O investigador deve garantir que o início da investigação não seja contrário às ordens pós-incidente emitidas por agências reguladoras locais, estaduais ou federais. Problemas que muitas vezes levam a tais pedidos podem envolver a estabilidade estrutural e a presença de materiais perigosos.

15.2.7 Segurança da Cena.O investigador deve determinar imediatamente a identidade do indivíduo, autoridade ou entidade que tem a posse ou o controle da cena. O direito de acesso e os meios de acesso devem ser estabelecidos. A segurança da cena é uma consideração. Se possível, devem ser tomadas providências para preservar a cena até a chegada do(s) investigador(es). Se isso não for possível, devem ser tomadas providências para fotografar e documentar as condições existentes antes da perturbação ou demolição.

15.2.8 Objetivo da Investigação.

15.2.8.1 Ao planejar a investigação, o investigador deve estar ciente de seu papel, do escopo da investigação e das áreas de responsabilidade. Numerosos investigadores podem estar envolvidos, tanto do setor privado quanto do setor público. É necessário respeito mútuo e cooperação na investigação.

15.2.8.2O investigador, o investigador do setor privado em particular, deve recomendar ao cliente que eles precisam notificar todas as partes interessadas identificáveis que possam ter um interesse na investigação da fiscalização e dar-lhes a oportunidade de participar ou testemunhar e registrar tais atividades. *(Consulte a Seção 12.3 e ASTM E860, Prática padrão para examinar e preparar itens que estão ou podem se envolver em litígios criminais ou civis.)*

15.3 Organização das Funções de Investigação.

15.3.1 Existem funções básicas que são comumente desempenhadas em cada investigação. Estas são a função de liderança/coordenação; fotografia, anotações, mapeamento e diagramação*(veja o Capítulo 16)*; entrevistando testemunhas*(veja o Capítulo 14)*; procurando a cena*(veja o Capítulo 18)*; recolha e preservação de provas*(veja o Capítulo 17)*; e avaliação de segurança*(veja o Capítulo 13)*.

15.3.2 Além disso, muitas vezes são necessários conhecimentos especializados em áreas como elétrica, aquecimento e ar condicionado ou outras áreas de engenharia. O investigador deve, se possível, cumprir essas funções com o pessoal disponível. Ao atribuir funções, devem ser utilizados os talentos especiais ou o treinamento que os membros individuais possuem.

15.4 Reunião da Equipe de Pré-Investigação. Se o investigador estabeleceu uma equipe, uma reunião deve ocorrer antes da investigação local. O líder da equipe ou investigador deve abordar questões de limites jurisdicionais e atribuir responsabilidades específicas aos membros da equipe. O pessoal deve ser avisado sobre as condições do local e as precauções de segurança necessárias.

15.4.1 Equipamentos e Instalações. Cada pessoa na cena do incêndio deve estar equipada com equipamentos de segurança apropriados, conforme necessário. Um complemento de ferramentas básicas também deve estar disponível. As ferramentas e equipamentos listados em 15.4.2 e 15.4.3 podem não ser necessários em todas as cenas, mas ao planejar a investigação, o investigador deve saber onde obter essas ferramentas e equipamentos se o investigador não os carregar.

15.4.2 Equipamento de Segurança Individual.O equipamento de segurança pessoal recomendado inclui o seguinte:

(1) Proteção para os olhos
(2) Lanterna
(3) Luvas
(4) Capacete ou capacete
(5) Proteção respiratória (tipo dependendo da exposição)
(6) Botas ou sapatos de segurança
(7) Equipamento ou macacão

15.4.3 Ferramentas e Equipamentos. As ferramentas e equipamentos recomendados incluem o seguinte:

(1) Material de absorção
(2) Air blaster (encontrado em lojas de câmeras)
(3) Machado
(4) Baterias
(5) Vassoura
(6) Medidor de Calcinação
(7) Câmera e filme*(Consulte 16.2.3.1 e 16.2.1.2 para recomendações.)*
(8) Calibre de char/calibre digital
(9) Martelo de garra
(10) Bússola direcional
(11) Recipiente de coleta de evidências*(Consulte a Seção 17.5 para recomendações.)*
(12) Etiquetas de evidência (adesivas)
(13) Toalhas de mão
(14) Machado

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

(15) Detector de hidrocarbonetos
(16) Escada
(17) Iluminação
(18) Ímã
(19) Canetas de marcação
(20) Detector de metais/sonda
(21) Pincéis
(22) Toalhas de papel/panos de limpeza
(23) Canivete
(24) Alicates/corta-fios
(25) Pé de cabra
(26) Ancinho
(27) Corda
(28) Régua/Borda reta
(29) Serra
(30) Chaves de fenda (vários tipos)
(31) Pá
(32) Peneiras/Telas de deslocamento
(33) Sabonete e limpador de mãos ou lenços umedecidos
(34) Copos de isopor
(35) Fita métrica
(36) Gravador de fita
(37) Pinças
(38) Pinças
(39) Corda
(40) Detector de tensão (dispositivo em forma de caneta para mostrar circuitos ativos)
(41) Voltímetro/ohmímetro
(42) Água
(43) Equipamento de escrita/desenho

15.5 Pessoal Especializado e Consultores Técnicos.

15.5.1 Geral. Durante o planejamento de uma investigação de incêndio, pessoal especializado pode ser necessário para fornecer assistência técnica. Existem muitas facetas diferentes para a investigação de incêndio. Se não estiver familiarizado com um aspecto específico, o investigador nunca deve hesitar em chamar outro especialista em investigação de incêndio que tenha mais conhecimento ou experiência em um aspecto específico da investigação. Por exemplo, existem alguns especialistas que se especializam em explosões.

15.5.1.1 As fontes para esse pessoal/especialista especializado incluem faculdades ou universidades, agências governamentais (federal, estadual e local), sociedades ou grupos comerciais, empresas de consultoria e outros. Quando pessoal especializado é trazido, é importante lembrar que o conflito de interesses deve ser evitado. Recomenda-se a identificação prévia de pessoal especial. As subseções 15.5.2 a 15.5.10 listam exemplos de engenharias profissionais ou específicas e disciplinas científicas, juntamente com áreas onde esse pessoal pode ajudar o investigador de incêndio. Esta seção não se destina a listar todas as fontes para esse pessoal especializado e consultores técnicos.

15.5.1.2 Deve-se ter em mente que a investigação de incêndio é um campo especializado. Aqueles indivíduos não especificamente treinados e experientes na disciplina de investigação e análise de incêndios, embora possam ser especialistas em áreas afins, podem não estar bem qualificados para opinar sobre a origem e a causa do incêndio. Para oferecer opiniões de origem e causa, geralmente é necessário treinamento ou experiência adicional.

15.5.1.3 As descrições de 15.5.2 a 15.5.10 são gerais e não implicam que a presença ou ausência de uma área de formação referenciada afete as qualificações de um determinado especialista.

15.5.2 Engenheiro ou Cientista de Materiais. Uma pessoa neste campo pode fornecer conhecimento especializado sobre como os materiais reagem a diferentes condições, incluindo calor e fogo. No caso de metais, alguém com formação metalúrgica pode responder a perguntas sobre corrosão, estresse, falha ou fadiga, aquecimento ou fusão. Um cientista de polímeros ou químico pode oferecer assistência sobre como os plásticos reagem ao calor e outras condições presentes durante um incêndio e sobre as propriedades de combustão e inflamabilidade dos plásticos.

15.5.3 Engenheiro Mecânico. Um engenheiro mecânico pode ser necessário para analisar sistemas ou equipamentos mecânicos complexos, incluindo sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC), especialmente como esses sistemas podem ter afetado o movimento de fumaça dentro de um edifício. O engenheiro mecânico também pode realizar testes de resistência do material.

15.5.4 Engenheiro Eletricista. Um engenheiro eletricista pode fornecer informações sobre sistemas de alarme de incêndio de edifícios, sistemas de energia, fontes de alimentação ou outros sistemas ou componentes elétricos. Um engenheiro eletricista pode ajudar quantificando os parâmetros operacionais normais de um determinado sistema e determinando os modos de falha.

15.5.5 Engenheiro Químico/Químico.

15.5.5.1 Um engenheiro químico tem formação em processos químicos, dinâmica de fluidos e transferência de calor. Quando um incêndio envolve produtos químicos, um processo químico ou uma fábrica de produtos químicos, o engenheiro químico pode ajudar o investigador a identificar e analisar possíveis modos de falha.

15.5.5.2 Um químico tem ampla educação na identificação e análise de produtos químicos e pode ser usado pelo investigador na identificação de uma determinada substância encontrada em uma cena de incêndio. O químico pode testar uma substância para determinar sua reação química e física ao calor. Quando houver preocupações sobre a toxicidade ou a reação humana a produtos químicos ou produtos de decomposição química, um químico, bioquímico ou microbiologista deve ser consultado pelo investigador.

15.5.6 Ciência e Engenharia do Fogo. No campo da ciência e engenharia de incêndios, existem várias áreas de especialização especial que podem fornecer aconselhamento e assistência ao investigador.

15.5.6.1 Engenheiro de Proteção contra Incêndio.A engenharia de proteção contra incêndio abrange todas as disciplinas tradicionais de engenharia na ciência e tecnologia de incêndio e explosões. O engenheiro de proteção contra incêndio lida com a relação das fontes de ignição com os materiais na determinação do que pode ter iniciado o incêndio. Ele ou ela também está preocupado com a dinâmica do fogo e como isso afeta vários tipos de materiais e estruturas. O engenheiro de proteção contra incêndio também deve ter conhecimento de como os sistemas de detecção e supressão de incêndio (por exemplo, detectores de fumaça, alarmes de fumaça, sprinklers automáticos ou sistemas Halon) e deve ser capaz de auxiliar na análise de como um sistema pode ter falhado em detectar ou extinguir um incêndio. A complexidade do incêndio geralmente exige que o engenheiro de proteção contra incêndio use muitas das outras disciplinas científicas e de engenharia para estudar como um incêndio começa, cresce e se extingue. Além disso, um engenheiro de proteção contra incêndio deve ser capaz de fornecer conhecimento de códigos de construção e incêndio, métodos de teste de incêndio, desempenho de materiais contra incêndio, modelagem computacional de incêndios e análise de falhas.

15.5.6.2 Tecnólogo em Engenharia de Incêndio. Indivíduos com bacharelado em ciências em tecnologia de engenharia de incêndio, tecnologia de engenharia de incêndio e segurança, ou uma disciplina similar, ou reconhecimento

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

equivalente nizado, normalmente estudou a dinâmica do fogo e a ciência do fogo; investigação de incêndios e incêndios criminosos, tecnologia de supressão de incêndios, tácticas de extinção de incêndios e gestão do corpo de bombeiros; proteção contra fogo; projeto de estruturas e sistemas de proteção contra incêndio; Prevenção de incêndio; materiais perigosos; matemática aplicada de nível superior e ciência da computação; comportamento humano relacionado ao fogo; gerenciamento de segurança e perdas; códigos e normas de segurança e incêndio; e pesquisa científica do fogo.

15.5.6.3 Técnico de Engenharia de Incêndio. Indivíduos com grau de associado de nível científico em tecnologia de engenharia de segurança e incêndio ou disciplinas semelhantes, ou equivalente reconhecido, normalmente estudaram dinâmica do fogo e ciência do fogo; investigação de incêndio e incêndio; tecnologia, táticas e gerenciamento de supressão de incêndio; proteção contra fogo; projeto de estruturas e sistemas de proteção contra incêndio; Prevenção de incêndio; materiais perigosos; tópicos de matemática e informática; comportamento humano relacionado com o fogo; gerenciamento de segurança e perdas; códigos e normas de segurança e incêndio; ou pesquisa científica do fogo.

15.5.7 Especialista da Indústria. Quando a investigação envolve uma indústria especializada, equipamento ou sistema de processamento, pode ser necessário um especialista nesse campo para entender completamente os processos envolvidos. A experiência com os riscos de incêndio específicos envolvidos e os padrões ou regulamentos associados à indústria e seus equipamentos e processos podem fornecer informações valiosas ao investigador. Especialistas do setor podem ser encontrados em empresas, grupos comerciais ou associações.

15.5.8 Advogado. Um advogado pode fornecer a assistência jurídica necessária com relação às regras de provas, leis de busca e apreensão, acesso a uma cena de incêndio e obtenção de ordens judiciais.

15.5.9 Agente/Ajustador de Seguros. Um agente de seguros ou ajustador pode fornecer ao investigador informações sobre o prédio e seu conteúdo antes do incêndio, sistemas de proteção contra incêndio no prédio e a condição desses sistemas. Informações adicionais sobre cobertura de seguro e perdas anteriores podem estar disponíveis.

15.5.10 Equipes Caninas.canino treinado - equipes de manipuladores, onde disponíveis, são ferramentas úteis. Seu objetivo principal é ajudar investigadores em localizar a presença de líquidos inflamáveis. Elas também pode ajudar a localizar e coletar amostras para laboratório análise para identificar a presença de líquidos inflamáveis , como aqueles usados como aceleradores. Ver capítulo 17 Para maiores informações sobre seus propósitos, limitações e outras considerações ao selecionar e utilizar uma equipe canina.

15.6 Gestão de Casos. Um método deve ser empregado para organizar as informações geradas ao longo da investigação e para coordenar os esforços das várias pessoas envolvidas. O tópico de gerenciamento de casos é abordado no contexto de investigações de grandes perdas no capítulo 28 deste guia. É também o foco de alguns dos materiais de referência listados no final deste guia.

Capítulo 16 Documentação da Investigação

16.1* Introdução.

16.1.1O objetivo de documentar qualquer investigação de incêndio ou explosão é fazer um registro preciso da investigação usando mídia que permita aos investigadores recordar e comunicar suas observações posteriormente. Os métodos comuns para atingir esse objetivo incluem o uso de fotografias, vídeos, diagramas, mapas, sobreposições, gravações de áudio, pesquisas a laser, digitais e manuscritas, notas, esboços e relatórios.

16.1.2A documentação completa e precisa da investigação é fundamental, porque a compilação de dados factuais é necessária para apoiar e verificar as opiniões e conclusões da investigação. Há uma série de recursos para ajudar o investigador a documentar a investigação.

16.2 Fotografia.

16.2.1* Geral.A cena do incêndio deve ser documentada usando fotografia fixa, que pode ser complementada com fotografia de vídeo. As fotografias são os lembretes mais eficientes e eficazes do que o investigador viu no local. Itens importantes que foram documentados por fotografia podem se tornar mais evidentes após a revisão das fotografias ou vídeos. Fotografias e vídeos são necessários para fundamentar as observações do investigador.

16.2.1.1* Fotografia e Videografia.Os investigadores devem estar familiarizados com os equipamentos e tecnologia de fotografia e videografia. Instrução e treinamento em fotografia e videografia podem ajudar a familiarizar o investigador com diferentes técnicas fotográficas e as capacidades do equipamento e tecnologia.

16.2.1.2 Autenticação de Imagem. Com imagens digitais, como com fotografias em filme, os testes de "uma representação verdadeira e precisa" e "relevância para o testemunho" devem ser atendidos.

16.2.1.2.1 As imagens digitais podem ser aprimoradas usando a tecnologia de computador disponível. O aprimoramento de imagem de rotina pode ser usado para corrigir o brilho, a cor e o contraste. Esses aprimoramentos foram feitos por desenvolvedores quando o filme era o meio de escolha. Se uma imagem foi aprimorada, cabe ao investigador preservar a imagem original e documentar até que ponto a imagem foi aprimorada, caso o aprimoramento se torne um problema.

16.2.1.2.2*Devem ser tomadas medidas para preservar a imagem original e estabelecer uma metodologia para permitir a autenticação. Deve ser estabelecido um procedimento para o armazenamento seguro de imagens (por exemplo, colocação em um meio de armazenamento apropriado que não permita que sejam alteradas, ou a utilização de um programa de computador que não permita que a imagem original seja alterada e salva usando o nome do arquivo original). A tecnologia de imagem atual pode rastrear alterações da imagem original e registrar quaisquer alterações nos metadados da imagem (ou seja, o arquivo digital da imagem). As fotografias originais e os metadados devem ser protegidos e mantidos.

16.2.2 Tempo. Tirar fotos ou vídeos durante o incêndio ou o mais rápido possível após um incêndio é importante para documentar a cena do incêndio, pois a cena pode ser alterada, perturbada ou mesmo destruída. Outras situações em que o tempo é importante incluem o seguinte:

(1) O edifício está em perigo iminente de colapso ou a estrutura deve ser demolida por razões de segurança.
(2) Materiais ou processos perigosos podem criar um perigo ambiental iminente que requer atenção imediata.

(3) As provas podem ser alteradas durante a revisão e investigação. As evidências devem ser documentadas quando descobertas à medida que as camadas de detritos são removidas. Documentar as camadas também pode ajudar a entender o curso do incêndio.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

16.2.3 Noções básicas.

16.2.3.1 Tipos de Câmeras. Equipamento digital para fotos e o vídeo substituiu o equipamento de filme como a tecnologia de escolha para a documentação da cena. Existem muitos tipos de câmeras digitais disponíveis, desde modelos pequenos e baratos de apontar e disparar até versões elaboradas de reflexo de lente única digital (dSLR) que podem utilizar uma ampla variedade de lentes suplementares e acessórios. A maioria das câmeras digitais oferece uma variedade de modos automáticos, que podem ser alterados com ajustes manuais para condições específicas (por exemplo, foco manual, modo macro, iluminação).

16.2.3.1.1 Imagens Coloridas. Para fotografia relacionada à cena do incêndio e à investigação, são recomendadas imagens coloridas.

16.2.3.1.2 Resolução.A resolução afeta o tamanho utilizável de uma imagem. Uma resolução mais baixa limita o tamanho de uma imagem para uso como exibição no julgamento. A resolução é medida em pixels. Quanto mais pixels uma câmera tiver, maiores serão os detalhes que ela poderá capturar e maior será a imagem que pode ser usada para fins demonstrativos.

16.2.3.1.3 Número de Fotografias Tiradas. Devem ser tiradas tantas fotografias quantas forem necessárias para documentar e registar a cena do incêndio. Devem ser tiradas fotografias dos efeitos do fogo e padrões de fogo, observações, artefatos e outros itens que possam ser de valor probatório. A importância de tirar fotografias suficientes não pode ser exagerada. O investigador deve assegurar que está disponível equipamento fotográfico adequado antes de iniciar a investigação.

16.2.4 Entendendo as partes de uma câmera.

16.2.4.1 Lentes.A lente da câmera é usada para coletar luz e focar a imagem. A maioria das lentes é composta, o que significa que várias lentes estão localizadas na mesma caixa. O investigador de incêndios precisa de um conhecimento básico da função da lente para obter fotografias de qualidade. A abertura da lente é uma abertura ajustável que controla a quantidade de luz admitida. Os ajustes desta abertura são seccionados em incrementos chamados f-stops. À medida que os números f-stop aumentam, o tamanho da abertura diminui, admitindo menos luz. Quanto maior o f-stop que pode ser usado, melhor a profundidade de campo da imagem. Há uma compensação entre profundidade de campo (f-stop) e luz adequada (velocidade do obturador). O fotógrafo precisa equilibrar o desejo de maior profundidade de campo com a necessidade de luz adequada.

16.2.4.2 Distância focal. As câmeras digitais possuem lentes de distância focal variável ou fixa que variam de 20 mm a 1200 mm ou mais. Algumas câmeras digitais são equipadas com zoom óptico (ou seja, usa a lente), zoom digital (ou seja, usa captura digital da imagem da lente) ou ambos. As lentes macro são úteis para fotografia em close-up. Os investigadores devem determinar as distâncias focais que usarão com mais frequência e se familiarizar com as habilidades e limitações do equipamento.

16.2.4.3 Profundidade de Campo.A área de definição clara, ou profundidade de campo, é a distância entre os objetos mais distantes e os mais próximos que estarão em foco a qualquer momento. A profundidade de campo depende da distância do objeto que está sendo fotografado, da abertura da lente e da distância focal da lente que está sendo usada. A profundidade de campo também determinará a qualidade dos detalhes nas imagens do investigador. Para um determinado f-stop, quanto menor a distância focal da lente, maior a profundidade de campo. Para uma determinada lente de distância focal, um f-stop maior (ou seja, abertura menor) fornecerá uma maior profundidade de campo. Se for usada uma câmera de lente fixa, o investigador não precisa se preocupar com os ajustes, pois o fabricante pré-ajustou a lente. Um recomendado lente é um zoom de médio alcance, 20 mm a 80 mm, dependendo do tamanho do sensor, com grande angular e boa profundidade de campo e capacidade de tirar close-ups.

16.2.4.4 Filtros.O investigador deve saber que o uso de filtros coloridos é problemático. A menos que os resultados finais do uso de filtros coloridos sejam conhecidos, recomenda-se que eles não sejam usados. Se forem usados filtros coloridos, o investigador deve tirar uma imagem com um filtro claro também. Um filtro ultravioleta (UV) pode ser usado continuamente, pois reduz o embaçamento, melhora o contraste e é um bom meio de proteger a lente.

16.2.4.5 Velocidade do Obturador.A velocidade do obturador é a quantidade de tempo que o obturador permanece aberto durante uma exposição. Uma quantidade mínima de luz é necessária para uma boa exposição. À medida que a abertura diminui (ou seja, um f-stop aumentado), a quantidade de luz admitida por unidade de tempo diminui, portanto, uma velocidade lenta do obturador é necessária. Velocidades do obturador abaixo de 1/60 seg (60) precisam do uso de um tripé para evitar o desfoque da imagem.

16.2.5 Iluminação.A fonte de luz mais útil é o sol. Nenhuma fonte de luz artificial pode ser comparada em termos de cor, definição e clareza. Em condições de pouca luz, ou onde uma área queimada tem propriedades refletivas ruins, uma fonte de luz suplementar pode ser necessária. A luz suplementar pode ser obtida de uma fonte de luz, como um holofote, estroboscópio ou unidade de flash.

16.2.5.1 Diferentes fontes de luz emitem diferentes temperaturas de cor. A luz emitida por uma lâmpada incandescente tem um tom diferente em comparação com a emitida por uma luz fluorescente. Essas diferentes temperaturas de cor são medidas em Kelvin. Os flashes da câmera são projetados para simular a temperatura de cor da luz solar natural, que é de 5500 Kelvin. O investigador deve estar ciente do balanço de branco e como ajustar seu equipamento de câmera. Uma configuração de balanço de branco automático ou de balanço de branco do flash é recomendada para fotografia de cena de incêndio.

16.2.5.2Há casos em que o período de tempo durante o qual uma fotografia foi tirada será importante para entender o que a fotografia retrata. Em fotografias de um assunto idêntico, as condições de iluminação natural que existem ao meio-dia podem fazer uma diferença significativa em uma imagem fotográfica do que as condições de iluminação natural que existem ao entardecer.

16.2.5.3 Unidades de flash são necessárias para o trabalho do investigador de incêndio. Uma unidade de flash removível que pode ser operada em um ângulo oblíquo ao da visão da lente pode ser útil. Esta prática é valiosa para reduzir a quantidade de reflexão, obter uma maior profundidade de campo e amplificar a textura das superfícies danificadas pelo calor e chamas.

16.2.5.4O uso de várias unidades de flash e dispositivos operacionais remotos chamados escravos podem iluminar grandes áreas.

16.2.5.5 Para trabalhos de close-up, um flash de anel reduzirá o brilho e fornecerá iluminação adequada para o assunto. A utilização de várias unidades de flash em ângulos oblíquos em relação à visão da lente dará um efeito semelhante ao do flash em anel. Um flash de anel pode, em alguns casos, "achatar" a imagem. Isso pode ser evitado usando vários flashes ou usando um flash padrão inclinado para baixo.

16.2.5.6O investigador deve garantir que o brilho de um flash ou holofote não distorça a aparência real de um objeto. Por exemplo, manchas de fumaça podem parecer mais claras ou inexistentes. Além disso, as sombras criadas podem ser interpretadas como padrões de queimadura. A iluminação de vídeo pode causar os mesmos problemas que as unidades de flash de câmera fixa. O uso de flash rebatido, difusores de luz ou outras técnicas podem aliviar esse problema.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

16.2.5.7O investigador preocupado com a exposição precisa de uma fotografia pode enquadrar a exposição.*Agrupamento*é o processo de tirar o mesmo assunto em configurações de exposição ligeiramente diferentes para garantir pelo menos uma exposição correta. Isso geralmente é feito tirando uma fotografia no ponto-f recomendado, outra em um ponto-f abaixo e outra em um ponto-f acima. Algumas câmeras digitais são equipadas com um recurso especial que executa a função de bracketing automaticamente quando selecionada.

16.2.6 Tipos Especiais de Fotografia. Tipos especiais de fotografia, incluindo infravermelho, raios X, laser, panorâmica, macro, alta faixa dinâmica e fotografia microscópica, podem ser usados sob circunstâncias controladas. Por exemplo, a fotografia a laser pode ser usada para documentar uma impressão digital latente encontrada em um corpo.

16.2.6.1 Composição e Técnicas.

16.2.6.1.1 As fotografias podem ser o fator mais persuasivo na aceitação da teoria do investigador sobre a evolução do incêndio.

16.2.6.1.2 Na investigação de incêndio, as fotografias devem ser tiradas para retratar a estrutura e o conteúdo que permanece no local do incêndio. O investigador deve estar ciente de que a ordem em que as fotografias são tiradas está registrada nos metadados.

16.2.6.1.3O investigador deve documentar toda a cena do incêndio e não apenas a(s) área(s) hipotética(s) de origem, pois pode ser necessário mostrar a sequência de propagação do fogo, o grau de propagação da fumaça, evidências de áreas não danificadas e evidências de hipóteses alternativas .

16.2.6.2 Fotografias Sequenciais. Fotografias sequenciais, mostradas na Figura 16.2.6.2, são úteis para entender a relação de um pequeno objeto com sua posição relativa em uma área conhecida. O pequeno objeto é primeiro fotografado de uma posição distante, onde é mostrado em contexto com seus arredores. Fotografias adicionais são então tiradas cada vez mais perto até que o assunto seja o foco de todo o quadro.

16.2.6.3 Fotografias em Mosaico.A criação de mosaicos ou fotografias panorâmicas pode ser útil quando se deseja uma vista panorâmica. Um mosaico é criado pela montagem física de um número de fotografias em forma de sobreposição para fornecer uma visão mais do que periférica de uma área, conforme mostrado na Figura 16.2.6.3. O investigador precisa identificar itens de referência sobre1/3da imagem a partir da borda do visor que aparecerá na impressão e tire a próxima fotografia da série com o mesmo ponto de referência no lado oposto do visor. As duas ou mais impressões individuais podem ser combinadas para obter uma visão mais ampla do que a câmera é capaz de capturar em uma única foto. Muitas câmeras digitais têm um recurso pré-programado que, quando selecionado, ajusta automaticamente a câmera para obter uma imagem panorâmica perfeita.

16.2.6.3.1 Mosaicos "costurados" digitalmente. Os programas de computador de costura digital podem criar imagens em mosaico a partir de uma série de fotos digitais. Muitos desses programas oferecem a capacidade de ajustar e corrigir o brilho e o contraste, bem como o efeito "lente olho de peixe" (ou seja, proporção de aspecto) da imagem em mosaico completa.*(Consulte a Figura 16.2.6.3.1.)*



FIGURA 16.2.6.2 Fotografias Sequenciais de um Outlet.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 16.2.6.3 Três Fotografias Sequenciais Individuais de uma Fábrica de Paletes de Madeira Queimada (em cima), transformadas em um mosaico fisicamente sobreposto (em baixo).



FIGURA 16.2.6.3.1 Mosaico sobreposto fisicamente da Figura 16.2.4.3 (superior) comparado a uma cópia costurada digitalmente do mosaico (inferior).

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

16.2.6.4 Diagrama de fotos. Um diagrama de fotos pode ser útil para o investigador. Quando o produto final de uma planta baixa estiver completo, ele pode ser copiado e setas direcionais podem ser desenhadas para indicar a direção para a qual a câmera foi apontada. As setas são então rotuladas com números correspondentes à imagem que representam. Este diagrama ajudará a orientar os espectadores que não estão familiarizados com a cena do incêndio. Um diagrama preparado para um conjunto de imagens pode aparecer como mostrado na Figura 16.2.6.4. A documentação recomendada inclui a identificação do fotógrafo, identificação do local do incêndio (ou seja, endereço ou número do incidente) e a data em que as fotografias foram tiradas. Um formulário de título pode ser usado para a primeira imagem para registrar esta documentação fotográfica.

16.2.6.5 Fotógrafo Auxiliar. Se for necessário que uma pessoa que não seja um investigador de incêndio tire as fotografias, os ângulos e a composição devem ser supervisionados pelo investigador de incêndio para garantir que todas as fotografias apropriadas necessárias para documentar o incêndio sejam obtidas. Os investigadores devem comunicar suas necessidades ao fotógrafo, pois eles podem não ter a chance de retornar ao local do incêndio. Os investigadores não devem presumir que o fotógrafo entende quais fotografias essenciais são necessárias sem discutir o conteúdo de cada foto.

16.2.6.6 Fotografia e os Tribunais. Para o investigador de incêndio entrelaçar fotografias e depoimentos no tribunal, um requisito em todas as jurisdições é que a foto

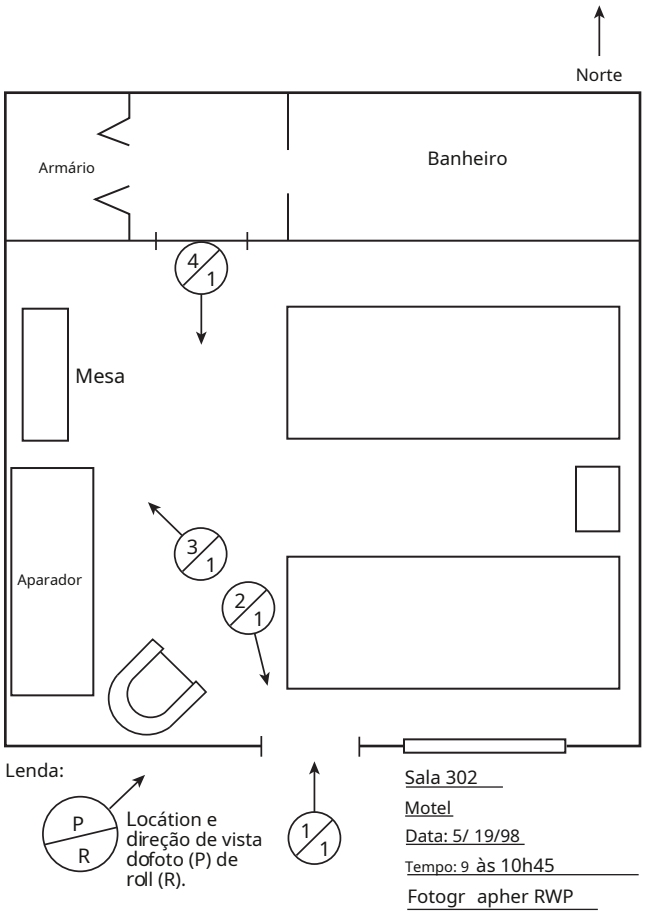


FIGURA 16.2.6.4 **Diagrama mostrando locais de fotos.**

gráficos devem ser relevantes para o testemunho. Outros requisitos podem existir dependendo da jurisdição, incluindo conteúdo não inflamatório, clareza da fotografia ou ausência de distorção. Na maioria dos tribunais, se houver relevância, a imagem geralmente resistirá a objeções.

16.2.7 Vídeo.O vídeo é uma ferramenta útil para o investigador de incêndio. Uma grande vantagem do vídeo é a capacidade de orientar a cena do incêndio pelo movimento progressivo do ângulo de visão, vinculando o uso do diagrama de fotos, indexação de fotos, diagrama de planta baixa e fotos estáticas em uma única operação. A tecnologia de vídeo digital avançou tanto que os recursos de vídeo digital são comuns. A maioria das câmeras digitais agora oferece ao fotógrafo a capacidade de tirar fotos estáticas e imagens de vídeo, com muitas equipadas para fazer as duas coisas simultaneamente.

16.2.7.1 Os movimentos do cinegrafista devem ser lentos. O zoom e a panorâmica excessivos podem ter um efeito adverso efeito na apresentação do vídeo e devem ser evitados. Recomenda-se que a parte de áudio da gravação seja silenciada durante a videografia da cena.

16.2.7.2O vídeo pode ser usado para documentar entrevistas de testemunhas, perspectivas, atividades e locais.

16.2.7.3A gravação de vídeo da cena do incêndio pode ser usada para documentar padrões de incêndio ou evidências de artefatos, sua localização e outros elementos importantes da cena do incêndio. A gravação não é necessariamente para fins de apresentação posterior, mas é simplesmente outro método pelo qual o investigador pode registrar e documentar a cena do incêndio.

16.2.7.4A gravação de vídeo também pode ser eficaz para documentar o exame de evidências, especialmente o exame destrutivo. Ao gravar o exame em vídeo, a condição e a posição de elementos específicos de evidência podem ser documentadas em tempo real.

16.2.7.5O uso exclusivo de vídeo não é recomendado. A fotografia fixa continua a ser o método preferido para documentar visualmente uma investigação da cena do incêndio. O vídeo só deve ser usado em conjunto com e como um complemento para fotografias estáticas.

16.2.8 Atividades sugeridas a serem documentadas. Uma investigação pode ser aprimorada se o maior número possível de aspectos das atividades de combate ao incêndio puder ser documentado ou prático. Essa documentação pode incluir a condição da cena na chegada (ou seja, com uma câmera no painel), as atividades de supressão, revisão e investigação de origem e causa.

16.2.8.1 Durante o Incêndio. Fotografias e vídeos do incêndio em andamento devem ser tirados se houver oportunidade. Estes ajudam a mostrar a progressão do incêndio, bem como as operações do corpo de bombeiros. As atividades de supressão de incêndio pertinentes à investigação incluem a operação de sistemas automáticos, bem como as atividades dos serviços de combate a incêndio, como locais de hidrantes, posições da empresa de motores, mangueiras e locais de linha de ataque, todos os quais podem desempenhar um papel importante. papel no resultado final do incêndio.

16.2.8.2 Fotografias de Revisão. Como a fase de revisão geralmente envolve a movimentação do conteúdo e, às vezes, de elementos estruturais, quando possível, fotografar antes e durante a fase de revisão ajudará a entender a cena antes do incêndio.

16.2.8.3 Fotografias de Espectadores. Fotografias de pessoas em uma multidão são muitas vezes valiosas para identificar indivíduos que podem

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

ter conhecimento adicional que pode ser valioso para a investigação geral.

16.2.8.4 Fotografias Externas. Uma série de fotos externas deve ser tirada para estabelecer a localização de uma cena de incêndio. Essas fotografias podem incluir placas de rua ou ruas de acesso, endereços numéricos ou pontos de referência que podem ser facilmente identificados e provavelmente permanecerão por algum tempo. As áreas circundantes que representam evidências remotas, como proteção contra incêndio e danos de exposição, também devem ser fotografadas. Fotografias externas também devem ser tiradas de todos os lados e cantos de uma estrutura para revelar todos os membros estruturais e suas relações entre si. *(Consulte a Figura 16.2.8.4.)*

16.2.8.5 Fotografias Estruturais. Fotografias estruturais documentam os danos à estrutura após a exposição ao calor e às chamas. Fotos estruturais podem expor padrões de queima que podem acompanhar a evolução do fogo e podem auxiliar na compreensão da origem do fogo.

16.2.8.5.1 Um procedimento recomendado é incluir o máximo possível com todos os ângulos externos e vistas da estrutura. Fotografias de cantos oblíquos podem fornecer pontos de referência para orientação. As fotografias devem mostrar todos os ângulos necessários para uma explicação completa de uma condição.

16.2.8.5.2 Fotografias devem ser tiradas de falhas estruturais, como janelas, telhados ou paredes, porque essas falhas podem alterar a rota de propagação do incêndio e podem desempenhar um papel significativo no resultado final do incêndio. Violações do código ou deficiências estruturais também devem ser fotografadas porque os padrões de deslocamento do fogo podem ter resultado dessas deficiências.

16.2.8.6 Fotografias de Interiores. As fotografias de interiores são igualmente importantes. As condições de iluminação provavelmente mudarão do exterior, exigindo a necessidade de ajustar a técnica, mas as preocupações, como rastrear e documentar a viagem do fogo de volta à origem do fogo, são as mesmas. A Figura 16.2.8.6 fornece um diagrama de tomadas básicas.

16.2.8.6.1 As salas dentro do local do incêndio devem ser fotografadas, mesmo que não haja danos. Se garantido, armários e interiores de armários também devem ser documentados. Em pequenas construções

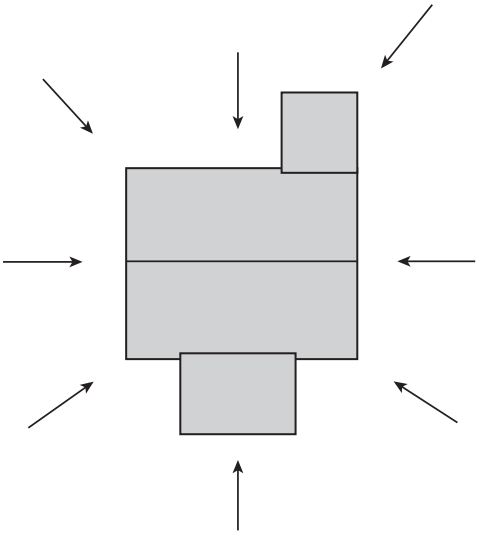


FIGURE 16.2 . 8.4 Fo tog apando a cena para m Todos os ângulos um d Cantos.

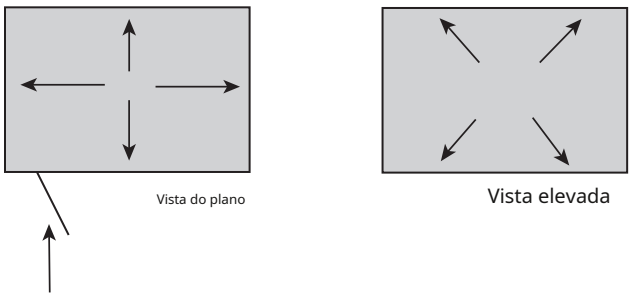


FIGURA 16.2.8.6 Fotografando todas as quatro paredes, o piso, o teto/telhado e os dois lados de cada porta.

mentos, esta documentação pode envolver todas as salas; mas em grandes edifícios, pode não ser necessário fotografar todos os cômodos, a menos que haja a necessidade de documentar a presença, ausência ou condição do conteúdo.

16.2.8.6.2 Todos os aparelhos ou equipamentos produtores de calor, como fornos, dentro do local do incêndio devem ser fotografados para documentar seu papel, se houver, na causa do incêndio. A posição dos controles nesses dispositivos ou equipamentos relevantes para a investigação deve ser fotografada. Da mesma forma, todos os cabos elétricos e tomadas de conveniência pertinentes ao local do incêndio devem ser fotografados.

Δ **16.2.8.6.3** Todos os móveis e outros conteúdos dentro da cena do incêndio devem ser fotografados conforme encontrados. Móveis e outros conteúdos envolvidos e descobertos durante a escavação e reconstrução devem ser fotografados durante todo o processo e novamente após a reconstrução. As áreas protegidas deixadas por qualquer mobiliário ou outro conteúdo também devem ser fotografadas, como no exemplo mostrado na Figura 16.2.8.6.3.

16.2.8.6.4 As posições, condições e padrões associados de portas e janelas devem ser documentados.

16.2.8.6.5 As aberturas de ventilação, se existentes pré ou pós-incidente, e padrões associados, devem ser documentados.

16.2.8.6.6 Dispositivos internos de proteção contra incêndio, como equipamentos de detecção e alarme de incêndio, sprinklers, extintores de incêndio, fechos de portas e amortecedores devem ser fotografados.



FIGURA 16.2.8.6.3 Piso Protegido do Calor Radiante por Fio.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

16.2.8.6.7 Os relógios podem indicar a hora em que a energia foi descontinuada para eles ou a hora em que o fogo ou o calor pararam fisicamente seu movimento. Deve-se ter cuidado ao interpretar relógios operados por bateria, pois eles podem ter parado antes do incêndio ou continuado a funcionar após o incêndio.

Δ **16.2.8.7 Fotografias Utilitárias.**As entradas e os controles da concessionária (por exemplo, gás, eletricidade) dentro e fora de uma estrutura devem ser fotografados. As fotografias devem incluir medidores de gás e eletricidade, reguladores de gás e sua localização em relação à estrutura. O poste elétrico equipado com o transformador que serve a estrutura, a rede elétrica Serviços) chegando na estrutura, e os painéis de fusíveis ou disjuntores também devem ser fotografados. Os painéis de disjuntores elétricos, a posição de todos os manípulos dos disjuntores e a legenda do painel, quando disponível, devem ser fotografados.

16.2.8.8 Fotografias de Evidência. Itens de valor probatório devem ser fotografados no local e podem ser refotografados no escritório ou laboratório do investigador se for necessária uma visão mais detalhada. Durante a escavação dos estratos de detritos, os artigos nos destroços podem ou não ser reconhecidos como prova. Se as fotografias forem tiradas de maneira arqueológica, a localização e a posição das evidências que podem ser de vital importância serão documentadas permanentemente. As fotografias orientam os artigos de evidência em sua localização original, bem como mostram sua condição quando encontrados. Em uma fotografia de prova, uma régua pode ser usada para identificar o tamanho relativo da evidência. Outros itens também podem ser usados para identificar o tamanho da evidência, desde que o item seja facilmente identificável e de tamanho constante (por exemplo, um centavo).*(ver 17.5.2.1)*.

16.2.8.9 Fotografias de Vítimas.A localização das vítimas deve ser documentada e qualquer evidência de ações tomadas ou executadas por essas vítimas deve ser fotografada. Essa documentação deve incluir marcas nas paredes, leitos que as vítimas estavam ocupando ou áreas protegidas onde um corpo foi localizado. *(Consulte a Figura 16.2.8.9.)*Se houver uma morte envolvida, o corpo deve ser fotografado no local, se possível. Os ferimentos das vítimas sobreviventes e suas roupas usadas também devem ser fotografados.

16.2.8.10 Fotografias do Ponto de Vista da Testemunha. Durante uma investigação, se as testemunhas aparecerem e testemunharem o que observaram de um determinado ponto de vista, uma fotografia deve ser tirada da visão mais idêntica disponível. Esta fotografia orientará todas as pessoas envolvidas com a investigação, bem como um júri, na direção das observações das testemunhas e poderá corroborar ou refutar a possibilidade de elas verem o que disseram ter visto.

Δ **16.2.8.11 Fotografias Aéreas.**Vistas de um ponto de vista elevado, que pode ser um aparelho de incêndio aéreo, prédio adjacente, colina ou de um avião, helicóptero ou aeronave não tripulada sistema (UAS), muitas vezes pode revelar padrões de propagação do fogo. É su-recomenda que o investigador procure o conselho ou assistência de um fotógrafo aéreo experiente quando tais fotografias forem desejadas.*(Consulte a Figura 16.2.8.11.*

16.2.8.12 Imagens de Satélite. As imagens de satélite estão disponíveis em muitas áreas. Um de seus aspectos únicos é a possibilidade de imagens pré e pós-incidente. Dependendo da programação do satélite, as visualizações pós-fogo também podem estar disponíveis. Muitas fotos estão disponíveis na Internet. Pesquisas na Internet, web imobiliária sites e sites de mapas podem fornecer vistas da rua da propriedade e imagens pré-incêndio do interior da estrutura.



FIGURA 16.2.8.9 Área Protegida onde o corpo foi localizado.



FIGURA 16.2.8.11 Visão aérea da cena do incêndio.

16.2.9 Dicas de Fotografia. As dicas em 16.2.9.1 a 16.2.9.6 pode auxiliar ou melhorar a capacidade do investigador de documentar uma cena de incêndio.

16.2.9.1 Ao chegar ao local do incêndio, uma "folha de título" escrita que mostre informações de identificação (ou seja, local, data ou informações situacionais) deve ser fotografada.

16.2.9.2O uso de um tripé permitirá uma fotografia em mosaico mais consistente, reduzirá o movimento e as fotografias desfocadas e ajudará a manter a câmera livre de detritos de fogo. Recomenda-se um sapato de liberação rápida no tripé.

16.2.9.3 Baterias extras ou baterias devem ser mantidas ou mantidas, especialmente em climas frios, onde podem ser drenadas mais rapidamente. Baterias e baterias estendidas estão disponíveis.

16.2.9.4 Pilhas ou baterias não devem ser deixadas em equipamentos fotográficos por longos períodos de tempo. Vazamento de baterias ou baterias danificadas podem causar vários problemas a peças sensíveis do computador, elétricas e mecânicas.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

16.2.9.5A obstrução do flash ou da lente pelas mãos, alça da câmera ou partes do local do incêndio deve ser evitada.

16.2.9.6 Antes de sair da cena, um passeio final pela cena ao rever as fotografias tiradas pode garantir que todas as imagens necessárias foram gravadas.

16.2.10* Apresentação da Fotografia.Uma variedade de metodologias está à disposição do investigador para a apresentação de relatórios, diagramas e fotografias. Ao decidir como apresentar as fotografias, o investigador deve considerar o seguinte:

(1) Qual método de apresentação mostra a imagem com maior clareza?
(2) A imagem será usada em um formato instrucional? Em caso afirmativo, o investigador deve seguir as diretrizes para auxílios instrucionais.
(3) Quais são os requisitos do órgão ou empresa que solicita a investigação?
(4) Quais são os requisitos do tribunal onde as fotografias podem ser apresentadas?

16.2.10.1 Apresentações Baseadas em Computador. Programas de apresentação baseados em computador, como PowerPoint e Keynote, são frequentemente usados para apresentar fotografias, vídeos e outras evidências documentais.

16.2.10.1.1 As apresentações baseadas em computador fornecem ao usuário a capacidade de colocar desenhos e imagens no mesmo slide, bem como fornecer outros destaques ou informações que podem melhorar a capacidade do observador de entender as relações ou as informações apresentadas.

16.2.10.1.2 Antes da apresentação, o investigador deve garantir que tanto o layout físico da sala de audiência quanto o juiz sejam passíveis de tal apresentação. Deve-se considerar a localização da tela e do projetor para que todas as partes possam observar ao mesmo tempo.

16.2.10.2 Cópia impressa das apresentações.A hard copy of all material to be presented should be made available to all parties. Some courts will prohibit the investigator from intro- ducing exhibits that have not been produced to all sides in accordance with local court rules. The investigator also needs a hard copy in case the presentation equipment fails.

16.3 Note Taking. Note taking is a method of documentation in addition to drawings and photographs. Items that may need to be documented in notes include the following:

(1) Names and addresses
(2) Model/serial numbers
(3) Statements and interviews
(4) Photo log
(5) Identification of items (e.g., contents and furnishings)
(6) Types and form of materials (e.g., wood paneling, foam plastic, carpet)
(7) Data needed to produce an accurate computer model *(see Chapter)* *21*
(8) Observações do investigador (por exemplo, efeitos e padrões de incêndio, condições de construção, posição de interruptores e controles)

16.3.1 Formulários de Notas de Campo de Incidentes.A coleta de dados relativos a uma investigação é importante na análise de qualquer incidente. O uso de formulários não é obrigatório na coleta de dados; entretanto, alguns formulários foram desenvolvidos para auxiliar o investigador na coleta de dados. Esses formulários de exemplo e as informações documentadas não são projetados para constituir o relatório, mas sim fornecer um meio para coletar dados que podem ser úteis para chegar a conclusões para que um relatório possa ser preparado.*(Veja A.16.3.2.)*

16.3.2* Formulários para Coleta de Dados.Alguns formulários foram desenvolvidos para auxiliar o pesquisador na coleta de dados. Esses formulários e as informações neles documentadas não são projetados para constituir o relatório de incidente. Eles fornecem um meio de coletar dados que podem ser úteis para chegar a conclusões para que o relatório de incidente ou o relatório de investigação possa ser preparado.*(Consulte a Tabela 16.3.2.)*

16.3.3 Ditado de Notas de Campo. Muitos investigadores ditam suas anotações usando gravadores portáteis ou dispositivos digitais. Os investigadores devem ter o cuidado de não confiar apenas em gravadores ou em qualquer equipamento individual ao documentar informações ou evidências críticas.

16.3.4A retenção de notas, diagramas, fotografias e medições originais, conforme detalhado na Seção 16.3, é a melhor prática. A menos que exigido de outra forma por uma política ou regulamento por escrito, esses dados devem ser retidos. Esses dados constituem um conjunto de informações factuais que devem ser retidos até que todos os processos de litígio razoavelmente percebidos sejam resolvidos. As informações recolhidas durante a investigação podem tornar-se significativas muito tempo depois de terem sido recolhidas e após a redação do relatório inicial. Por exemplo, notas ou um diagrama de um painel de disjuntores mostrando o status dos disjuntores podem não ser pertinentes para um incêndio cuja origem esteja em móveis estofados, mas podem ser valiosos em relação ao status do circuito que alimenta um alarme de fumaça.

Tabela 16.3.2 Notas de Campo e Formulários

Forma	Propósito
Notas de campo de incidentes de incêndio	Qualquer investigação de incêndio para coletar dados gerais de incidentes
Casualty field notes	Coleta de dados gerais sobre qualquer vítima morta ou ferida
Wildfire field notes	Coleta de dados especificamente para incêndios florestais
Evidence form	Documentação de provas cobrança e cadeia de custódia
Vehicle inspection form	Coleta de dados de incidentes especificamente envolvendo veículos motorizados
Registro de fotografia	Documentação de fotografias tiradas durante a investigação
Painel elétrico documentação	Coleta de dados especificamente relativos a painéis elétricos
Notas de incêndio da estrutura	Coleta de dados sobre incêndios estruturais
Informações do seguro	Documentação do seguro cobertura para perda de fogo Registros documentais
Registros/documentos	considerado no investigação
Modelagem de incêndio de compartimento	Coleta de dados necessária para fogo de compartimento modelagem

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

16.4 Diagramas e Desenhos. Esboços e diagramas claros e concisos podem ajudar o investigador a documentar evidências de crescimento do incêndio, condições do local e outros detalhes do local do incêndio. Os diagramas também são úteis para fornecer suporte e compreensão das fotografias do investigador. Os diagramas também podem ser úteis na condução de entrevistas com testemunhas. No entanto, não importa quão profissional um diagrama possa parecer, ele é tão útil quanto a precisão dos dados usados em sua criação. Vários tipos de desenhos, incluindo esboços, diagramas e planos, podem ser feitos ou obtidos para auxiliar o investigador na documentação e análise da cena do incêndio.

16.4.1 Tipos de Desenhos. As investigações de incêndio que podem ser razoavelmente esperadas para o envolvimento em litígios criminais ou civis devem ser esboçadas e diagramadas.

16.4.1.1 Esboços. Os esboços geralmente são diagramas à mão livre ou diagramas desenhados com ferramentas mínimas que são concluídas no local e podem ser representações tridimensionais ou bidimensionais de recursos encontrados no local do incêndio.

16.4.1.2 Diagramas. Os diagramas são geralmente desenhos mais formais que são concluídos após a conclusão da investigação da cena. Os diagramas são concluídos usando os esboços de cena e podem ser desenhados usando metodologias tradicionais ou programas de desenho baseados em computador. Deve-se notar que a conclusão de diagramas de cena formais pode não ser necessária em alguns casos. A decisão de completar um diagrama de cena mais formal será determinada pelo investigador, pelas políticas da agência e pelo escopo da investigação.

16.4.2 Seleção de Desenhos. Recomenda-se que os esboços originais e os diagramas finalizados sejam mantidos ao longo da vida da investigação e de qualquer litígio resultante. Veja exemplos de vários tipos de desenhos na Figura 16.4.2(a) até a Figura 16.4.2(f).

16.4.3 Ferramentas e Equipamentos de Desenho. Dependendo do tamanho ou complexidade do incêndio, várias técnicas podem ser usadas para preparar os desenhos. Tal como acontece com as fotografias, os desenhos são usados para apoiar a memória, pois o investigador pode ter apenas uma chance de inspecionar a cena do incêndio. Tal como acontece com os outros métodos de documentação da cena, o investigador precisará determinar o tipo e detalhes dos diagramas desenvolvidos e o tipo de desenhos que podem ser solicitados ao projetista ou fabricante do edifício ou do equipamento. No decurso da investigação, o investigador pode dispor de uma variedade de desenhos. Esses desenhos podem ter sido preparados por um projetista ou fabricante de edifício ou equipamento, podem ter sido desenhados pelo investigador, ou podem ter sido desenvolvidos por outros investigadores documentando as condições encontradas no momento de sua investigação.

16.4.3.1 Está disponível um software de computador que permite ao investigador preparar diagramas de alta qualidade a partir de esboços gerados pela cena. O investigador de incêndio deve considerar vários recursos para decidir sobre a melhor ferramenta de desenho por computador para atender aos objetivos pretendidos. O investigador de incêndio deve primeiro decidir se a capacidade tridimensional (3D) é necessária. Ao tomar essa decisão, o investigador de incêndio também deve decidir se o tempo investido no aprendizado do pacote e a complexidade adicional justificam o investimento em tal ferramenta. No entanto, os desenhos 3D podem trazer grandes benefícios na investigação na determinação e demonstração de questões como as inter-relações físicas dos componentes do edifício ou a vista disponível para testemunhar. Independentemente do pacote selecionado, o critério mais importante é o investigador de incêndio s capacidade de criar, modificar, produzir saída e manipular um desenho dentro do pacote selecionado. Outra consideração seria a compatibilidade da saída de desenho assistido por computador (CAD) para fornecer entrada de modelos de incêndio por computador.

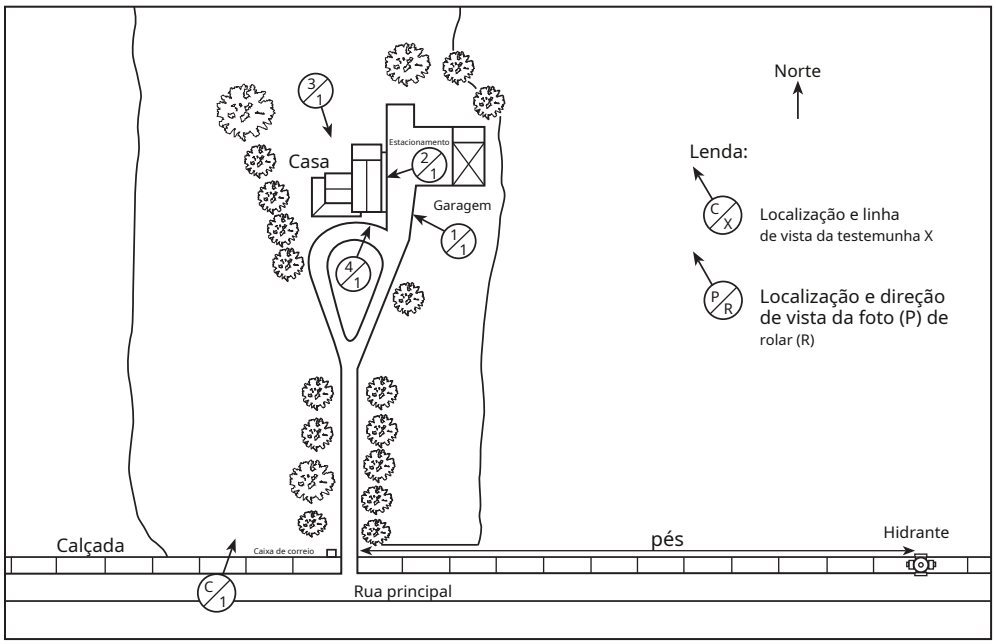


FIGURA 16.4.2(a) **Plano do local mostrando locais de fotos e testemunhas.**

Copyright Associação Nacional de Proteção contra Incêndios
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

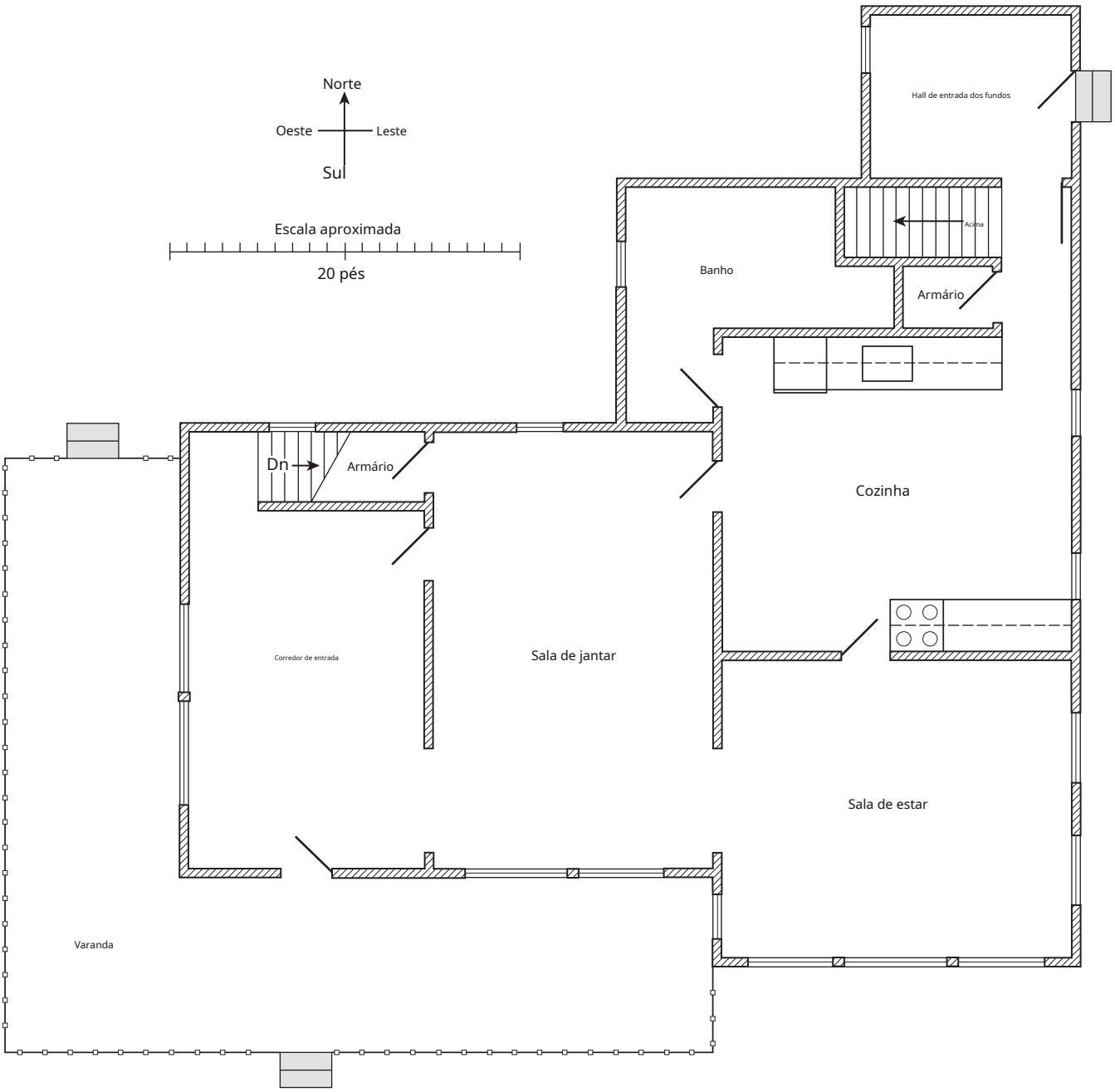


FIGURA 16.4.2(b) Planta baixa detalhada.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

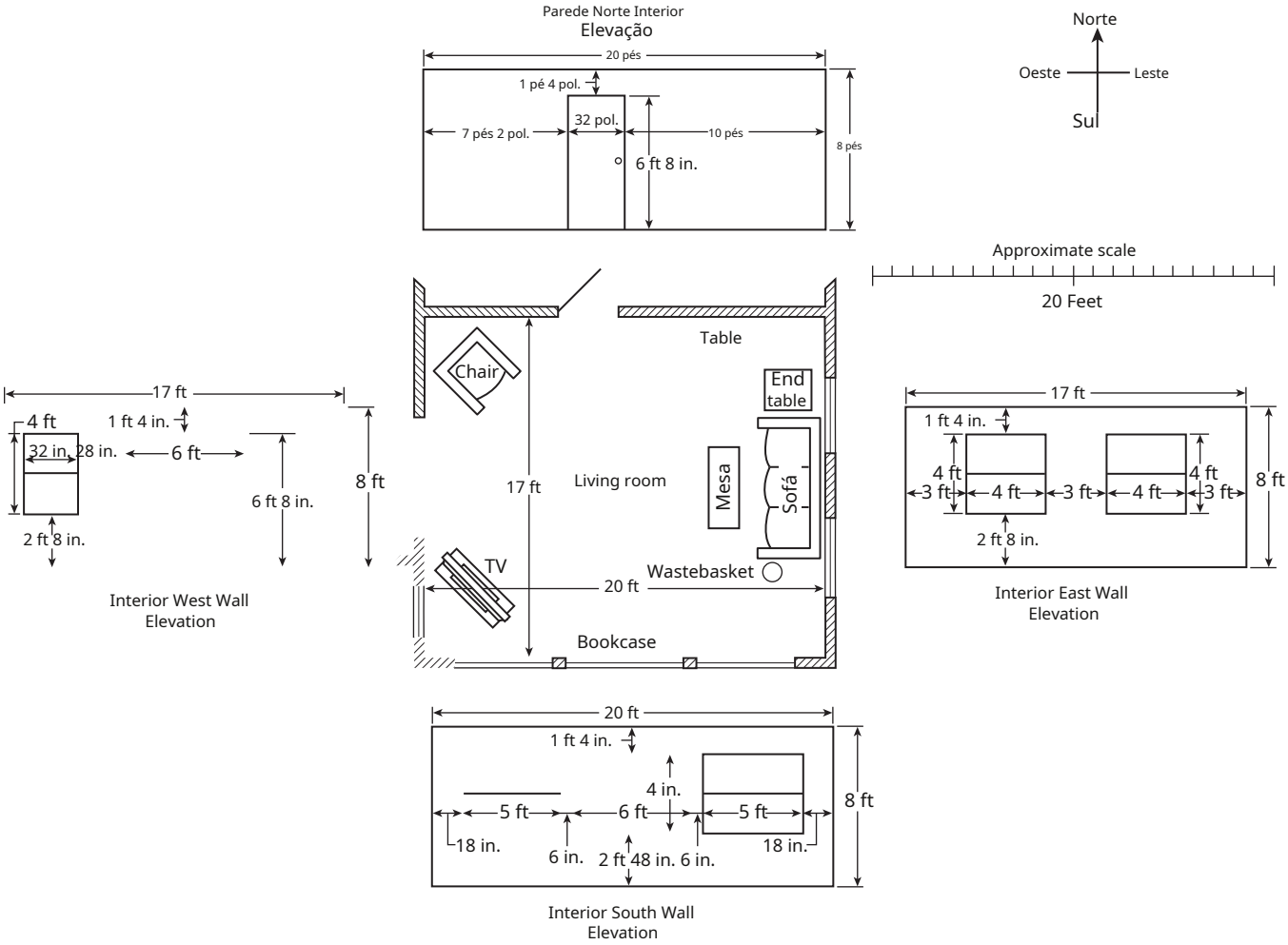


FIGURE 16.4.2(c) Diagra m of Room and Contents Showing Dime nsions.

16.4.3.2 A good drawing p ackage também deve permitir o drawing on separate "layers" que pode ser ligado e desligado, different display purposes, s como layout pré-fogo e pós-fogo debris. The package should also provide for automatic dimensioning and various dimensioning styles (i.e., decimal 1.5 ft, architectural 1 ft 6 in., and 457 mm). The package should also come with a wide variety of dimensioned "parts libraries." Th is component of the package provides the pre-drawn det aflições, suc h as kitchen and bathroom fixtures, for placement by the investigator in the drawing.

16.4.4 Elementos do Diagrama.O investigador, dependendo da escopo e complexidade da investigação, e sobre os gency procedimentos, decidirá sobre quais elementos incluir e sobre esboços e diagramas; no entanto, há vários elementos do chave que devem estar em todos os esboços e diagramas s, Como descritos em16.4.4(A)t hrovocê gh 16.4.4(D).

(A) Informações Gerais. Identificação da pessoa que preparou o diagrama, título do diagrama,data de preparação, e outras informações pertinentes devem ser e dentrocl udado.

(B) Identificação da orientação da bússola. Identificação de orientação da bússola deve ser incluída em esboços e diagramas de cenas de incêndio.

(C) Escala.O desenho deve ser desenhado aproximadamente em escala. A escala deve ser identificada ou indicada como "Escala Aproximada" ou "Escala Não Exata", e uma escala gráfica ou escala aproximada pode ser fornecida no desenho.

(D)* Símbolos.Os símbolos são comumente utilizados em esboços e desenhos para denotar certos recursos; por exemplo, um símbolo de porta é usado para indicar que há uma porta na parede e é desenhado na direção do balanço. Para facilitar a compreensão, recomenda-se que o investigador utilize símbolos de desenho padrão comumente encontrados na comunidade de arquitetura ou engenharia.

nidade. Para símbolos de proteção contra o investigador pode utilizar tincêndio, os símbolos contidos na NFPA 170.

(E) Le gênero. Se os símbolos forem não são facilmente capaz, th utilizados, o investigador deve usaridentificáveis no desenho eliminarum legi te o potencial de confusão para o que o símbolo representar nt.

16.4.5 Desenhos. Geralmente, um simples esboço da sala de origem ou cena imediata deve ser preparada e deve incluir itens como móveis, janelas e portas, e outros dados úteis. Um esboço de edifício típico pode mostrar as localizações relativas de salas, escadas, janelas, portas e incêndios associados. dano. Esses desenhos podem ser feitos à mão livre com aproxi-

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

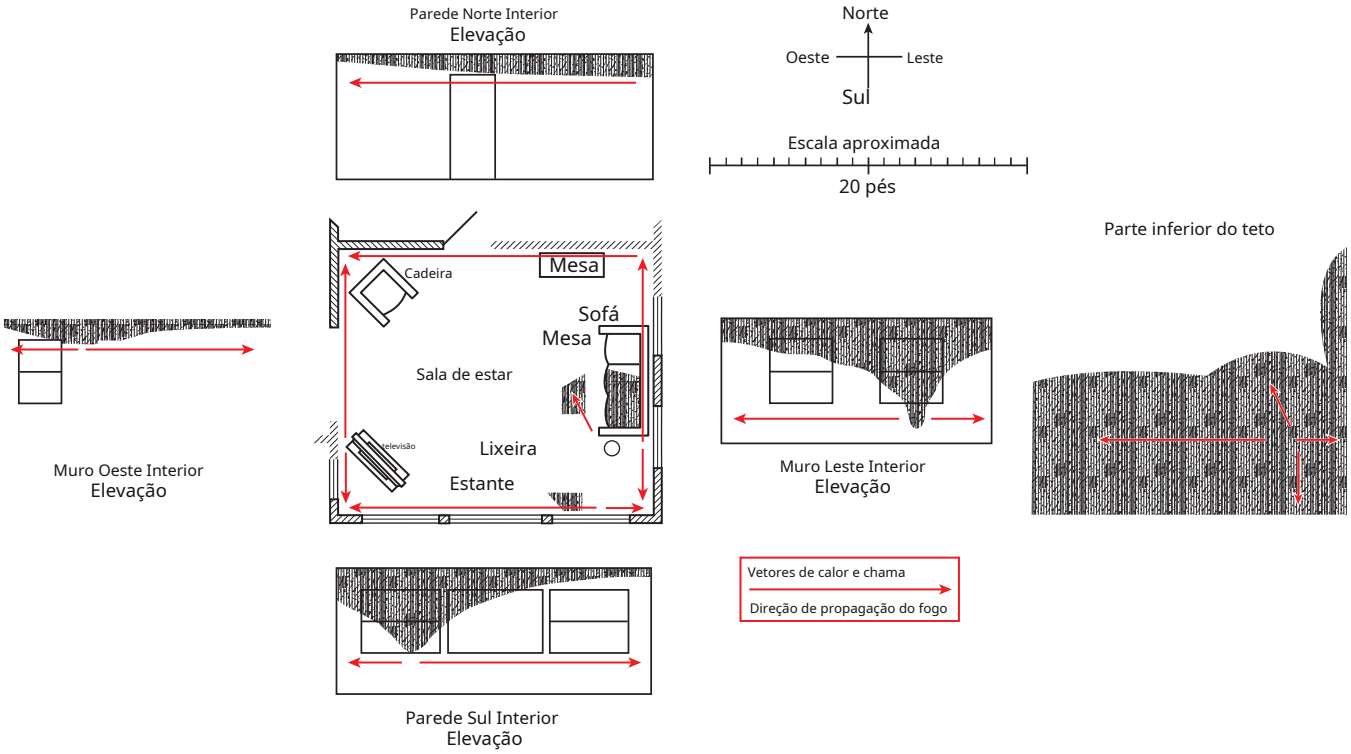


FIGURA 16.4.2(d) Diagrama de sala explodida mostrando padrões de danos, locais de amostras e locais de fotos.

dimensões do companheiro. Este tipo de desenho deve ser suficiente em casos de incêndio onde a análise e as conclusões do incêndio são simples. Cenas mais complexas ou casos de litígio geralmente exigem o desenvolvimento ou aquisição de planos de construção reais e documentação detalhada de construção, equipamentos, móveis, localização de testemunhas e danos.

16.4.5.1 Planos do Local ou Área. Podem ser necessários diagramas de terreno ou área para mostrar a localização dos aparelhos, a localização do local do incêndio em relação a outros edifícios, abastecimento de água ou informações semelhantes. Diagramas dessa natureza auxiliam na documentação de fatores importantes fora da estrutura. Consulte a Figura 16.4.2(a).

16.4.5.2 Plantas Baixas. As plantas baixas de um edifício identificam as localizações das salas, escadas, janelas, portas e outras características da estrutura. Veja Figu re 16.4.2(b).

16.4.5.3 Elevações. E desenhos de elevação são pecado avião gle diagramas que mostram parede, seja interior ou ext anterior, e uma informação específica sobre a parede. Ver elevação porção de Figura 16.4.5.3.

16.4.5.4 Detalhes e Seções. Detalhels e seções são desenhados para mostrar características específicas de um item. Ase é um grande variedade de informações que podem ser representadas em de Anúncios detalhe ou seção diagrama, como a posição de interruptores ou controles, danos a um item, localização de um item, ures de construção, fe a e muito mais.

16.4.5.5 Diagramas de Vista Explodida. O diagrama de visualização explodida ar frequentemente costumava oh o w montagem de componentes ou peças l O istas. investigador também pode utilizar este formato para mostrar todas as superfícies dentro de uma sala ou compartimento mento no sa eu diagrama. Consulte a Figura 16.4.2(d).

16.4.5.6* Representações Tridimensionais (3D). Em muitos casos, pode ser necessário que o investigador obtenha dados dimensionais suficientes para desenvolver uma representação 3D da cena do incêndio. Várias ferramentas 3D podem ajudar os investigadores de incêndio e explosão a fornecer representações 3D precisas da cena antes de um incêndio ou explosão, durante um incidente ativo e para análise pós-incidente. Essas ferramentas incluem o uso de fotogrametria, estações totais e varredura a laser de alta definição (HDS LiDAR). A cena 3D ou "modelo" oferece novas oportunidades para os investigadores testarem hipóteses por meio de pontos de vista de testemunhas, dinâmica de fluidos computacional e uma cena virtual de cor real, escala real e compartilhável. As técnicas de captura de dados em três D fornecem uma maneira de documentar evidências perecíveis, relatividade espacial de combustíveis, compartimentos e aberturas de ventilação e caminhos de fluxo.

16.4.5.6.1 Dimensões Estruturais. O investigador deve medir e documentar as dimensões que seriam necessárias para desenvolver uma representação 3D precisa da estrutura, como ilustrado mostrado na Figura 16.4.2(c). Deve-se levar em consideração a documentação de dimensões muitas vezes negligenciadas, como a espessura das paredes, entreferro nas portas, e o sl abertura de pisos, paredes e tetos . Essa modelagem de incêndio geom etria pode ser necessário se subsequente nt representativa e/ou especialista da testes rítmicos são conduzidos como pa investigação de incidentes n.

16.4.5.6.2 Disponível habilidade de Dados Dimensionais. Enquanto dimen- dados sionais podem ser encontrado nos planos de construção uts, ou como construído desenhos, sim sim não deve ser conhecido no momento em investigação de cena ção se tal azedo que as informações existem, esp res. especialmente no caso de estrutura mais Assim, é prudente que todas as ele investigador antiga para coletar a física dimensões sejam independentes dos a existência de planos, layouts ou desenhos.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

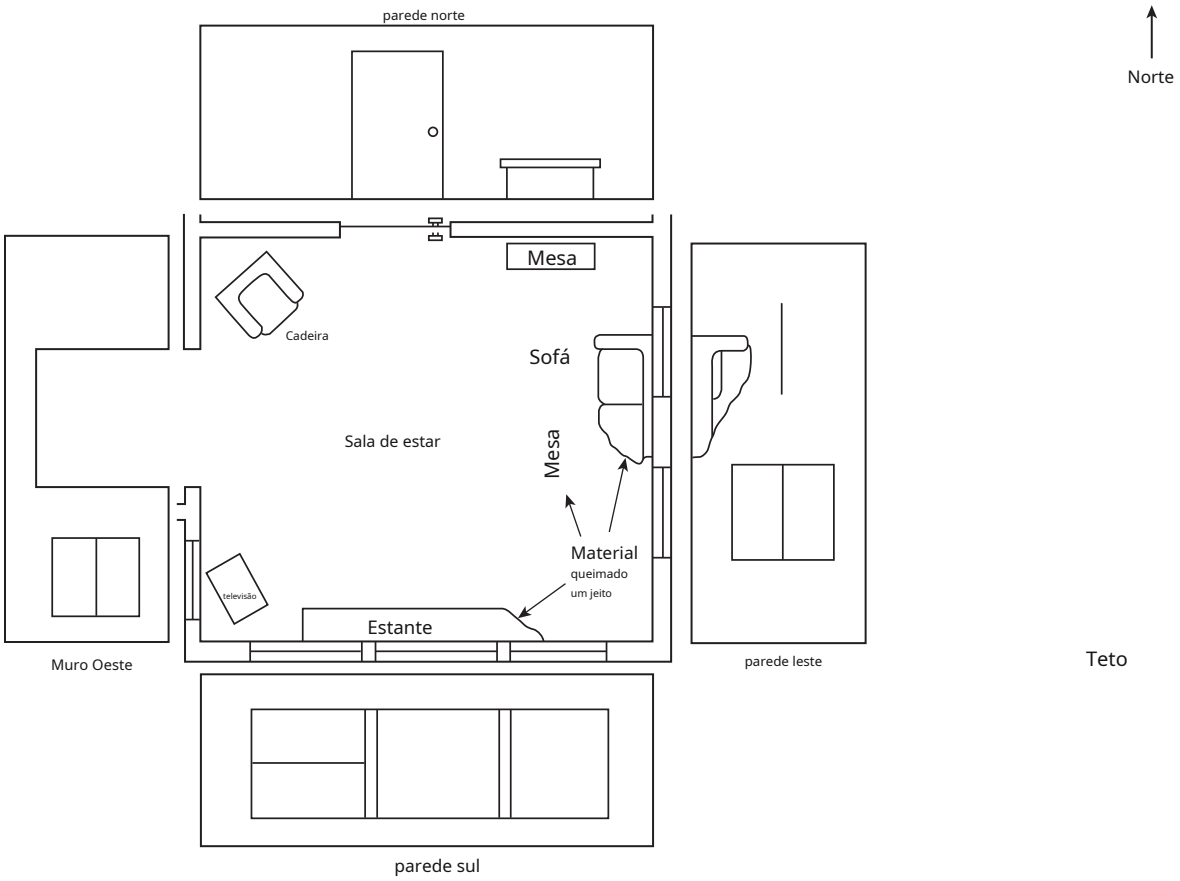


FIGURA 16.4.2(e) Diagrama de reconstrução do conteúdo mostrando móveis danificados nas posições originais.

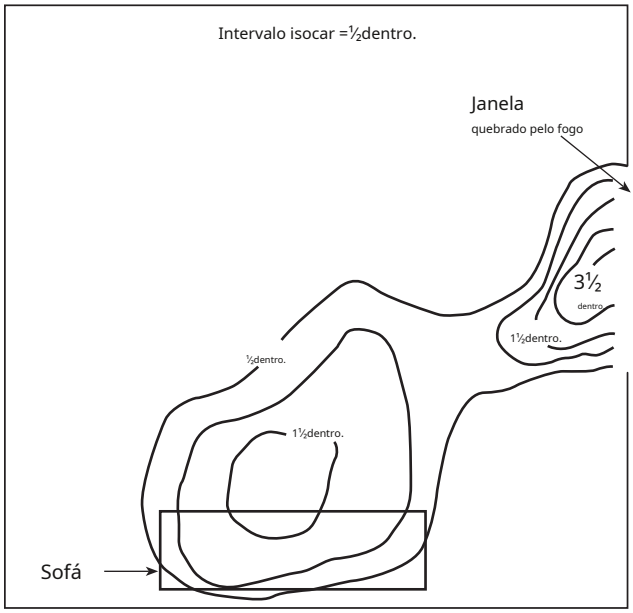
16.4.5.7 Diagramas de Investigação Especializada de Incêndios.

16.4.5.7.1 Além de um diagrama básico de planta baixa, é recomendado que o investigador de incêndio utilize um esboço especializado ou diagrama para documentar especificidades do fogo ou a investigação. A decisão de utilizar esses esquemas ou outro especialidades diagramas depende do tipo e da necessidade de investigação. A decisão do investigador de representar um tipo completo de diagrama de fato ou questão. Estes diagramas incluirão investigação especializado elétrico, mecânico, sistema de processo e combustível esquema de tubulação de gás automáticos, padrão de fogo, levantamento de profundidade de carvão, depth ou calcinação pesquisa, linha de testemunha de vista, análise de vetores de calor e chama, e outros, conforme necessário.

16.4.5.7.2 O uso de um desenho de computador ou diagrama facilita para o desenvolvimento de muitos desenhos de plantas baixas. O uso de camadas ou sobreposições uma ajuda em facilita a compreensão de recursos específicos e evita que ele desenhando se torne excessivamente complicado.

16.4.6 Desenhos Preparados e Desenhos de Construção.

16.4.6.1 Geral. Projeto preparado e construção são aqueles diagramas diagramas que foram desenvolvidos para uso na construção de edifícios, equipamentos, aparelhos, sistemas e similares pelo profissional de design. Estes diagramas servem como investigador para auxiliar na determinação de componentes, características de código, especificações e outros itens.



Fou unidades SI, 1 pol. = 25,4 mm.

FIGURA 16.4.2(f) Um Diagrama Isocar Shqual devido Linhas de Char Depth em vigas de teto expostas.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido por IHS Markit em licença com NFPA

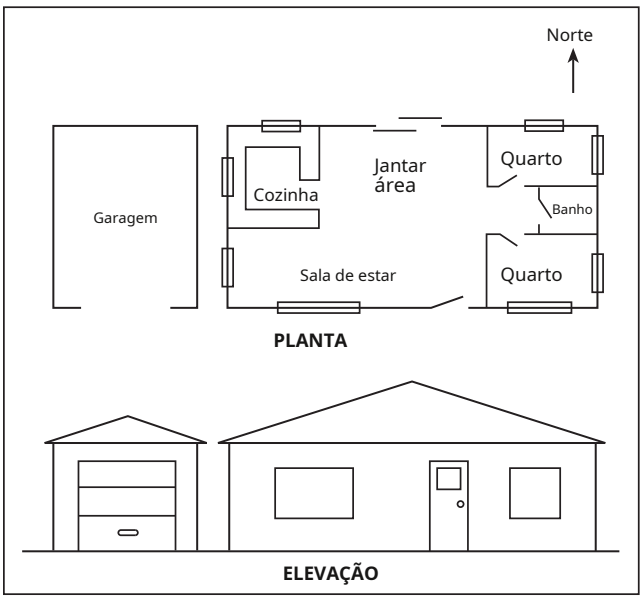


FIGURA 16.4.5.3 Desenho Mínimo para Fogo Simples Análise.

16.4.6.1.1A disponibilidade e complexidade dos desenhos de projeto e construção preparados variam, dependendo do tipo e tamanho da ocupação das estruturas ou da capacidade de identificar um item fabricado específico.

16.4.6.1.2 Durante ou após a construção do edifício ou como resultado de mudanças de ocupação, podem ocorrer modificações. Essas modificações podem não ser refletidas em nenhum desenho existente. Quando usando diagramas de construção preparados, o investigador precisará comparar o desenho com o layout real do edifício.

16.4.6.2 Desenhos de Arquitetura e Engenharia. Dentro do processo de projeto e construção, existem vários tipos de desenhos com os quais o investigador deve estar familiarizado. Os desenhos mais comuns junto com a disciplina que geralmente os elabora são mostrados na Tabela 16.4.6.2.

16.4.6.3 Cronogramas de Arquitetura e Engenharia. Em projetos maiores, pode ser necessário detalhar os tipos de equipamentos em listas chamadas*horários*. Onde muitos componentes são especificados em grande detalhe, geralmente existe um cronograma. Os horários típicos são os seguintes:

(1) Cronograma de portas e janelas
(2) Cronograma de acabamento interior
(3) Cronograma elétrico
(4) Cronograma HVAC
(5) Cronograma de encanamento
(6) Cronograma de iluminação

16.4.6.4* Especificações.Arquitetos e engenheiros preparam especificações para acompanhar seus desenhos. Enquanto os desenhos mostram a geometria do projeto, as especificações detalham a qualidade dos materiais, as responsabilidades dos diversos empreiteiros e a administração geral do projeto. As especificações são geralmente divididas em seções para os vários componentes do edifício. Para o investigador de incêndio, as propriedades dos materiais podem ser identificadas por meio de uma revisão de especificações e podem auxiliar na análise do local do incêndio.

16.4.6.5 Eletrodomésticos e Equipamentos de Construção. Diagramas de peças e desenhos de oficina podem estar disponíveis para aparelhos e equipamentos que possam estar envolvidos em um cenário de incêndio. Esses diagramas podem ajudar o investigador a determinar ou obter informações específicas sobre componentes ou outros recursos.

Tabela 16.4.6.2 Desenhos de projeto e construção que podem estar disponíveis

Modelo	Em formação	Disciplina
Topográfico	Grau variável do terreno	Agrimensor
Plano do local	Estrutura na propriedade com esgoto, água, distribuições elétricas para a estrutura	Engenheiro civil
Planta	Paredes e salas de estrutura como se você fosse olhando para baixo	Arquiteto
Encanamento	Disposição e tamanho da tubulação para água doce e águas residuais	Engenheiro mecânico
Elétrico	Tamanho e disposição do ser vice-entrada, interruptores e tomadas, elétrico aparelhos fixos	Engenheiro elétrico
Mecânico	sistema HVAC	Engenheiro mecânico
Aspersor/ alarme de incêndio	Autoexplicativo	Engenheiro de proteção contra incêndio
Estrutural	Estrutura do edifício	Engenheiro estrutural
Elevações	Mostra a parede interior/exterior s	Arquiteto
Corte transversal	Mostra o que o interior de co componentes parecem como se cortasse	Arquiteto
Detalhes	Mostrar close-ups do complexo a razões	Todas as disciplinas

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

16.5* Relatórios. A etapa final na documentação da investigação pode ser a preparação e apresentação de um relatório. O formato e o conteúdo do relatório dependerão das necessidades da organização ou cliente em nome do qual a investigação foi realizada. Portanto, nenhum formato de relatório é prescrito aqui. No entanto, para orientação sobre relatórios exigidos pelo tribunal, consulte o Capítulo 12.

Δ **16.5.1 Objetivo.** O propósito de um relatório escrito é documentar uma reflexão precisa do investigador observações, atividades, análises e conclusões . O relatório deve conter fatos e dados que o investigador confiável para alcançar qualquer opiniões ou conclusões. O relatório também deve conter o raciocínio do investigador de como cada opinião foi alcançada. Os relatórios podem ser usados para melhoria da segurança pública, prevenção de incidentes futuros semelhantes, base para litígios criminais ou civis, base para reclamações de seguros ou simplesmente documentação dos fatos para registro. *(Consulte NFPA 1033.)*

16.5.2 Organização do Relatório. O investigador deve desenvolver e organizar um relatório para fornecer as informações desejadas da parte que solicita o relatório. O investigador deve saber que um relatório superficial pode não atender aos requisitos ou necessidades de uma jurisdição e da NFPA 1033.

16.5.3 Informações Descritivas. As seguintes informações geralmente são encontradas em um relatório:

(1) Data em que o relatório foi enviado
(2) Data, hora e local do incidente
(3) Data e local do(s) exame(s)
(4) Nome da pessoa ou entidade que solicita o relatório
(5) O escopo da investigação (ou seja, tarefas atribuídas e tarefas concluídas)
(6) Natureza do relatório (por exemplo, preliminar, provisório, final, resumo, suplementar)
(7) Nome da(s) pessoa(s) que prepara(m) o relatório

16.5.4 Pareceres e Conclusões. O relatório deve conter as opiniões e conclusões do investigador em uma seção clara e delineada, seja no início ou no final do relatório. O leitor não deve ter que pesquisar o relatório procurando opiniões e conclusões em uma seção de narrativa ou análise. O relatório também deve indicar a base ou bases para cada opinião e conclusão. O nome, endereço e afiliação de cada pessoa que contribuiu para o trabalho ou emitiu uma opinião contida no relatório, além do autor do relatório, também deve ser fornecido.

16.5.5 Fatos Pertinentes. Deve ser fornecida uma descrição da cena do incidente, datas e horas da visita, itens examinados e evidências relevantes coletadas. Se o exame e o teste subsequentes das evidências ocorrerem, as datas e locais devem ser documentados. As observações e informações contidas no relatório devem ser relevantes para os pareceres. Material de apoio, como fotografias, diagramas, listas de evidências e relatórios de laboratório, podem ser incluídos nos apêndices.

16.5.6 Referência à Metodologia. Quando o investigador afirma que o método científico foi utilizado *(consulte a Seção 4.3)* para determinar a origem e a causa, o relatório deve fornecer detalhes suficientes para mostrar que a metodologia foi de fato utilizada e não apenas citada.

Capítulo 17 Evidência Física

17.1* Geral. Durante o curso de qualquer investigação de incêndio, o investigador de incêndio provavelmente será responsável por localizar, coletar, identificar, armazenar, examinar e providenciar o teste de evidências físicas. O investigador de incêndio deve estar completamente familiarizado com os métodos recomendados e aceitos de processamento de tais evidências físicas.

17.2 Evidência Física.

17.2.1 Evidência física, definida em geral, é qualquer item físico ou tangível que tende a provar ou refutar um fato ou questão em particular. A evidência física no local do incêndio pode ser relevante para as questões de origem, causa, propagação ou responsabilidade pelo incêndio.

17.2.2* A decisão sobre quais evidências físicas coletar na cena do incidente para envio a um laboratório ou outra instalação de teste para exame e teste, ou para apoiar um fato ou opinião, cabe ao investigador de incêndio. Essa decisão pode ser baseada em uma variedade de considerações, como o escopo da investigação, requisitos legais ou proibição. *(Consulte a Seção 14.2.)* Evidências adicionais também podem ser coletadas por outros, incluindo outros investigadores, representantes de companhias de seguros, representantes do fabricante, proprietários e ocupantes. O investigador também deve estar ciente dos padrões e procedimentos relacionados a questões de evidência e questões relacionadas à espoliação de evidências.

17.3* Preservação do Local do Incêndio e Evidências Físicas.

Δ **17.3.1 Geral.** Todos os esforços devem ser feitos para proteger e preservar o local do incêndio porque provas poderia ser facilmente ser destruídos ou perdidos em uma cena de incêndio mal preservada.

17.3.1.1 Geralmente, a causa de um incêndio ou explosão não é conhecida até perto do final da investigação. Portanto, o valor probatório ou interpretativo de várias evidências físicas observadas no local pode não ser conhecido até, no final ou próximo ao final do exame do local do incêndio, ou até o final da investigação completa. Como resultado, toda a cena do incêndio deve ser considerada evidência física e deve ser protegida e preservada. Deve-se considerar a colocação temporária de cinzas e detritos removidos em sacos, lonas ou outros recipientes adequados rotulados de acordo com o local de onde foram removidos. Dessa forma, se os componentes de um aparelho ou dispositivo incendiário estiverem faltando, eles podem ser encontrados mais facilmente em um recipiente rotulado.

17.3.1.2 A responsabilidade pela preservação do local do incêndio e das evidências físicas não recai exclusivamente sobre o investigador do incêndio, mas deve começar com a chegada das unidades de combate a incêndios ou das autoridades policiais. A falta de preservação pode resultar na destruição, contaminação, perda ou movimentação desnecessária de evidências físicas. Inicialmente, o comandante do incidente e, posteriormente, o investigador de incêndio devem proteger ou garantir a segurança do local do incêndio contra intrusões desnecessárias e não autorizadas e devem limitar as atividades de supressão de incêndio àquelas que são necessárias.

17.3.1.3 As evidências no local do incêndio devem ser consideradas não apenas em um contexto criminal, como em evidências forenses tradicionais (por exemplo, armas, fluidos corporais, pegadas), nem devem ser limitadas a evidências, itens ou artefatos relacionados a incêndios criminosos, como dispositivos ou recipientes incendiários. Evidências potenciais no local do incêndio e áreas circundantes podem incluir a estrutura física

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

tura, o conteúdo, os artefatos e quaisquer materiais incendiados ou qualquer material no qual apareçam padrões de fogo.

Δ **17.3.2 Padrões de Incêndio como Evidência Física.** O uso probatório e interpretativo de padrões de incêndio pode ser valioso na identificação de uma fonte potencial de ignição, como um dispositivo incendiário em um incêndio criminoso ou um aparelho em um incêndio acidental. Os padrões de fogo são os efeitos físicos visíveis ou mensuráveis que permanecem após um incêndio. Estes incluem efeitos térmicos nos materiais, como carbonização, oxidação, consumo de combustíveis, depósitos de fumaça e fuligem, distorção, fusão, mudanças de cor, mudanças no caráter dos materiais, colapso estrutural e outros efeitos. *(Veja 6.3.18.)*

17.3.3 Evidência de Artefato. Os artefatos podem ser os restos do material inflamado pela primeira vez, a fonte de ignição ou outros itens ou componentes de alguma forma relacionados à ignição, desenvolvimento ou propagação do fogo. Um artefato também pode ser um item no qual padrões de fogo estão presentes, caso em que a preservação do artefato não é para o item em si, mas para o padrão de fogo contido nele.

17.3.4 Proteção de Evidências.

17.3.4.1 Há uma série de métodos que podem ser utilizados para proteger a evidência da destruição. Alguns métodos incluem colocar um bombeiro ou policial como sentinela para impedir ou limitar o acesso a um prédio, uma sala ou uma área; uso de cones de trânsito ou marcadores numéricos para identificar evidências ou áreas que justifiquem um exame mais aprofundado; cobrir a área ou evidência com lonas antes da revisão; ou isolando a sala ou área com corda, fita adesiva ou fita de linha policial. O investigador pode se beneficiar da supervisão das operações de revisão e salvamento.

17.3.4.2 Itens encontrados no local do incêndio, como caixas ou baldes vazios, podem ser colocados sobre um artefato. No entanto, esses itens podem não identificar claramente o artefato como evidência que deve ser preservada pelos bombeiros ou outros no local do incêndio. Se a evidência não for claramente identificada, pode ser suscetível a movimento ou destruição no local.

17.3.4.3 Bandeira, Bolsa, Etiqueta. Durante o exame da cena, pode ser útil identificar, proteger e marcar itens de interesse ou itens que possam ser evidências potenciais. Essa marcação pode alertar os investigadores para os itens de interesse e iniciar o processo de documentação.

17.3.4.3.1 Bandeira. A utilização de sinalização plástica barata para identificar itens ou áreas de interesse a serem protegidas pode ajudar na investigação em andamento. A sinalização alerta outras pessoas no local para não perturbar ou remover esses itens. Marcar os itens de interesse pode ser especialmente importante ao usar equipamentos pesados ou assistentes que não sejam investigadores de incêndio. Diferentes cores de sinalização podem ser usadas para identificar itens como fiação elétrica ou linhas de gás. As cores brilhantes também ajudam a identificar esses itens ao tirar fotografias, especialmente as fotografias em grande escala usadas para mostrar o layout desses utilitários. A utilização da sinalização inicia-se com o percurso inicial da cena e prossegue através da reconstrução dos conteúdos na área de origem.

17.3.4.3.2 Saco. Itens de valor probatório desconhecido são frequentemente localizados durante o exame da cena. O ensacamento pode ajudar na preservação desses itens. O item de interesse deve ser documentado no local e, em seguida, pode ser colocado em um saco plástico (ou outro recipiente apropriado). Isso pode ser especialmente importante se um item contiver peças pequenas ou frágeis que possam ser ainda mais perturbadas durante o processo normal de exame da cena. Em alguns casos, os detritos na área imediata do item pode ser colocado em recipientes separados para um exame posterior mais detalhado. O item pode ser deixado no local caso seja necessário como evidência ou para auxiliar outros investigadores que possam examinar a cena posteriormente. Se o item for posteriormente necessário como evidência, ele foi preservado no local e pode ser coletado usando os procedimentos normais de coleta de evidências.

17.3.4.3.3 Etiqueta. Durante o exame normal da cena, pode ser necessário mover itens de sua posição original. O investigador pode marcar esses itens, anotando informações importantes, como localização, orientação ou alteração. A marcação pode auxiliar na reconstrução posterior do conteúdo da cena ou dos investigadores que posteriormente examinarem a cena, ou se o item for coletado posteriormente como evidência.

17.3.5 Papel e Responsabilidades do Pessoal de Combate a Incêndios na Preservação do Local do Incêndio.

17.3.5.1 Geralmente, os bombeiros e bombeiros foram instruídos durante o treinamento básico de incêndio que eles têm uma responsabilidade no local do incêndio em relação à investigação do incêndio.

17.3.5.1.1 Na maioria dos casos, essa responsabilidade é identificada como o reconhecimento dos indicadores de incendiarismo, como incêndios múltiplos, presença de dispositivos incendiários ou reboques e presença de líquidos inflamáveis na área de origem. Embora seja um aspecto importante de suas responsabilidades na investigação da causa do incêndio, é apenas uma pequena parte.

17.3.5.1.2 O controle imediato e a extinção do fogo protegem as evidências. A capacidade de preservar a cena do incêndio é muitas vezes um elemento importante na investigação. Mesmo quando os bombeiros e bombeiros não são responsáveis por determinar a origem ou a causa do incêndio, eles desempenham um papel integral na investigação, preservando a cena do incêndio e as evidências físicas.

17.3.5.2 Preservação. Uma vez que um artefato ou outra evidência tenha sido descoberto, medidas preliminares devem ser tomadas para preservar e proteger o item contra perda, destruição ou movimento. A pessoa que fizer a descoberta deve notificar o comandante do incidente assim que possível. O comandante do incidente deve notificar o investigador de incêndio ou outro indivíduo ou agência apropriada com autoridade e responsabilidade pela documentação e coleta de evidências.

17.3.5.3 Cuidados nas Operações de Supressão de Incêndio. As equipes de bombeiros devem evitar causar danos desnecessários às evidências ao usar mangueiras de fluxo direto, puxar tetos, quebrar janelas, desmoronar paredes e realizar revisão e salvamento.

17.3.5.3.1 Uso de Linhas de Água e Mangueiras. Sempre que possível, os bombeiros devem ter cuidado com aplicações de jato direto, particularmente na base do incêndio, porque a base do incêndio pode ser a área de origem. A evidência da fonte de ignição pode às vezes ser encontrada na área de origem. O uso de mangueiras, particularmente aplicações de fluxo direto, pode mover, danificar ou destruir evidências físicas que possam estar presentes.

(UMA) O uso de mangueiras de água para operações de revisão, como lavagem, ou para abertura de paredes ou tetos, também deve ser restrito a áreas distantes das possíveis áreas de origem.

(B) O uso de água deve ser controlado em áreas onde o investigador pode querer olhar para o chão em busca de possíveis padrões de incêndio. Ao drenar o piso de água parada, o dreno

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

buraco deve ser localizado de forma a ter o menor impacto no local do incêndio e padrões de incêndio.

17.3.5.3.2 Revisão.

(UMA)É durante a revisão que qualquer evidência remanescente não danificada pelo fogo é suscetível de ser destruída ou deslocada. A revisão excessiva do local do incêndio antes da documentação e análise dos padrões de incêndio pode afetar a investigação, incluindo a falha na determinação da área de origem.

(B) Embora os bombeiros tenham a responsabilidade de controlar e extinguir o fogo e, em seguida, verificar a extensão do fogo, eles também são responsáveis pela preservação das evidências. Essas duas responsabilidades podem parecer conflitantes e, como resultado, geralmente é a prova que é afetada durante a busca do fogo oculto. No entanto, se as operações de revisão forem realizadas de forma sistemática, ambas as responsabilidades podem ser cumpridas com sucesso.

17.3.5.3.3 Resgate.A movimentação ou remoção de artefatos de uma cena de incêndio pode dificultar a reconstrução para o investigador. Se o investigador não puder determinar a localização pré-fogo da evidência, o valor analítico ou interpretativo da evidência pode ser perdido. A movimentação e, principalmente, a remoção de conteúdo e móveis ou outras evidências no local do incêndio devem ser evitadas até que a documentação, reconstrução e análise sejam concluídas.

17.3.5.3.4 Movimento de Botões e Chaves. Os bombeiros devem abster-se de girar botões e operar interruptores em qualquer equipamento, eletrodomésticos ou serviços de utilidade pública no local do incêndio. A posição de componentes, como botões e interruptores, pode ser um elemento necessário na investigação, principalmente no desenvolvimento de cenários ou hipóteses de ignição de incêndio. Estes componentes, muitas vezes construídos em plástico, podem tornar-se muito quebradiços quando submetidos a aquecimento. Seu movimento pode alterar o estado pós-fogo original e pode fazer com que o interruptor quebre ou torne-se impossível recolocar em sua posição original pós-fogo.*(Ver 25.5.3.)*

17.3.5.3.5 Uso de Ferramentas Elétricas.O uso de ferramentas e equipamentos movidos a gasolina ou diesel deve ser controlado cuidadosamente porque este tipo de equipamento pode ser uma fonte de contaminação nação. O reabastecimento de qualquer equipamento ou ferramentas a combustível deve ser feito fora do perímetro do local do incêndio. Sempre que equipamento movido a combustível for usado no local do incêndio, seu uso e localização devem ser documentados e o investigador avisado.

17.3.5.3.6 Limitando o Acesso de Bombeiros e Outros Funcionários de Emergência.O acesso ao local do incêndio deve ser limitado às pessoas que precisam estar lá. Essa precaução inclui limitar os bombeiros e outras equipes de emergência ou resgate aos necessários para a tarefa em questão. Quando possível, a atividade ou operação deve ser adiada até que a evidência tenha sido documentada, protegida, avaliada e coletada.

17.3.6 Papel e Responsabilidades do Investigador de Incêndio. Se os bombeiros não tomaram as medidas preliminares para preservar ou proteger o local do incêndio, o investigador de incêndio deve assumir a responsabilidade de fazê-lo. Então, dependendo da autoridade e responsabilidade do indivíduo, o investigador deve documentar, analisar e coletar as evidências.

17.3.7 Considerações Práticas. As precauções nesta seção não devem ser interpretadas como exigindo a preservação insegura ou infinita do local do incêndio. Pode ser necessário reparar ou demolir a cena por segurança ou por outras razões práticas. Uma vez que a cena tenha sido documentada pelas partes interessadas e as provas relevantes removidas, não há razão para continuar a preservar a cena. A decisão sobre quando foram tomadas as medidas suficientes para permitir a retomada das atividades normais deve ser tomada por todas as partes interessadas conhecidas naquele momento.

17.4 Contaminação de Evidência Física.A contaminação de evidências físicas pode ocorrer devido a métodos inadequados de coleta, armazenamento ou envio. Assim como a preservação inadequada da cena do incêndio, qualquer contaminação da evidência física pode reduzir o valor probatório da evidência física.

17.4.1 Contaminação de Recipientes de Evidência.

17.4.1.1A menos que se tome cuidado, a evidência física pode ser contaminada pelo uso de recipientes de evidência contaminados. Por esta razão, o investigador de incêndio deve tomar todas as precauções razoáveis para garantir que os recipientes de provas novos e não contaminados sejam armazenados separadamente dos recipientes usados ou das áreas contaminadas.

17.4.1.2 Uma prática que pode ajudar a limitar uma possível fonte de contaminação cruzada de recipientes de coleta de evidências, incluindo latas de tinta de aço ou frascos de vidro, é selá-los imediatamente após o recebimento do fornecedor. Os recipientes devem permanecer lacrados durante o armazenamento e transporte até o local de coleta de evidências. Um recipiente de coleta de evidências deve ser aberto apenas para receber as evidências no ponto de coleta, momento em que deve ser novamente lacrado até o exame laboratorial.

17.4.2* Contaminação Durante a Coleta.A maior parte da contaminação das provas físicas ocorre durante a sua recolha. Isso é especialmente verdadeiro durante a coleta de evidências aceleradas líquidas e sólidas. O acelerador líquido e sólido pode ser absorvido pelas luvas do investigador de incêndio ou pode ser transferido para as ferramentas e instrumentos de coleta.

17.4.2.1 Evitar a contaminação cruzada de qualquer evidência física subsequente, portanto, torna-se fundamental para o investigador de incêndio. Para evitar tal contaminação cruzada, o investigador de incêndio pode usar luvas plásticas descartáveis ou colocar as mãos em sacos plásticos durante a coleta da evidência acelerada líquida ou sólida. Novas luvas ou bolsas devem sempre ser usadas durante a coleta de cada item subsequente de evidência acelerante líquida ou sólida.

17.4.2.2 Um método alternativo para limitar a contaminação durante a coleta é utilizar o próprio recipiente de evidências como ferramenta de coleta. Por exemplo, a tampa de uma lata de metal pode ser usada para recolher a evidência física na lata, eliminando assim qualquer contaminação cruzada das mãos, luvas ou ferramentas do investigador de incêndio.

17.4.2.3 Da mesma forma, quaisquer ferramentas de coleta ou equipamentos de revisão, como vassouras, pás ou rodos utilizados pelo investigador de incêndio, precisam ser cuidadosamente limpos entre a coleta de cada item de evidência acelerante líquida ou sólida para evitar contaminação cruzada semelhante. O investigador de incêndio deve ter cuidado, no entanto, para não usar produtos de limpeza sem água ou outros tipos que possam conter solventes voláteis.

17.4.3 Contaminação por Bombeiros.A contaminação é possível quando os bombeiros estão usando ou reabastecendo ferramentas e equipamentos movidos a combustível em uma área onde um investigador testa posteriormente a presença ou omissão de um líquido inflamável. Bombeiros

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

devem tomar as precauções necessárias para assegurar que a possibilidade de contaminação seja reduzida ao mínimo, e o investigador deve ser informado quando existe a possibilidade de contaminação.

17.5 Métodos de Coleta.

17.5.1 Geral.A recolha de provas físicas é parte integrante de uma investigação de incêndio devidamente conduzida.

17.5.1.1O método de coleta da evidência física é determinado por muitos fatores, incluindo o seguinte:

(1)*Estado físico*.Se a evidência física é sólida, líquida ou gasosa

(2)*Características físicas*.O tamanho, forma e peso da evidência física

(3)*Fragilidade*.Com que facilidade a evidência física pode ser quebrada, danificada ou alterada

(4)*Volatilidade*.Quão facilmente a evidência física pode evaporar

17.5.1.2*Independentemente do método de coleta empregado, o investigador de incêndio deve ser guiado pelas normas ASTM, bem como pelas políticas e procedimentos do laboratório que examinará ou testará a evidência física.

17.5.2 Documentando a Coleta de Evidências Físicas.

17.5.2.1A evidência física deve ser completamente documentada antes de ser movida. Esta documentação pode ser melhor realizada através de notas de campo, relatórios escritos, esboços e diagramas, com medições precisas e fotografia. A diagramação e a fotografia devem sempre ser realizadas antes que a evidência física seja movida ou perturbada. O investigador deve se esforçar para manter uma lista de todas as evidências removidas e de quem as removeu.

17.5.2.2O objetivo de tal documentação é duplo. Primeiro, a documentação deve ajudar o investigador de incêndio a estabelecer a origem da evidência física, incluindo não apenas sua localização no momento da descoberta, mas também sua condição e relação com a investigação de incêndio. Em segundo lugar, a documentação também deve ajudar o investigador de incêndio a estabelecer que a evidência física não foi contaminada ou alterada. *(Consulte 16.2.8.8.)*

17.5.3 Coleta de Evidência Física Forense Tradicional. A evidência física forense tradicional inclui, mas não se limita a, impressões digitais e palmares, fluidos corporais como sangue e saliva, cabelos e fibras, impressões de calçados, marcas de ferramentas, solo e areia, madeira e serragem, vidro, tinta, metais , caligrafia, documentos questionados e tipos gerais de evidências de rastreamento. Embora geralmente associados a outros tipos de investigações, esses tipos de evidências físicas também podem fazer parte de uma investigação de incêndio. Os métodos recomendados de coleta dessas evidências físicas forenses tradicionais variam muito. Como tal, o investigador de incêndio deve consultar o laboratório forense que examinará ou testará a evidência física.

17.5.4 Coleta de Evidências para Testes de Aceleração. Um acelerador é qualquer combustível ou oxidante, geralmente um líquido inflamável, usado para iniciar um incêndio ou aumentar a taxa de crescimento ou acelerar a propagação do fogo. O acelerador pode ser encontrado em qualquer estado – gás, líquido ou sólido. Evidências para testes de aceleração devem ser coletadas e testadas de acordo com ASTM E1618,*Método de teste padrão para resíduos líquidos inflamáveis em extratos de detritos de fogo por cromatografia gasosa-espectrometria de massa*.

17.5.4.1 Características do Acelerante Líquido. Os aceleradores líquidos possuem características únicas que estão diretamente relacionadas à sua coleta como evidência física. Essas características incluem o seguinte:

(1) Os aceleradores líquidos são prontamente absorvidos pela maioria dos componentes estruturais, móveis internos e outros detritos de incêndio.
(2) Geralmente, os aceleradores líquidos flutuam quando em contato com a água; no entanto, o álcool é uma exceção notável.
(3) Acelerantes líquidos têm persistência notável (ou seja, capacidade de sobrevivência) quando presos dentro de material poroso.

17.5.4.2 Equipes de Manipuladores Caninos. As equipas de tratadores de cães têm uma papel em investigações de incêndio, inclusive auxiliando na localização e coleta de amostras para análise laboratorial. Consulte a seção 17,7 por mais informações sobre equipes de manipuladores de cães .

17.5.4.3 Coleta de Amostras Líquidas para Teste de Líquido Inflamável. Quando um possível líquido inflamável é encontrado em estado líquido, ele pode ser coletado usando qualquer um dos vários métodos. No entanto, o investigador de incêndios deve ter certeza de que a evidência não seja contaminada por qualquer método empregado. Se estiver prontamente acessível, o líquido pode ser coletado com uma nova seringa, conta-gotas, pipeta, dispositivo de sifão ou o próprio recipiente de provas. Bolas de algodão estéreis ou compressas de gaze também podem ser usadas para absorver o líquido. Este método de recolha faz com que o líquido seja absorvido pelas bolas de algodão ou gaze. As bolas de algodão ou gaze e seu conteúdo absorvido tornam-se então a evidência física que deve ser selada em um recipiente hermético e submetida ao laboratório para exame e teste.

17.5.4.4 Coleta de Evidência Líquida Absorvida por Materiais Sólidos. Muitas vezes, a evidência de acelerador líquido pode ser encontrada apenas onde o acelerador líquido foi absorvido por materiais sólidos, incluindo solos e areias. Este método de coleta envolve apenas a coleta desses materiais sólidos com seus conteúdos absorvidos. A coleta desses materiais sólidos pode ser realizada por meio de escavação com o próprio recipiente de provas ou por corte, serra ou raspagem. Bordas cruas, não seladas ou serradas, pontas, furos de pregos, rachaduras, furos de nós e outras áreas semelhantes de madeira, gesso, chapa de pedra, argamassa ou mesmo concreto são áreas particularmente boas para amostrar. Se houver suspeita de penetração profunda, toda a seção transversal do material deve ser removida e preservada para avaliação laboratorial. Em alguns materiais sólidos, como solo ou areia, o acelerador líquido pode absorver profundamente o material. O investigador deve, portanto, remover amostras de uma profundidade maior. Nas situações em que acredita-se que os aceleradores líquidos tenham ficado presos em materiais porosos, como um piso de concreto, o investigador de incêndio pode usar materiais absorventes, como cal, terra de diatomáceas ou farinha não auto-crescente. Este método de coleta envolve espalhar o absorvente sobre a superfície de concreto, deixando-o em repouso por 20 a 30 minutos, e prendendo-o em um recipiente limpo e hermético. O absorvente é então extraído no laboratório. O investigador deve ter o cuidado de usar ferramentas e recipientes limpos para a etapa de recuperação, pois o absorvente é facilmente contaminado. Uma amostra do absorvente não utilizado deve ser preservada separadamente para análise como amostra de comparação. Nas situações em que acredita-se que os aceleradores líquidos tenham ficado presos em material poroso, como um piso de concreto, o investigador de incêndio pode usar materiais absorventes, como cal, terra de diatomáceas ou farinha não auto-crescente. Este método de coleta envolve espalhar o absorvente sobre a superfície de concreto, deixando-o em repouso por 20 a 30 minutos, e prendendo-o em um recipiente limpo e hermético. O absorvente é então extraído no laboratório. O investigador deve ter o cuidado de usar ferramentas e recipientes limpos para a etapa de recuperação, pois o absorvente é facilmente contaminado. Uma amostra do absorvente não utilizado deve ser preservada separadamente para análise como amostra de comparação. Nas situações em que acredita-se que os aceleradores líquidos tenham ficado presos em material poroso, como um piso de concreto, o investigador de incêndio pode usar materiais absorventes, como cal, terra de diatomáceas ou farinha não auto-crescente. Este método de coleta envolve espalhar o absorvente sobre a superfície de concreto, deixando-o em repouso por 20 a 30 minutos, e prendendo-o em um recipiente limpo e hermético. O absorvente é então extraído no laboratório. O investigador deve ter o cuidado de usar ferramentas e recipientes limpos para a etapa de recuperação, pois o absorvente é facilmente contaminado. Uma amostra do absorvente não utilizado deve ser preservada separadamente para análise como amostra de comparação. terra de diatomáceas ou farinha não auto-crescente. Este método de coleta envolve espalhar o absorvente sobre a superfície de concreto, deixando-o em repouso por 20 a 30 minutos, e prendendo-o em um recipiente limpo e hermético. O absorvente é então extraído no laboratório. O investigador deve ter o cuidado de usar ferramentas e recipientes limpos para a etapa de recuperação, pois o absorvente é facilmente contaminado. Uma amostra do absorvente não utilizado deve ser preservada separadamente para análise como amostra de comparação. terra de diatomáceas ou farinha não auto-crescente. Este método de coleta envolve espalhar o absorvente sobre a superfície de concreto, deixando-o em

17.5.4.5 Coleta de Amostras Sólidas para Testes de Aceleração. O acelerador sólido pode ser materiais e compostos domésticos comuns ou produtos químicos perigosos. Como alguns materiais incendiários permanecem corrosivos ou reativos, deve-se tomar cuidado na embalagem para garantir que os resíduos corrosivos não ataquem o recipiente da embalagem. Além disso, esses materiais devem ser manuseados com cuidado pelo pessoal para sua própria segurança.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

17.5.4.6* Amostras de Comparação. Quando a evidência física é coletada para exame e teste, muitas vezes é necessário coletar também amostras de comparação.

17.5.4.6.1 A coleta de amostras de comparação é especialmente importante na coleta de materiais que se acredita conterem acelerador líquido ou sólido. Por exemplo, a amostra de comparação para evidência física consistindo em um pedaço de carpete que se acredita conter um acelerador líquido seria um pedaço do mesmo carpete que não contém nenhum acelerador líquido. As amostras de comparação permitem ao laboratório avaliar as possíveis contribuições dos produtos voláteis da pirólise para a análise e também estimar as propriedades de inflamabilidade do combustível normal presente.

17.5.4.6.2 Quando coletada com o objetivo de identificar a presença de resíduos de acelerador, a amostra de comparação deve ser coletada em uma área que o investigador acredite estar livre de tais aceleradores, como embaixo de móveis ou em áreas que não tenham sido envolvidas no incêndio. Supondo que a amostra de comparação seja negativa para líquidos inflamáveis, quaisquer líquidos inflamáveis encontrados na amostra suspeita podem ser considerados estranhos à área quando a amostra suspeita foi coletada.

17.5.4.6.3 Reconhece-se que as amostras de comparação podem não estar disponíveis devido à condição do local do incêndio. Também é reconhecido que as amostras de comparação são frequentemente desnecessárias para a identificação válida de resíduos líquidos inflamáveis. A determinação se as amostras de comparação são necessárias é feita pelo analista do laboratório, mas como geralmente é impossível para um investigador retornar ao local para coletar amostras de comparação, elas devem ser coletadas no momento da investigação inicial.

17.5.4.6.4 Se houver suspeita de equipamentos mecânicos ou elétricos na ignição do incêndio, equipamentos exemplares podem ser identificados e coletados ou adquiridos como uma amostra de comparação.

17.5.5 Coleta de Amostras Gasosas. Durante certos tipos de investigações de incêndio e explosão, especialmente aquelas envolvendo gases combustíveis, pode ser necessário que o investigador de incêndio colete uma amostra gasosa. A coleta de amostras gasosas pode ser realizada por vários métodos.

17.5.5.1 O primeiro método envolve o uso de dispositivos mecânicos de amostragem comercialmente disponíveis. Esses dispositivos simplesmente extraem uma amostra da atmosfera gasosa e a contêm em uma câmara de amostra ou a puxam através de uma armadilha de material adsorvente de carvão ou polímero para análise posterior.

17.5.5.2 Outro método é a utilização de latas de amostragem de ar evacuadas. Essas latas são projetadas especificamente para coletar amostras gasosas.

17.5.6 Coleta de Equipamentos Elétricos e Componentes do Sistema. Antes de tentar coletar equipamentos ou componentes elétricos dos circuitos de um sistema de distribuição de energia, o investigador de incêndio deve verificar se todas as fontes de eletricidade estão desligadas ou desconectadas. Todos os procedimentos de segurança descritos no Capítulo 13 devem ser seguidos. Equipamentos e componentes elétricos podem ser coletados como evidência física para auxiliar o investigador de incêndio a determinar se o componente estava relacionado à causa do incêndio.

17.5.6.1 Os componentes elétricos, após serem envolvidos em um incêndio, podem se tornar quebradiços e sujeitos a danos se forem manuseados incorretamente. Portanto, os métodos e procedimentos utilizados na coleta devem preservar, tanto quanto possível, a condição em que o material físico evidências foram encontradas. Antes de qualquer componente elétrico ser coletado como evidência física, ele deve ser minuciosamente documentado, inclusive sendo fotografado e diagramado. A fiação elétrica geralmente pode ser cortada facilmente e removida. Esse tipo de evidência pode consistir em uma peça curta, uma extremidade cortada ou derretida, ou pode ser uma peça muito mais longa, incluindo uma seção não queimada onde o isolamento da fiação ainda está intacto. O investigador de incêndio deve coletar a seção mais longa do cabo prático de fiação para que qualquer isolamento remanescente também possa ser examinado. Antes que os fios sejam cortados, uma fotografia deve ser tirada do(s) fio(s) e, em seguida, ambas as extremidades do fio devem ser marcadas e cortadas para que possam ser identificadas como um dos seguintes:

(1) O dispositivo ou aparelho ao qual foi anexado ou do qual foi separado
(2) O número do disjuntor ou fusível ou local ao qual o fio foi conectado ou do qual foi cortado
(3) O caminho do fio ou a rota que ele percorreu entre o dispositivo e o protetor do circuito

17.5.6.2 Interruptores elétricos, receptáculos, termostatos, relés, caixas de junção, painéis de distribuição elétrica e equipamentos e componentes similares são frequentemente coletados como evidência física. Recomenda-se que esses tipos de evidências elétricas sejam removidos intactos, nas condições em que foram encontrados.

17.5.6.3 Quando possível, recomenda-se que quaisquer acessórios que contenham tais equipamentos e componentes sejam removidos sem perturbar os componentes dentro deles. Painéis de distribuição elétrica, por exemplo, devem ser removidos intactos. Um método alternativo, no entanto, seria a remoção de porta-fusíveis ou disjuntores individuais do painel. Se a remoção de componentes individuais for necessária, o investigador de incêndio deve ter cuidado para não operá-los ou manipulá-los, tendo o cuidado de documentar sua posição e sua função no sistema geral de distribuição elétrica.

17.5.6.4 Se o investigador não estiver familiarizado com o equipamento, ele deve obter assistência de alguém com conhecimento sobre o equipamento, antes da desmontagem ou teste no local, para evitar danos ao equipamento ou componentes.

17.5.7 Coleta de Eletrodomésticos ou Pequenos Equipamentos Elétricos. Sempre que se acredita que um aparelho ou outro tipo de equipamento faz parte do cenário de ignição, recomenda-se que o investigador de incêndio o examine ou teste. Os aparelhos podem ser coletados como evidência física para apoiar a determinação do investigador de incêndio de que o aparelho foi ou não a causa do incêndio. Esse tipo de evidência física pode incluir muitos itens diversos, desde os grandes (por exemplo, fornos, aquecedores de água, fogões, lavadoras, secadoras) até os pequenos (por exemplo, torradeiras, cafeteiras, rádios, ferros, lâmpadas).

17.5.7.1 Sempre que possível, todo o aparelho ou item de equipamento deve ser coletado intacto como evidência física. Isso inclui quaisquer cabos de energia elétrica ou linhas de combustível que o forneçam ou controlem.

17.5.7.2 Quando o tamanho ou condição danificada de um aparelho ou item de equipamento torna impraticável sua remoção em sua totalidade, recomenda-se que seja fixado no local para exame e teste. Muitas vezes, no entanto, apenas um único componente ou grupo de componentes em um aparelho ou item de equipamento pode ser coletado como evidência física. O investigador de incêndio deve se esforçar para garantir que a remoção, transporte e armazenamento de tais evidências mantenham a integridade física.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

evidência em sua condição originalmente descoberta.*(Veja 12.3.5 sobre espoliação.)*

17.6 Recipientes de Evidência.

17.6.1 Geral. Uma vez coletada, a evidência física deve ser colocada e armazenada em um recipiente de evidência apropriado.

17.6.1.1 Assim como a coleta da própria evidência física, a seleção de um recipiente de evidência apropriado também depende do estado físico, características físicas, fragilidade e volatilidade da evidência física. O recipiente de evidência deve preservar a integridade da evidência e deve evitar qualquer alteração ou contaminação da evidência. As provas não devem ser embaladas diretamente em materiais de embalagem soltos, como "amendoins" ou papel picado, mas primeiro colocados em um saco ou recipiente adequado para evitar a perda de pequenos itens. Alternativamente, o material de embalagem pode ser colocado em sacos e embalado ao redor das provas.

17.6.1.2 Os recipientes de provas podem ser itens comuns, como envelopes, sacos de papel, sacolas plásticas, recipientes de vidro ou latas de metal, ou podem ser recipientes projetados especificamente para certos tipos de provas físicas. A seleção de um recipiente de evidência apropriado pelo investigador deve ser guiada pelas políticas e procedimentos do laboratório que examinará ou testará a evidência física ou o uso ao qual a evidência será submetida.

17.6.2 Recipientes de Provas Aceleradoras Líquidas e Sólidas. Recomenda-se que os recipientes usados para a coleta de evidências acelerantes líquidas e sólidas sejam limitados a quatro tipos. Estes incluem latas de metal, frascos de vidro, sacos especiais para provas e sacos plásticos comuns para provas. O investigador de incêndio deve se preocupar em evitar a evaporação do acelerador e prevenir sua contaminação. É importante, portanto, que o recipiente utilizado seja completamente vedado para evitar tal evaporação ou contaminação.

17.6.2.1 Latas Metálicas.O recipiente recomendado para a coleta de provas de acelerador líquido e sólido é uma lata de metal limpa e não utilizada, conforme mostrado na Figura 17.6.2.1. A fim de permitir espaço para os vapores se acumularem, a lata não deve estar mais de dois terços cheia.



FIGURA 17.6.2.1 Vários Tipos de Latas Metálicas.

17.6.2.1.1 As vantagens do uso de latas de metal incluem sua disponibilidade, preço econômico, durabilidade e capacidade de evitar a evaporação de líquidos voláteis.

17.6.2.1.2 As desvantagens, no entanto, incluem a incapacidade de visualizar a evidência sem abrir o recipiente, os requisitos de espaço para armazenamento e a tendência do recipiente enferrujar quando armazenado por longos períodos de tempo. Se latas de metal forem usadas para armazenar grandes quantidades de líquidos voláteis, como gasolina, altas temperaturas de armazenamento [acima de 40°C (100°F)] podem produzir pressão de vapor suficiente para forçar a abertura da tampa e causar perda de amostra. Para tais amostras, frascos de vidro podem ser mais apropriados.

17.6.2.2 Frascos de Vidro. Os frascos de vidro também podem ser usados para a coleta de provas líquidas e sólidas. É importante que os frascos não tenham tampas coladas ou vedações de borracha, especialmente quando líquidos a granel são coletados. A cola muitas vezes contém vestígios de solvente que podem contaminar a amostra, e as vedações de borracha podem amolecer ou até mesmo dissolver na presença de aceleradores líquidos ou seus vapores, permitindo vazamento ou perda da amostra. Para permitir espaço para a coleta de amostras de vapor durante o exame e o teste, o frasco de vidro não deve estar mais de dois terços cheio.

17.6.2.2.1 As vantagens de usar frascos de vidro incluem sua disponibilidade, seu baixo preço, a capacidade de visualizar as evidências sem abrir o frasco, a capacidade de evitar a evaporação de líquidos voláteis e sua ausência de deterioração quando armazenados por longos períodos de tempo.

17.6.2.2.2 As desvantagens, no entanto, incluem sua tendência a quebrar facilmente e seu tamanho físico, que muitas vezes proíbe o armazenamento de grandes quantidades de evidências físicas.

17.6.2.3 Bolsas Especiais para Evidências. Sacos especiais, projetados especificamente para provas de aceleração líquidas e sólidas, também podem ser usados para coleta. Ao contrário das sacolas plásticas comuns para provas, essas sacolas especiais para provas não possuem uma composição química que possa causar resultados de teste errôneos durante o exame laboratorial e durante o teste das provas físicas contidas em tais sacolas.

17.6.2.3.1 As vantagens do uso de bolsas de provas especiais incluem sua disponibilidade em uma variedade de formas e tamanhos, seu preço econômico, a capacidade de visualizar as provas sem abrir a bolsa, sua facilidade de armazenamento e a capacidade de evitar a evaporação de líquidos voláteis. .

17.6.2.3.2 As desvantagens, no entanto, são que eles são suscetíveis a serem facilmente danificados, resultando na contaminação das evidências físicas neles contidas, e podem ser difíceis de selar adequadamente.

17.6.2.4 Sacos Plásticos Comuns. Embora geralmente não sejam utilizáveis para provas voláteis, sacos plásticos comuns (de polietileno) podem ser usados para algumas embalagens de provas. Eles podem ser usados para embalar dispositivos incendiários ou resíduos sólidos de aceleradores, mas podem ser permeáveis, permitindo perdas e contaminação.

17.6.2.4.1 As vantagens de usar sacolas plásticas comuns incluem sua disponibilidade em uma variedade de formas e tamanhos, seu preço econômico, a capacidade de visualizar as evidências sem abrir a sacola e sua facilidade de armazenamento.

17.6.2.4.2 As desvantagens, no entanto, são a sua suscetibilidade a danos fáceis (rasgos e penetração), resultando na contaminação das provas físicas neles contidas, e

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

sua marcada incapacidade de reter hidrocarbonetos leves e álcoois, resultando em perda da amostra, identificação errônea ou contaminação cruzada entre recipientes na mesma caixa.

N 17.7 Introdução às Equipes de Manipuladores Caninos. Esta seção aborda as equipes de manipuladores caninos para investigações de incêndio. A subseção 1.3.7 da NFPA 1033 exige que um investigador tenha e mantenha no mínimo um conhecimento básico atualizado de 16 tópicos, incluindo documentação de evidências, coleta e preservação. Esta seção é uma introdução básica sobre esses tópicos para um investigador ao lidar com equipes de manipuladores caninos.

N 17.7.1 Designação Preferencial. Existem muitos tipos de cães de trabalho treinados para diferentes propósitos. Esta seção trata de cães de detecção de cheiro especificamente treinados para responder à presença de certas classes de líquidos inflamáveis. Este guia usa a designação *canino de detecção de líquido inflamável* em vez de um coloquialismo como *detecção acelerada* caninos pelas seguintes razões. Em primeiro lugar, por definição, um *acelerador* é um combustível ou oxidante que é usado intencionalmente para iniciar um incêndio ou aumentar a taxa de crescimento ou propagação do fogo. Portanto, para se qualificar como acelerador, é necessário estabelecer que a pessoa que usou o combustível ou oxidante em questão o fez com a intenção de aumentar ou espalhar o fogo. O canino não pode determinar a intenção de uma pessoa. Portanto, é tecnicamente mais correto descrevê-los como *líquido inflamável* ao invés de *acelerador* caninos de detecção. Em segundo lugar, embora os aceleradores sejam frequentemente líquidos inflamáveis, nem sempre é esse o caso. Os caninos de detecção de líquidos inflamáveis são treinados para responder a determinados líquidos inflamáveis (e não outros tipos de acelerador) e não são treinados para determinar a intenção da pessoa que usa o combustível relevante. Portanto, este guia refere-se a esses cães como caninos de detecção de líquido inflamável (ou caninos IGL) em vez de caninos de detecção acelerada ou termos relacionados.

N 17.7.2 Outras Designações para Caninos IGL. Na linguagem comum, esses caninos são frequentemente chamados de cães de detecção acelerada ou cães incendiários. À luz das recentes preocupações crescentes sobre o viés nas disciplinas da ciência forense, incluindo investigações de incêndio, e dada a variedade de propósitos para as equipes de manipuladores de cães abordadas abaixo, o termo *caninos IGL* é o termo preferível para fins técnicos. Este guia reconhece que os caninos IGL foram originalmente desenvolvidos como uma ferramenta para investigar incêndios incendiários. Como resultado, algumas organizações adotaram nomes ou se envolveram em campanhas promocionais usando palavras como *acelerador* ou *incêndio culposo* para descrever esses caninos. Este guia usa o termo *canino IGL* como uma descrição técnica e não faz nenhuma inferência negativa em relação à marca comercial ou materiais publicitários usando outros descritores.

N 17.7.3 Discrição dos Investigadores. Esta seção fornece conhecimentos básicos atualizados para investigadores de incêndio que usaram ou estão pensando em usar uma equipe de manipuladores caninos em uma investigação. Embora esta seção identifique vários propósitos apropriados para as equipes de manipuladores caninos IGL, muitas circunstâncias influenciam na decisão de usar ou não uma equipe para qualquer um desses propósitos em uma determinada investigação. Assim, sujeito a quaisquer protocolos ou diretrizes padrão que regem a decisão do investigador de quando usar uma equipe de manipuladores caninos, a decisão de empregar uma equipe de manipuladores caninos fica a critério do investigador.

N 17.7.4 Experiência dos Manipuladores. Este guia reconhece o treinamento especializado e a experiência dos manipuladores caninos IGL e pretende apenas refletir, não ditar, as melhores práticas dentro do campo canino IGL. A única exceção é o uso de alertas não confirmados de cenas de incidentes. Conforme explicado mais detalhadamente abaixo, é a posição deste guia de que qualquer alerta canino não confirmado por análise laboratorial não deve ser considerado validado e, portanto, não deve ser oferecido como evidência direta ou circunstancial da presença de um líquido inflamável em um processo criminal ou civil.

17.7.5* Canino - Manipulador Equipes. Treinado e certificado ignição
As equipes de caninos/manipuladores de detecção de líquidos inflamáveis provaram sua capacidade de melhorar as investigações de incêndio, auxiliando na localização e coleta de amostras para análise laboratorial quanto à presença de líquidos inflamáveis. Um líquido inflamável treinado e certificado
A equipe de manipuladores caninos de detecção é aquela que concluiu com sucesso um processo documentado de treinamento e certificação e é recertificada anualmente. O canino também deve ser treinado, certificado e testado para discriminar cheiros entre odores líquidos inflamáveis e odores que são comumente inerentes a uma cena de incêndio.

N 17.7.6* Objetivos da Equipe de Manipuladores Caninos. Equipes treinadas e certificadas de manipuladores de cães IGL provaram sua capacidade de melhorar as investigações de incêndio de várias maneiras, todas relacionadas ao seu objetivo principal de identificar a possível presença de líquidos inflamáveis. A seguir estão exemplos de usos adequados de tais equipes:

(1)* Auxiliar na triagem de contaminação de ferramentas de investigadores de incêndio, recipientes de provas e outros equipamentos.
(2)* Auxiliar na localização da presença de líquidos inflamáveis. Um líquido inflamável pode ser relevante como o primeiro combustível inflamado, um combustível de conteúdo ou um acelerador. Os exames realizados pela equipe podem envolver edifícios ou outras estruturas, áreas abertas, veículos ou objetos pessoais removidos de pessoas conhecidas ou consideradas presentes antes ou durante o incêndio.
(3) Auxiliar na coleta de amostras para análise laboratorial de líquidos inflamáveis.
(4) Auxiliar no exame de detritos (soltos ou embalados) removidos da cena imediata como uma etapa de triagem para confirmar se os detritos apropriados foram recuperados para análise laboratorial.

N 17.7.6.1 Considerações Legais para Exames ou Buscas. Alguns tipos de exames ou buscas podem exigir o consentimento da pessoa em controle legal da propriedade ou um mandado de busca. *(Consulte a Seção 12.3.)*

N 17.7.6.2 Usos nos Setores Público e Privado. Historicamente, as equipes caninas da IGL foram implantadas principalmente por departamentos ou agências governamentais e usadas para investigações criminais. No entanto, o valor dessas equipes não se limita às investigações criminais, nem ao setor público. As investigações do setor privado também podem se beneficiar do uso de equipes de manipuladores de cães. Para obter mais detalhes, consulte 17.7.6.

N 17.7.6.3 Usando equipes de manipuladores caninos para ajudar a evitar preconceitos. Quando usado adequadamente, conforme descrito nesta seção, o uso de equipes de manipuladores caninos IGL pode ajudar a evitar viés de expectativa e confirmação, conceitos descritos no Capítulo 4.

N 17.7.6.3.1 Evitando Viés de Confirmação. O viés de confirmação ocorre quando um investigador tenta provar, em vez de refutar, uma hipótese. Se um investigador levantar a hipótese de que líquidos inflamáveis ou aceleradores não desempenharam nenhum papel na causa ou propagação de um incêndio, uma equipe de manipuladores caninos IGL pode ser implantada em um esforço para refutar essa hipótese. Se o canino alerta e uma análise laboratorial confirma a presença de um líquido inflamável, a hipótese é refutada e o investigador tem novos dados para ajudar na formulação de uma nova hipótese.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

N 17.7.6.3.2 Evitando Viés de Expectativa. O viés de expectativa ocorre quando um investigador chega a uma conclusão prematura sem dados suficientes, usando a determinação prematura para ditar os processos investigativos. Quando um investigador apenas chama uma equipe de manipuladores caninos da IGL em um esforço para provar a crença de que o incêndio foi incendiário, uma pessoa com um interesse oposto pode argumentar que o julgamento do investigador é influenciado pelo viés de expectativa. O uso de uma equipe de manipuladores caninos IGL é um passo demonstrável na coleta de dados relevantes sobre a presença ou ausência de um líquido inflamável. Isto é particularmente verdade se um alerta for confirmado por análise laboratorial e o investigador explorar todas as hipóteses razoáveis para a presença de um líquido inflamável em vez de concluir que foi usado como acelerador.

Δ 17.7.7* Limitações no uso de alertas por Canine-Handler Equipes. Ao lidar com uma amostra de uma cena de incêndio, em para que a presença ou ausência de um líquido inflamável seja confirmado cientificamente, essa amostra deve ser analisada por um laboratório. Qualquer alerta canino não confirmado por análise laboratorial não deve ser considerado validado e consequentemente, deve não ser oferecido como prova direta ou circunstancial da presença de um líquido inflamável em um julgamento criminal ou civil.

Δ 17.7.7.1* A pesquisa mostrou que os caninos responderam ou alertaram para produtos de pirólise que não são produzidos por um líquido inflamável e nem sempre responderam quando um acelerador líquido inflamável estava presente. Se um investigador sentir que existem indicadores de a presença de um inflamável líquido, as amostras podem ser tomado mesmo na ausência de um canino alerta.

Δ 17.7.7.2 Sistema Olfativo Canino. O olfato canino sistema é capaz de detectar alguns líquidos inflamáveis em concenabaixo das normalmente citadas para métodos de laboratório. O limite de detecção, no entanto, não é o único critério ou mesmo o critério mais importante para qualquer técnica forense. A especificidade, a capacidade de distinguir entre líquidos inflamáveis e materiais de fundo, é ainda mais importante do que a sensibilidade para a detecção de quaisquer resíduos líquidos inflamáveis. Ao contrário dos cães detectores de explosivos ou drogas, esses cães são treinados para detectar substâncias comuns ao nosso ambiente cotidiano. As técnicas existentes hoje para laboratórios forenses detectarem quantidades submicrolitros de líquidos inflamáveis, mas como essas substâncias são intrínsecas ao nosso mundo mecanizado, a mera detecção de tais quantidades é de valor probatório limitado.

17.7.7.3* Gatilhos. A pesquisa atual não indica quais compostos químicos individuais ou classes de compostos químicos são os principais "gatilhos" para alertas caninos. Pesquisas revelam que a maioria das classes de compostos contidos em líquidos inflamáveis pode ser produzida a partir da queima de materiais sintéticos comuns. Laboratórios que usam padrões ASTM *(consulte a Seção 17.11)* têm padrões mínimos que definem os compostos químicos que devem estar presentes para fazer uma determinação positiva. A grande variedade de produtos de pirólise presentes em cenas de incêndio sugere possíveis razões para alguns alertas não confirmados por cães. A capacidade discriminatória do canino para distinguir entre produtos de pirólise e líquidos inflamáveis é notável, mas não infalível.

•

N 17.7.8 Equipes de Manipuladores Caninos e Detecção Acelerada.

N 17.7.8.1 Fontes. As indicações da possível presença de líquidos inflamáveis no local podem vir de várias fontes, incluindo entrevistas com testemunhas, recipientes de combustível localizados no local, fotos e vídeos antigos, registros de compra ou IGL canino alertas, para citar alguns. Se um investigador encontrar indicadores de um acelerador, geralmente as amostras devem ser coletadas mesmo na ausência de um alerta canino. Os investigadores devem seguir as instruções para a coleta de evidências para teste de líquido inflamável ou acelerador estabelecidas em 17.5.4.

N 17.7.8.2 Outras Considerações. A detecção de líquido inflamável canino deve ser usada em conjunto com, e não no lugar de, outros métodos de investigação e análise de incêndio descritos neste guia. Por exemplo, mesmo quando um cão alerta e a amostra é posteriormente confirmada pelo laboratório como contendo um IGL, isso não é por si só conclusivo de um incêndio incendiário.

N 17.7.8.3* Capacidade e Confiabilidade. A confiabilidade da equipe canina é baseada nos resultados das avaliações de certificação e proficiência. Resultados operacionais confirmados (alertas em locais de incêndio validados por análise laboratorial) também podem ser usados para determinar a capacidade e a confiabilidade da equipe. Os registros de treinamento são necessários para ilustrar o tipo e a quantidade de treinamento que a equipe experimentou antes e depois da certificação, mas não refletem necessariamente a confiabilidade. Dados de certificação, avaliações de proficiência e resultados operacionais devem estar disponíveis.

N 17.7.8.4 Processos Judiciais. Se a confiabilidade se tornar um problema, isso pode ser um assunto para o manipulador estar preparado para lidar com processos legais. *(Consulte 12.5.2.3.3.)*

N 17.7.9 Coordenar a Investigação com o Manipulador. A subseção 1.3.7(15) da NFPA 1033 exige que os investigadores tenham conhecimentos básicos sobre documentação, coleta e preservação de evidências. Sempre que funcionários especializados ou especialistas forem chamados para ajudar na investigação, incluindo uma equipe de manipuladores de cães da IGL, o investigador ou pessoa que está coordenando a investigação deve garantir que as medidas adequadas sejam tomadas respeitando a documentação, coleta e preservação das evidências.

N 17.7.9.1 Responsabilidade. Embora o investigador deva se submeter à experiência do manipulador em relação ao uso do canino, as responsabilidades do manipulador e do investigador devem ser coordenadas e podem se sobrepor quando se trata de documentação, coleta e preservação de evidências. Uma vez que o investigador (ou investigador principal, se houver mais de um) será, em última análise, responsável por garantir que a apresentação da prova pericial no tribunal seja coordenada, caso o assunto se torne objeto de litígio criminal ou civil, um investigador deve abordar com o responsável pela sua divisão de responsabilidades com respeito à evidência. A divisão de responsabilidades deve ser documentada.

N 17.7.9.2 Coleta de Evidências. Se o manipulador for certificado ou qualificado como investigador de acordo com a NFPA 1033 e competente para lidar com evidências na cena do crime, o manipulador pode ser o melhor para coletar e documentar as evidências dos alertas do canino. Caso contrário, o investigador deve se envolver na coleta e gerenciamento da evidência física. Quem coleta a evidência deve seguir as instruções para coleta de evidência para líquido inflamável ou teste de acelerador estabelecidas em 17.5.4.

N 17.7.10 Segurança do Canino, Manipulador e Outros. Quando uma equipe de manipuladores caninos é usada, o manipulador é responsável pela segurança das pessoas dos perigos potencialmente representados pelo canino ou no caso de o canino se tornar agressivo. O condutor também é responsável pela sua própria segurança e a do seu parceiro canino.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

N 17.7.10.1 Segurança do Manipulador.O manipulador é responsável por consultar o investigador principal ou outra pessoa responsável pela segurança do trabalhador no local. Os manipuladores são responsáveis por seguir as disposições de segurança relevantes no Capítulo 13.

N 17.7.10.2 Segurança Canina.O condutor também é responsável por manter o canino razoavelmente seguro de perigos no local ou de pessoas ou outros caninos que possam se aproximar do canino. Exemplos de perigos para o canino são os riscos para a saúde, como colapso, queda, materiais tóxicos, calor residual e vapores. Antes de qualquer revista, o manipulador deve avaliar cuidadosamente o local quanto aos riscos de segurança e saúde para o canino e deve ser o árbitro final sobre se o canino pode fazer buscas à luz dos riscos de segurança conhecidos ou potenciais. O investigador deve estar ciente de que os manipuladores têm diretrizes de segurança de seus próprios programas de treinamento e certificação a serem seguidas a esse respeito.

17.8 Identificação de Evidência Física. Todas as evidências devem ser marcadas ou rotuladas para identificação no momento da coleta, conforme exigido pela ASTM E1188,*Prática Padrão para Coleta e Preservação de Informações e Itens Físicos por um Investigador Técnico*, e ASTM E1459,*Guia Padrão para Rotulagem de Evidência Física e Documentação Relacionada*.

17.8.1A identificação recomendada inclui o nome do investigador de incêndio que coleta a evidência física, a data e hora da coleta, um nome ou número de identificação, o número do caso e a designação do item, uma descrição da evidência física e onde a evidência física foi localizada. Isso pode ser feito diretamente no recipiente*(veja a Figura 17.8.1)* ou em uma etiqueta ou etiqueta pré-impressa que é então presa com segurança ao recipiente.

17.8.2O investigador de incêndio deve ter cuidado para que a identificação da evidência física não possa ser facilmente danificada, perdida, removida ou alterada. O investigador de incêndio também deve ter cuidado para que a colocação da identificação, especialmente etiquetas adesivas, não interfira no exame ou teste subsequente da evidência física no laboratório.

17.8.3 Lista de Evidências.O investigador deve preparar e manter a documentação completa e uma lista detalhada de todas as evidências físicas coletadas. Esta lista deve identificar a evidência por caso particular, evidência individual/número do item ou carta, local de coleta de evidências e uma breve descrição do item de evidência. A lista de evidências deve ser atualizada à medida que qualquer evidência adicional é descoberta e coletada, ou se a evidência for dividida em subitens durante o exame ou teste. Veja também ASTM E860,*Prática padrão para examinar e preparar itens que estão ou podem se envolver em litígios civis ou criminais*; ASTM E1188,*Prática padrão para coleta e preservação de informações e itens físicos por um investigador técnico*; ASTM E1459,*Guia Padrão para Rotulagem de Evidência Física e Documentação Relacionada*; e ASTM E1492,*Prática padrão para receber, documentar, armazenar e recuperar evidências em um laboratório de ciências forenses*.

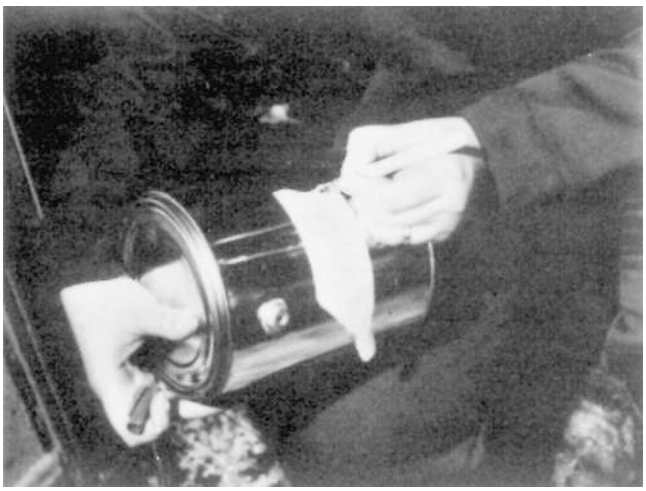


FIGURA 17.8.1 Marcação do Recipiente de Evidências.

17.9 Transporte e Armazenamento de Evidência Física.O transporte de evidências físicas para o laboratório ou instalação de teste pode ser feito por entrega em mãos ou por remessa.

17.9.1 Entrega em Mão. Sempre que possível, recomenda-se que a prova física seja entregue em mãos para exame e teste. A entrega em mãos minimiza o potencial de as provas físicas serem danificadas, extraviadas ou roubadas.

17.9.1.1 Durante essa entrega em mão, o investigador de incêndio deve tomar todas as precauções para preservar a integridade da evidência física. Recomenda-se que as provas físicas permaneçam na posse e controle imediatos do investigador de incêndio até a chegada e transferência da custódia no laboratório ou instalação de testes.

17.9.1.2O investigador de incêndio deve definir por escrito o escopo do exame ou teste desejado. Essa solicitação deve incluir o nome, endereço e número de telefone do investigador de incêndio; uma lista detalhada da evidência física que está sendo submetida para exame e teste; e quaisquer outras informações necessárias, dependendo da natureza e escopo do exame e testes solicitados. Essa solicitação também pode incluir os fatos e circunstâncias do incidente que fornecem a evidência física.

17.9.2 Remessa.

17.9.2.1 Geral.Às vezes, pode ser necessário enviar evidências físicas para um laboratório ou instalação de teste para exame e teste. Quando o transporte se torna necessário, o investigador de incêndio deve tomar todas as precauções para preservar a integridade dessa evidência física.

17.9.2.1.1O investigador de incêndio deve escolher um recipiente de tamanho suficiente para conter adequadamente todos os recipientes de provas individuais de uma única investigação. Evidências físicas de mais de uma investigação nunca devem ser colocadas na mesma remessa.

17.9.2.1.2O recipiente de provas individual deve ser embalado de forma segura dentro do recipiente de transporte. Uma carta de transmissão deve ser incluída. A carta de transmissão é uma solicitação por escrito para exames e testes laboratoriais. Deve incluir o nome, endereço e número de telefone do investigador de incêndio; uma lista detalhada da evidência física que está sendo submetida para exame e teste; a natureza e escopo do exame e testes desejados; e quaisquer outras informações necessárias, dependendo da natureza e escopo do exame e teste solicitados. Esta carta de transmissão também pode incluir os fatos e circunstâncias do incidente que fornecem a evidência física.

17.9.2.1.3O pacote lacrado deve ser enviado por correio registrado dos Estados Unidos ou qualquer serviço de correio comercial. O fogo

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

o investigador deve, no entanto, sempre solicitar recibos de devolução e vigilância de assinaturas.

17.9.2.2 Envio de Evidência Elétrica. Além dos procedimentos descritos em 17.9.2.1, o investigador deve estar ciente de que alguns equipamentos elétricos com componentes eletromecânicos sensíveis podem não ser adequados para embarque. Exemplos incluem certos disjuntores, relés ou termostatos. O investigador de incêndio deve consultar o pessoal do laboratório ou das instalações de teste para obter conselhos sobre como transportar a evidência.

17.9.2.3 Envio de Materiais Voláteis ou Perigosos. O investigador de incêndio é advertido sobre o envio de materiais voláteis ou perigosos. O investigador deve garantir que tais remessas sejam feitas de acordo com as leis federais, estaduais e locais aplicáveis. Ao lidar com evidências voláteis, é importante que as evidências sejam protegidas de temperaturas extremas. O congelamento ou aquecimento dos materiais voláteis pode afetar os resultados dos testes de laboratório. Geralmente, quanto mais baixa a temperatura na qual a evidência é armazenada, melhor a amostra volátil será preservada, mas não deve ser congelada.

17.9.3 Armazenamento de Evidências. A evidência física deve ser mantida nas melhores condições possíveis até que não seja mais necessária. Deve estar sempre protegido contra perda, contaminação e degradação. Calor, luz solar e umidade são as principais fontes de degradação da maioria dos tipos de evidência. Condições secas e escuras são as preferidas, e quanto mais frias, melhor. A abertura de sacos de provas selados contendo provas não destinadas a testes de aceleração permitirá que a umidade evapore, preservará melhor os itens metálicos e poderá evitar a moldagem de itens orgânicos, como roupas molhadas. A refrigeração de evidências voláteis é fortemente recomendada. Se uma amostra estiver sendo coletada para análise de detritos de incêndio, ela pode ser congelada, pois o congelamento impedirá a degradação microbiana e biológica. No entanto,

17.10 Cadeia de Custódia de Evidência Física.

17.10.1 O valor da evidência física depende inteiramente dos esforços do investigador de incêndio para manter a segurança e a integridade dessa evidência física desde o momento de sua descoberta inicial. e coleta para seu exame posterior Em todos os e testando. momentos após sua descoberta e coleta, o material evidência cal físico deve ser armazenado em um local seguro assinado e designado para esse fim. O acesso a esta loja deve ser localização geográfica limitado de forma a limitar ao máximo a cadeia de c usto para como poucas pessoas. Sempre que possível, a localização do rmazenamento irado des é aquela que está sob o controle exclusivo do investi- jacaré.

17.10.2 Quando é necessário passar cadeia de custo morrer de um pessoaln para outro, deve ser feito usando af ou a n qual o pessoa receptora assina para a evidência física. Fi gura 17.10.2 mostra um exemplo de tal formulário.

17.11 Exame e Teste de Evidência Física coletadas, as **ência.** Uma vez evidências físicas geralmente são examinadas em um d testado em um laboratório ou outra instalação de teste. Evidência física ex pode ser aminado e teste d para identificação entifique seu química posição; para com estabelecer suas propriedades físicas; determinar sua co nformidade ou falta de conformidade a certas normas legais ds; também estabelecer o seu operação, inoperação ou mau funcionamento; para de termi ne seu design suficiência ou deficiência, ou outras questões que demitirão o proporciona a investigador com a oportunidade de entender a origem de d e deter- um incêndio, a causa específica de um incêndio , a contribuição

Relatório de Evidências de Pesquisa na Cena do Crime

Nome do assunto _____

Ofensa _____

Data do incidente _____ Tempo _____ manhã tarde

Oficial de busca _____

Descrição da evidência _____

_____

Localização

_____

Cadeia de Posse

Recebido de _____

Por _____

Encontro Tempo manhã tarde

Recebido de

Por

Encontro _____ Tempo _____ manhã tarde

Recebido de _____

Por _____

Encontro _____ Tempo _____ manhã tarde

Recebido de _____

Por _____

Encontro _____ Tempo _____ manhã tarde

FIGURA 17.10.2 **Formulário de Cadeia de Custódia.**

fatores determinantes para a propagação de um incêndio, ou a responsabilidade por um incêndio. O investigador deve consultar o laboratório ou outra instalação de teste para determinar quais serviços específicos são fornecidos e quais limitações estão em vigor.

17.11.1 Coleta de Provas ou Vistorias que Envolvem Alteração sem Alteração do Valor Probatório dos Artefatos.

17.11.1.1 Frequentemente, a coleta e o exame eficientes de itens de evidência física exigem que certas alterações sejam feitas na evidência, sem as quais a evidência não poderia ser adequadamente preservada, examinada ou avaliada.

17.11.1.2 Essas inspeções geralmente incluem fotografia, raio-x e diagramação; medição física do tamanho, peso ou densidade dos artefatos (ou seja, medidas de profundidade de carbonização e profundidade de calcinação); e testes de propriedades como resistência elétrica e continuidade e ferromagnetismo (natureza de um metal).

17.11.1.3 Em muitas ocasiões, a coleta, inspeção ou exame eficaz de evidências exige primeiro que porções sem importância ou detritos aderidos a um item de evidência sejam removidos ou alterados para obter acesso às informações importantes de prova, que, por definição, não alteram o valor probatório da prova.

17.11.1.4 Os procedimentos comuns incluem a abertura ou remoção da tampa de um artefato, caixa externa ou porta; o corte ou limpeza de material carbonizado ou derretido ou detritos que estejam obstruindo o acesso a uma área ou informação de interesse; ou o corte de fios elétricos ou tubulações entre as conexões

Copyright Associação Nacional de Proteção contra Incêndios
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

para exames, coletas ou testes mais eficientes*[veja a Figura 17.11.1.4(a) até a Figura 17.11.1.4(c)]*. Tais procedimentos, embora possam de fato alterar partes da evidência física, normalmente não alteram efetivamente o valor probatório geral do item.

17.11.1.5 Por exemplo, Figura 17.11.1.4(b) e Figura 17.11.1.4(c) exibir uma porção de detritos do piso da cena do incêndio, que não poderiam ser radiografados sem a remoção da configuração original de evidência muito maior. Tal remoção exigiu que quatro condutores elétricos fossem cortados e suas respectivas extremidades marcadas.

17.11.1.6 Exames e Testes Laboratoriais. Uma ampla variedade de testes padronizados está disponível, dependendo da evidência física e da questão ou hipótese que está sendo examinada ou testada. Sempre que possível, tais testes devem ser realizados e executados por procedimentos padronizados por algum grupo reconhecido. Essa conformidade garante melhor que os resultados sejam válidos e comparáveis aos resultados de outros laboratórios ou instalações de teste.

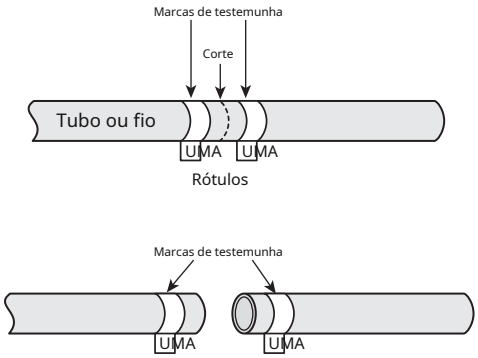


FIGURA 17.11.1.4(a) Um método intrusivo, Marcação não destrutiva e corte de fios, condutores elétricos ou tubos de forma que as relações das extremidades cortadas sejam registradas.

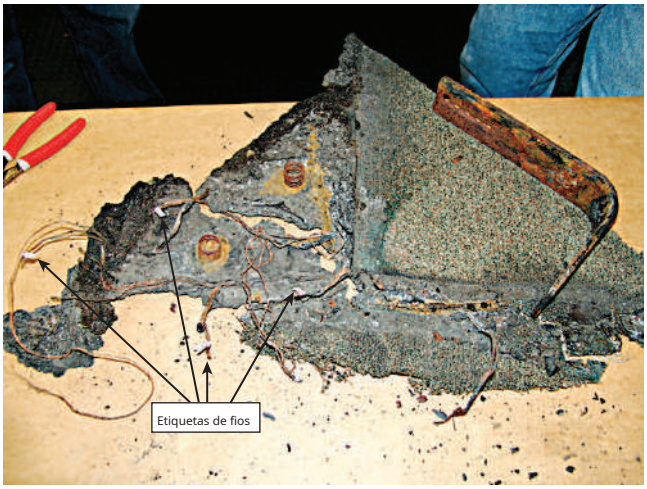


FIGURA 17.11.1.4(b) Amostra de carpete parcialmente derretida com fios embutidos cortados e marcados (observe as etiquetas dos fios) e outras evidências obscurecidas por carpete derretido e resolidificado
Material .

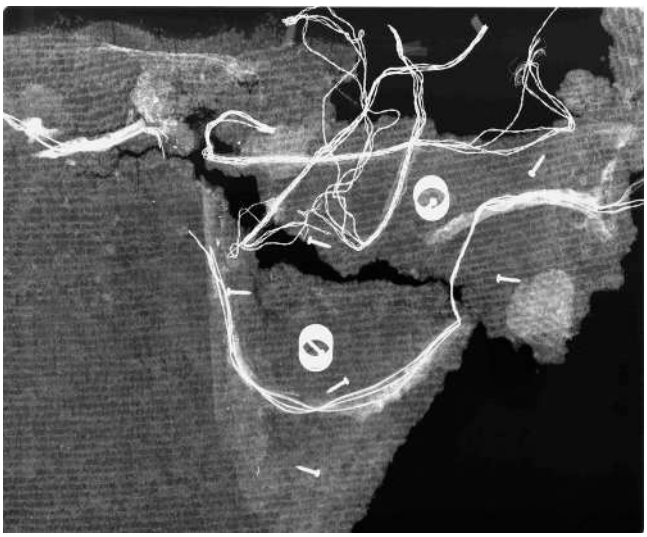


FIGURA 17.11.1.4(c) Imagem de Raio-X do Parcialmente Derretido Amostra de Tapete Mostrada na Figura 16.10.1.4(b), Exibindo Parafusos Escondidos e Condutores Elétricos.

17.11.1.6.1 Deve-se notar que os resultados de muitos exames e testes laboratoriais podem ser afetados por uma variedade de fatores. Esses fatores incluem as habilidades da pessoa que conduz ou interpreta o teste, as capacidades do aparelho de teste específico, a manutenção ou condição do aparelho de teste específico, a suficiência do protocolo de teste e a qualidade da amostra ou espécime sendo testado. Os investigadores de incêndio devem estar cientes desses fatores ao usar as interpretações dos resultados dos testes.

17.11.1.6.2 Se for determinado que o teste pode alterar a evidência, as partes interessadas devem ser notificadas antes do teste para permitir a oportunidade de se opor ou estar presente no teste. Orientações sobre notificação podem ser encontradas em ASTM E860,*Prática padrão para examinar e preparar itens que estão ou podem se envolver em litígios criminais ou civis*.

17.11.1.6.3 Embora os testes padrão sejam recomendados e preferidos, reconhece-se que nem todas as situações que precisam de teste se enquadram precisamente em uma categoria de teste padrão desenvolvida anteriormente. Nesses casos, o investigador de incêndio pode precisar desenvolver "testes especializados". Quando testes especializados são necessários, eles devem ser realizados dentro dos princípios científicos dos testes experimentais. Cada etapa do teste especializado deve ser documentada de forma que qualquer outro investigador competente possa reproduzir o experimento e obter os mesmos resultados dentro do erro experimental. O teste especializado para avaliar alguma incógnita deve alterar apenas uma variável de cada vez. Se mais de uma variável for alterada por vez, pode não ser possível determinar o efeito ou a causa. Amostras de controle devem ser incluídas para formar uma base de comparação. As etapas-chave do experimento devem ser fotografadas e/ou gravadas em vídeo. O desenho e os resultados de um teste especializado devem ajudar o investigador a chegar a uma conclusão científica e válida.

17.11.2 Métodos de Teste. Parágrafos 17.11.2.1 a 17.11.2.29 listar métodos analíticos e testes selecionados que são aplicáveis a determinadas investigações de incêndio. Ao utilizar laboratórios para realizar qualquer um desses testes, os investigadores devem estar cientes da qualidade dos resultados laboratoriais.

Direitos autorais nacionais Burro de Proteção Contra Incêndio ociação
Fornecido por IHS Ma rkit sob licença com NFPA

17.11.2.1 Cromatografia Gasosa-Espectrometria de Massa (GC-MS). A maioria dos líquidos inflamáveis são misturas contendo muitos compostos diferentes. Este método de teste separa as misturas de compostos em seus componentes individuais por ponto de ebulição e, em seguida, analisa ainda mais os componentes individuais que foram separados fornecendo dados sobre o tamanho dos fragmentos (ou seja, íons) que são produzidos no espectrômetro de massa. Os métodos de análise GC-MS são descritos em ASTM E1618, *Método de teste padrão para resíduos líquidos inflamáveis em extratos de detritos de fogo por cromatografia gasosa-espectrometria de massa*. Este método é útil para misturas gasosas ou líquidas que podem ser vaporizadas sem decomposição.

17.11.2.2 Espectrofotômetro Infravermelho (IR). Este método de teste pode identificar algumas espécies químicas por sua capacidade de absorver luz infravermelha em regiões específicas de comprimento de onda.

17.11.2.3 Absorção Atômica (AA). Este método de teste identifica os elementos individuais em substâncias não voláteis, como metais, cerâmicas ou solos.

17.11.2.4 X-Ray Fluorescência. Este teste analisa elementos metálicos avaliando a resposta de um elemento aos fótons de raios-x.

17.11.2.5 Ponto de fulgor por testador de etiqueta fechada (ASTM D56). Este método de teste, da ASTM D56, *Método de teste padrão para ponto de fulgor por testador de etiqueta fechada,* abrange a determinação do ponto de fulgor, por testador de etiqueta fechada, de líquidos com baixa viscosidade e um ponto de fulgor abaixo de 93°C (200°F). O asfalto e os líquidos que tendem a formar uma película superficial sob condições de teste e materiais que contêm sólidos em suspensão são testados usando o Pensky-Martens *(ver 17.11.2.7)* testador fechado.

17.11.2.6 Flash e Fire Points por Cleveland Open Cup (ASTM D92). Este método de teste, da ASTM D92, *Método de teste padrão para pontos de fulgor e fogo por Cleveland Open Cup Testador*, abrange a determinação dos pontos de fulgor e de fulgor de todos os produtos petrolíferos (exceto óleos) e dos produtos com um ponto de fulgor de vaso aberto inferior a 79°C (175°F).

17.11.2.7 Ponto de fulgor por Pensky-Martens Closed Tester (ASTM D93). Este método de teste, da ASTM D93, *Método de teste padrão para ponto de fulgor pelo testador de copo fechado Pensky-Martens,* abrange a determinação do ponto de fulgor pelo testador de copo fechado Pensky-Martens de óleos combustíveis, óleos lubrificantes, suspensões de sólidos, líquidos que tendem a formar uma película superficial sob condições de teste e outros líquidos.

17.11.2.8 Ponto de Fulgor e Ponto de Incêndio de Líquidos por Aparelho de Copo Aberto de Etiqueta (ASTM D1310). Este método de teste, da ASTM D1310, *Método de teste padrão para ponto de fulgor e ponto de fogo de líquidos por aparelho de copo aberto de etiqueta*, abrange a determinação por aparelho de copo aberto de etiqueta do ponto de fulgor e ponto de fulgor de líquidos com pontos de fulgor entre -18°C e 163°C (0°F e 325°F) e pontos de fogo até 163°C (325°C °F).

17.11.2.9 Ponto de fulgor por Setaflash Closed Tester (ASTM D3828). Este método de teste, da ASTM D3828, *Métodos de teste padrão para ponto de fulgor por testador fechado de pequena escala*, abrange os procedimentos para a determinação do ponto de fulgor por um testador fechado Setaflash. Os métodos Setaflash requerem amostras menores do que os outros testes de ponto de fulgor.

17.11.2.10 Temperatura de Autoignição de Produtos Químicos Líquidos (ASTM E659). Este método de teste, da ASTM E659, *Método de teste padrão para temperatura de autoignição de produtos químicos líquidos*, abrange a determinação da temperatura de autoignição de chama quente e fria turas de um produto químico líquido no ar à pressão atmosférica em um recipiente aquecido uniformemente.

17.11.2.11 Calor de Combustão de Combustíveis Hidrocarbonetos por Calorímetro de Bomba (Método de Precisão) (ASTM D4809). Este método de teste, da ASTM D4809, *Método de Teste Padrão para Calor de Combustão de Combustíveis de Hidrocarbonetos Líquidos por Calorímetro de Bomba (Método de Precisão)*, abrange a determinação do calor de combustão de combustíveis de hidrocarbonetos. Ele é projetado especificamente para uso com combustíveis de aviação quando a diferença permitida entre determinações duplicadas é da ordem de 0,1 por cento. Ele pode ser usado para uma ampla gama de materiais voláteis e não voláteis, onde diferenças ligeiramente maiores na precisão podem ser toleradas.

17.11.2.12 Inflamabilidade de Têxteis de Vestuário. Este método de teste, da ASTM D1230, *Método de teste padrão para inflamabilidade de têxteis de vestuário*, abrange a avaliação da inflamabilidade dos tecidos têxteis à medida que chegam ao consumidor para ou a partir de vestuário que não seja roupa de dormir ou vestuário de protecção para crianças. Este método de teste é o padrão de consenso equivalente ao método de teste regulatório dos EUA, 16 CFR 1610, Standard for the Flammability of Clothing Textiles, United States Consumer Product Safety Commission, 2008, exigido para todos os tecidos.

17.11.2.13 Resistência à ignição de cigarros de conjuntos de móveis estofados de mock-up. Este método de teste, da NFPA 261, destina-se a cobrir a avaliação da resistência de conjuntos de maquetes de móveis estofados à combustão após exposição a cigarros sem chama sob condições especificadas. Observe que os cigarros usados neste teste são baseados em um cigarro padrão desenvolvido pelo NIST e designado SRM 1196, e são semelhantes aos cigarros comerciais usados antes do advento dos cigarros de baixa ignição. Observe também que os cigarros comerciais vendidos nos EUA não são mais utilizados no método de teste e foram concebidos para serem cigarros de baixa ignição.

17.11.2.14 Resistência à ignição de cigarros de componentes de móveis estofados. Este método de teste, da NFPA 260, destina-se a avaliar a resistência à ignição de conjuntos de componentes de móveis estofados quando expostos a cigarros sem chama sob condições especificadas. Observe que os cigarros usados no método de teste são baseados em um cigarro padrão desenvolvido pelo NIST e designado SRM 1196, e são semelhantes aos cigarros comerciais usados antes do advento dos cigarros de baixa ignição. Observe também que os cigarros comerciais vendidos nos EUA e não mais usados no método de teste foram projetados para serem cigarros de baixa ignição.

17.11.2.15 Inflamabilidade de Materiais Têxteis Acabados para Revestimento de Pisos. Este método de teste, da ASTM D2859, *Método de teste padrão para inflamabilidade de materiais de revestimento de piso têxtil acabado*, abrange a determinação da inflamabilidade de materiais de revestimento de pavimentos têxteis acabados quando expostos a uma fonte de ignição em condições controladas de laboratório. É aplicável a todos os tipos de revestimentos têxteis, independentemente do método de fabricação ou se são feitos de fibras naturais ou artificiais. Embora este método de teste possa ser aplicado a material inacabado, tal teste não é considerado satisfatório para a avaliação de um material de revestimento de piso têxtil para uso final do consumidor. Tapetes e tapetes vendidos nos EUA são obrigados a cumprir este teste, também conhecido como 16 CFR 1630, que tem sido um teste regulatório de inflamabilidade desde a década de 1970.

17.11.2.16 Inflamabilidade de Produtos Aerossóis (ASTM D3065). Este método de teste, da ASTM D3065, *Métodos de teste padrão para*

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

*Inflamabilidade de produtos aerossóis,*abrange a determinação de riscos de inflamabilidade para produtos aerossóis.

17.11.2.17 Características de Queima Superficial de Materiais de Construção (ASTM E84). Este método de teste, da ASTM E84,*Método de teste padrão para características de queima de superfície de materiais de construção*, para o comportamento comparativo de queima de superfícies de materiais de construção, é aplicável a superfícies expostas, como tetos ou paredes, desde que o material ou conjunto de materiais, pela sua própria qualidade estrutural ou pela forma como é testado e para uso, é capaz de se sustentar na posição ou ser apoiado durante o período de teste. Este teste é realizado com o material na posição de teto. Este teste não é recomendado para uso com plástico celular.

17.11.2.18 Testes de Incêndio de Coberturas de Telhado (ASTM E108). Este método de teste, da ASTM E108,*Método de teste padrão para testes de fogo de coberturas de telhado*, abrange a medição das características relativas ao fogo de coberturas sob simulação de incêndio originado no exterior do edifício. É aplicável a coberturas de telhado destinadas à instalação em decks combustíveis ou não combustíveis, quando aplicadas conforme o uso pretendido.

17.11.2.19 Fluxo Radiante Crítico de Sistemas de Revestimento de Piso Usando uma Fonte de Energia Calor Radiante (ASTM E648). Este método de teste, da ASTM E648,*Método de teste padrão para fluxo radiante crítico de sistemas de revestimento de piso usando uma fonte de energia de calor radiante*, descreve um procedimento para medir o fluxo radiante crítico de sistemas de revestimento de piso montados horizontalmente expostos a uma fonte de ignição flamejante em ambiente de energia térmica radiante graduada em uma câmara de teste. O corpo de prova pode ser montado sobre uma base ou em um piso estrutural de concreto simulado, colado a um piso estrutural simulado ou montado de outra forma de maneira típica e representativa.

17.11.2.20 Experimentos de Incêndio em Sala. Este guia, ASTM E603, *Guia Padrão para Experimentos de Incêndio em Sala*, abrange experimentos de incêndio em compartimentos em escala real que são projetados para avaliar as características de incêndio de materiais, produtos ou sistemas sob condições reais de incêndio. Destina-se a servir como um guia para o desenho do experimento e para a interpretação de seus resultados. ASTM E603 pode ser usado como um guia para estabelecer condições de laboratório que simulam um determinado conjunto de condições de incêndio ao máximo. Um padrão complementar é ASTM E2067,*Prática padrão para testes de fogo de calorimetria de consumo de oxigênio em escala real*,que explica em detalhes formas de realizar testes de fogo em escala real em que a liberação de calor é avaliada pelo princípio da calorimetria do consumo de oxigênio.

17.11.2.21 Limites de Concentração de Inflamabilidade de Produtos Químicos (ASTM E681). Este método de teste, da ASTM E681,*Método de teste padrão para limites de concentração de inflamabilidade de produtos químicos (Vapores e Gases)*, abrange a determinação dos valores mais baixos e limites de concentração superiores de inflamabilidade de produtos químicos com pressão de vapor suficiente para formar misturas inflamáveis no ar à pressão de 1 atmosfera na temperatura de ensaio. Este método pode ser utilizado para determinar estes limites na presença de gases de diluição inertes. Nenhum oxidante mais forte que o ar deve ser usado.

17.11.2.22 Medição de Gases Presentes ou Gerados Durante Incêndios (ASTM E800).Métodos analíticos para a medição de monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxigênio, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, sulfeto de carbonila, haleto de hidrogênio, cianeto de hidrogênio, aldeídos e hidrocarbonetos são descritos em ASTM E800,*Guia Padrão para Medição de Gases Presentes ou Gerados Durante Incêndios*, juntamente com considerações de amostragem. Muitos desses gases podem estar presentes em qualquer ambiente de incêndio.

Diversas técnicas analíticas são descritas para cada espécie gasosa, juntamente com as vantagens e desvantagens de cada uma. O ambiente de teste, as restrições de amostragem, a faixa analítica e a precisão geralmente determinam o uso de um método analítico em detrimento de outro.

17.11.2.23 Taxas de liberação de calor e fumaça visível para materiais e produtos (ASTM E906). Este método de teste, da ASTM E906 /E906M , *Método de teste padrão para calor e visibilidade Taxas de liberação de fumaça para materiais e produtos*, pode ser usado para determinar as taxas de liberação de calor e fumaça visível de materiais e produtos quando expostos a diferentes níveis de calor radiante usando o aparelho de teste, configurações de amostra e procedimentos descritos neste método de teste.

17.11.2.24 Pressão e Taxa de Aumento de Pressão para Poeiras Combustíveis (ASTM E1226). Este método de teste, da ASTM E1226, *Padrão Método de teste para Explosibilidade de Nuvens de Poeira* , pode ser usado para medir os limites de composição de explosibilidade, facilidade de ignição e pressões de explosão de poeiras e gases.

17.11.2.25 Taxas de liberação de calor e fumaça visível para materiais e produtos usando um calorímetro de consumo de oxigênio. Este método de teste, da ASTM E1354,*Método de teste padrão para taxas de liberação de calor e fumaça visível para materiais e produtos usando um calorímetro de consumo de oxigênio*, é um instrumento de laboratório em escala de bancada para medir a taxa de liberação de calor, igni- tibilidade radiante, produção de fumaça, taxa de perda de massa e produtos de combustão (incluindo gases como monóxido de carbono e dióxido de carbono) de materiais em combustão.

N **17.11.2.26 Determinação de níveis baixos de taxa de liberação de calor para materiais e produtos usando um calorímetro de consumo de oxigênio (ASTM E2965).**ASTM E2965,*Método de teste padrão para determinação de baixos níveis de taxa de liberação de calor para materiais e produtos usando um calorímetro de consumo de oxigênio,*foi desenvolvido para avaliar baixos níveis de liberação de calor e pode ser usado quando se considera um material como material combustível limitado.

17.11.2.27 Propriedades de ignição de plásticos (ASTM D1929). Este método de teste, da ASTM D1929,*Método de teste padrão para determinar a temperatura de ignição de plásticos*, abrange uma determinação laboratorial das temperaturas de auto-ignição e de ignição instantânea de plásticos usando um forno de ignição por ar quente.

17.11.2.28 Tensão Dielétrica Suportada (Mil-Std– 202G Método 301). Este método de teste, de Mil-Std– 202G, *Método de teste para Eletrônica e Elétrica Partes componentes* , também chamado de alta teste de potencial, sobrepotencial, ruptura de tensão ou resistência dielétrica, consiste na aplicação de uma tensão superior à tensão nominal por um tempo específico entre partes isoladas entre si de um componente ou entre partes isoladas e terra.

17.11.2.29 Resistência de Isolamento (Mil-Std– 202G Método 302). Este teste, de Mil-Std–, 202G *Método de teste para eletrônicos e Partes componentes* , mede a resistência oferecida pelo elementos isolantes de uma peça componente a uma tensão direta impressa que tende a produzir uma corrente de fuga através ou na superfície desses membros.

17.11.3 Suficiência das Amostras. Os investigadores de incêndio devem estar familiarizados com as capacidades e limitações do equipamento do laboratório científico. Não entender essas limitações pode fazer com que o investigador de incêndio colete uma quantidade de evidência física muito pequena para examinar ou testar.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

17.11.3.1 Certamente, o investigador de incêndio nem sempre terá a oportunidade de determinar a quantidade de evidências físicas que ele pode coletar. Muitas vezes, o investigador de incêndio pode coletar apenas a quantidade que é descoberta durante sua investigação.

17.11.3.2 Cada exame ou teste laboratorial requer uma certa quantidade mínima de evidência física para facilitar resultados adequados e precisos. O investigador de incêndio deve estar familiarizado com esses requisitos mínimos. O laboratório que examina ou testa a evidência física deve ser consultado sobre essas quantidades mínimas.

17.11.4 Exame e Teste Comparativo.

17.11.4.1 Durante o curso de certas investigações de incêndio, o investigador de incêndio pode desejar que aparelhos, equipamentos elétricos ou outros produtos sejam examinados para determinar sua conformidade com padrões reconhecidos. Esses padrões são publicados pela American Society for Testing and Materials, Underwriters Laboratories Inc. e outras agências.

17.11.4.2 Outro método de exame e teste comparativo envolve o uso de um aparelho ou produto exemplar. A utilização de um exemplar permite o teste de um exemplar não danificado de um aparelho ou produto específico para determinar se ele foi capaz de causar o incêndio. A amostra deve ser da mesma marca e modelo do produto envolvido no incêndio.

17.12 Disposição de Provas.

17.12.1O investigador de incêndio é muitas vezes confrontado com a eliminação de provas após a conclusão de uma investigação. O investigador não deve destruir ou descartar evidências, a menos que seja recebida a devida autorização. As circunstâncias podem exigir que as provas sejam retidas por muitos anos e, finalmente, podem ser devolvidas ao proprietário.

17.12.2 Casos criminais, como incêndio criminoso, exigem que as provas sejam mantidas até que o caso seja julgado. Durante o julgamento, as provas apresentadas — como relatórios, fotografias, diagramas e elementos de provas físicas — farão parte dos autos do tribunal e serão mantidas pelos tribunais. Itens físicos voláteis ou grandes podem ser devolvidos ao investigador pelo tribunal. Pode haver outras evidências ainda na posse do investigador que não foram usadas no estudo. Uma vez esgotados todos os recursos, o investigador pode solicitar ao tribunal que destrua ou distribua todas as provas em conformidade. Deve ser mantido um registro escrito da autorização para descartar as evidências. O investigador criminal deve estar atento a possíveis casos civis resultantes desse incidente, que podem exigir a retenção das provas além do processo criminal.

Capítulo 18 Determinação de Origem

Δ 18.1 Introdução. Este capítulo recomenda uma metodologia a seguir para determinar a origem de um incêndio. O origem de um incêndio é uma das hipóteses mais importantes que um investigador desenvolve e testa durante a investigação. Geralmente, se a origem não pode ser determinada, a causa não pode ser determinada e, geralmente, se a origem correta não for identificada, a determinação da causa subsequente também será incorreta. O objetivo de determinar a origem do incêndio é identificar em três dimensões os locais em que o incêndio começou.

18.1.1 Este capítulo trata principalmente da determinação da origem envolvendo estruturas; entretanto, a metodologia geralmente se aplica a todas as determinações de origem. Capítulos separados abordam os requisitos específicos para determinar a origem em incidentes de incêndio não estruturais (veículos motorizados, barcos, incêndios florestais, etc.).

Δ 18.1.2A determinação da origem do incêndio envolve a coordenação de informações derivadas de um ou mais dos seguintes:

(1)*Informações de testemunhas e/ou dados eletrônicos.*A análise de observações relatadas por pessoas que presenciaram o incêndio ou estavam cientes das condições presentes no momento do incêndio, bem como a análise de dados eletrônicos incluindo mas não limitado a filmagens de câmeras de segurança, ativação do sistema de alarme ção, ou outros dados registrados na hora do incêndio *(ver Capítulo 14)*

(2)*Padrões de Fogo.*A análise dos efeitos e padrões deixados pelo fogo , que pode incluir padrões envolvendo condutores *(ver Capítulo 6)*

(3)*Dinâmica do Fogo.*A análise da dinâmica do fogo [isto é, a física e a química da iniciação e crescimento do fogo*(veja o Capítulo 5)*e a interação entre o fogo e os sistemas do edifício*(veja o Capítulo 7)*]

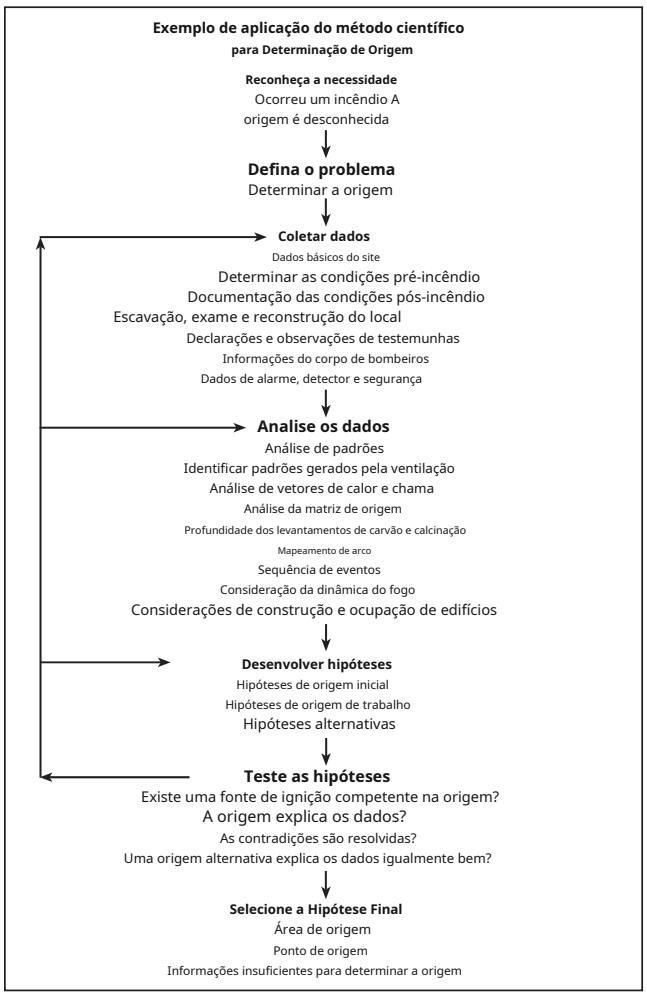
Δ 18.2 Metodologia Geral.A metodologia geral para determinar a origem do incêndio é o método científico descrito no Capítulo 4. Esta metodologia inclui reconhecer e definir o problema a ser resolvido, coletar dados, analisar os dados, desenvolver hipóteses e, mais importante, testar a hipótese ou hipóteses. Para utilizar o método científico, o investigador deve desenvolver pelo menos uma hipótese com base nos dados disponíveis no momento. Essas hipóteses devem ser consideradas “hipóteses de trabalho”, que, após o teste, podem ser descartadas, revisadas ou expandidas em detalhes à medida que novos dados são coletados durante a investigação e novas análises são aplicadas. Este processo é repetido à medida que novas informações se tornam disponíveis.*(Consulte a Figura 18.2.)*

18.2.1 Testar qualquer hipótese de origem requer uma compreensão dos eventos de incêndio associados, bem como o crescimento do incêndio e como o incêndio se espalhou pela estrutura. Um foco estreito em identificar apenas o primeiro item inflamado e uma fonte de ignição competente não leva em consideração dados importantes que podem ser usados para testar qualquer hipótese de origem. Em um foco tão estreito, o crescimento e a propagação do fogo e os danos resultantes do fogo não são bem considerados.

18.2.1.1O objetivo da análise de propagação do fogo é determinar se os danos físicos resultantes e os dados disponíveis são consistentes com a hipótese da área de origem. Por exemplo, um incêndio começando em uma lixeira é uma hipótese de trabalho plausível, mas os danos resultantes do fogo seriam altamente dependentes da posição do combustível e de quaisquer combustíveis inflamados subsequentemente. Se a lixeira estiver localizada em uma área sem combustível adjacente, os resultados podem ser significativamente diferentes do que se a lixeira estivesse localizada ao lado de um sofá de poliuretano. Ambas as hipóteses postulam o mesmo primeiro item inflamado, mas o resultado é muito diferente. Assim, se a hipótese de origem não for consistente com o crescimento e propagação resultantes do fogo, não é uma hipótese válida.

18.2.1.2 Em alguns casos, um único item, como um artigo irrefutável de evidência física ou uma testemunha

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



ΔFIGURA 18.2 Um Exemplo de Aplicação do S método científico à Determinação de Origem.

ignição, ou uma gravação de vídeo, pode ser a base de é para um item origem. Na maioria dos casos, no entanto, nenhum determinado é suficiente cient em si. O investigador deve utilizar ver todos disponíveis recursos para desenvolver a origem e difundi poteses e para para determinar quais hipóteses se encaixam disponível. em todas as evidências. para encaixar algum item concilie os dois evidência é erro

18.2.1.3 Em alguns casos, será impossível a origem fixar o ponto de de um incêndio. Onde um único ponto não pode ser identificado, ele ainda pode ser valioso para muitos propósitos de ntifique a(s) área(s) origem. Nesses casos, os investigadores fornecem poderia ser explicações plausíveis para a área de evidência de origem com o apoio para cada opção. A origem não identificada tificar um ponto não exclui necessariamente a causa determinada. de origem e mago Em algumas situações, a extensão da pode reduzir a capacidade de identificar especificamente o ponto origem, sem de remover a capacidade de apresentar hipóteses origem e causa credíveis.

18.2.2 Sequência de Atividades. Os vários ac atividades necessárias para determinar a origem usando o scientifi c método (dados coleta, análise, desenvolvimento de hipóteses e teste de hipóteses) ocorrem continuamente. Da mesma forma, a gravação da cena, anotações, fotografia, identificação de evidências, entrevistas com testemunhas, investigação de causas, análise de falhas e outras atividades de coleta de dados podem ser realizadas simultaneamente a esses esforços. Geralmente, as várias atividades de determinação de origem seguirão uma sequência de rotina, enquanto as ações específicas dentro de cada atividade podem ocorrer ao mesmo tempo.

18.2.3 Análise de Padrão Sequencial.A área de origem pode ser determinada examinando os efeitos do fogo e os padrões do fogo. As superfícies da cena do incêndio registram todos os padrões de incêndio gerados durante a vida útil do evento, desde a ignição até a supressão, embora esses padrões possam ser alterados, obscurecido , ou obliterados após serem produzidos , pela subsequente crescimento e propagação do fogo . A chave para determinar a origem de um incêndio é determinar a sequência em que esses padrões foram produzidos. Os investigadores devem se esforçar para identificar e coletar dados sequenciais e, uma vez coletados, organizar as informações em um formato sequencial. Um fator importante na determinação da sequência da produção do padrão é considerar se o padrão pode ser explicado em termos de ventilação.

18.2.4 Procedimento Sistemático. Os investigadores devem estabelecer um procedimento sistemático a ser seguido para cada tipo de incidente. Seguindo um procedimento familiar, o investigador pode se concentrar no incidente em questão e não precisa se deter nos detalhes de qual será o próximo passo do procedimento. Ao fazer isso, o investigador pode evitar ignorar evidências significativas e evitar conclusões prematuras sobre a origem.

18.2.5 Metodologia Recomendada. Este capítulo discute uma metodologia recomendada para o exame da cena do incêndio. Esta metodologia consiste em uma avaliação inicial da cena, desenvolvimento de uma hipótese preliminar de propagação do fogo, um exame aprofundado da cena do fogo e reconstrução da cena do fogo, desenvolvimento de uma hipótese final de propagação do fogo e identificação da origem do incêndio. A identificação de origem pode ocorrer mais cedo no processo, dependendo dos tipos e horário de chegada dos diversos dados. Esta metodologia recomendada serve para informar o investigador, mas não pretende limitar a determinação da origem apenas a este procedimento. Os investigadores, dentro do escopo de suas investigações, devem considerar todos os aspectos do evento de incêndio durante a investigação. Declarações de testemunhas, a experiência do investigador,

18.3 Coleta de Dados para Determinação de Origem. Esta seção descreve o processo de coleta de dados para determinação de origem, incluindo avaliação inicial da cena, escavação e reconstrução e coleta de dados adicionais de testemunhas e outras fontes.

18.3.1 Avaliação da Cena Inicial. Deve ser feita uma avaliação inicial do local do incêndio. À medida que o investigador inicia a avaliação inicial da cena, inicia-se a coleta de dados para a determinação da origem. Deve-se tomar cuidado durante cada uma das etapas da avaliação inicial da cena para proteger o investigador dos perigos da cena e preservar a cena. O objetivo deste exame inicial é determinar o escopo da investigação, como equipamentos e mão de obra necessários, para determinar a segurança do local do incêndio e determinar as áreas que merecem um estudo mais aprofundado.

18.3.1.1 Avaliação de Segurança.O investigador deve primeiro fazer uma avaliação inicial de segurança. O investigador deve

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

determinar se é seguro entrar na cena. Se não for seguro entrar, o investigador deve determinar quais medidas são necessárias para garantir a segurança pessoal ou tornar a cena segura para entrar. Cada um dos perigos descritos no Capítulo 13 deve ser avaliado. Não há razão para o investigador comprometer a segurança.

18.3.1.2 Escopo do Exame. Depois que as questões de segurança forem abordadas, o investigador poderá iniciar a avaliação inicial da cena. O objetivo desta avaliação inicial é determinar a complexidade e extensão da investigação, identificar os equipamentos e pessoal necessários e determinar as áreas que merecem uma análise mais aprofundada.

18.3.1.3 Ordem do Exame. Esta avaliação pode ocorrer concomitantemente com a documentação inicial da cena. A avaliação deve incluir uma visão geral de toda a cena ou estrutura, tanto externa quanto interna, e todas as áreas pertinentes. A ordem em que a avaliação ocorre pode variar, dependendo das condições da cena. Alguns investigadores preferem começar com a área menos danificada e avançar para a área mais danificada. Alguns investigadores preferem começar no ponto mais alto de uma cena e trabalhar para baixo. Qualquer que seja a ordem selecionada para uma cena em particular, o ponto é avaliar todas as áreas que são pertinentes à origem e propagação do incêndio.

18.3.1.4 Arredores. Os investigadores devem incluir em seu exame o local ou áreas ao redor da cena. Essas áreas podem apresentar evidências significativas ou padrões de incêndio, longe do corpo principal da cena, que podem permitir ao investigador definir melhor o local e a investigação. Qualquer coisa de interesse deve ser documentada quanto à sua localização em referência à cena. Esta fase do exame pode ser usada para angariar no bairro testemunhas do incêndio e pessoas que possam fornecer informações sobre o incidente.

18.3.1.5 Exterior da Estrutura. Uma inspeção de todo o perímetro da estrutura pode revelar a extensão e localização dos danos e pode ajudar a determinar o tamanho e a complexidade da cena. O método geral de construção e a classificação de ocupação devem ser observados. A construção refere-se à forma como o edifício foi construído, tipos de materiais utilizados, superfícies exteriores, remodelações anteriores e quaisquer características invulgares que possam ter afetado a forma como o incêndio começou e alastrou. Uma consideração importante é o grau de destruição que pode ocorrer em uma estrutura que consiste em tipos e métodos de construção mistos.

18.3.1.5.1A classificação de ocupação refere-se ao uso atual do edifício. O uso é definido como as atividades realizadas e a maneira pela qual essas atividades são realizadas. O número e as circunstâncias dos indivíduos que ocupam o espaço também podem ser relevantes. Se a classificação de ocupação ou uso da estrutura mudou, isso deve ser considerado e anotado. As mudanças no uso e na classificação de ocupação às vezes exigem modificações nos recursos estruturais, arquitetônicos ou de proteção contra incêndio de acordo com os códigos aplicáveis. Tais modificações podem ou não ter sido realizadas.

18.3.1.5.2 Os danos causados pelo fogo e evidências de fumaça, calor e saída de chamas significativas no exterior devem ser documentados e considerados para ajudar a determinar as áreas que merecem um estudo mais aprofundado. Um exame aprofundado dos efeitos e padrões do fogo não é necessário neste momento da investigação.

18.3.1.6 Estrutura Interior. Na avaliação inicial, os investigadores devem examinar todas as salas e outras áreas que possam ser relevantes para a investigação, incluindo as áreas danificadas pelo fogo ou adjacentes às áreas danificadas pelo fogo e pela fumaça. O objetivo principal desta avaliação é identificar as áreas que precisam de um exame mais detalhado. O investigador deve estar atento às condições de ocupação, incluindo métodos de armazenamento, natureza do conteúdo, arrumação e manutenção. O tipo de construção, acabamento(s) interior(es) e mobiliário devem ser anotados. As áreas de dano e a extensão do dano em cada área (por exemplo, grave, pequeno ou nenhum) devem ser anotadas. O investigador deve tentar identificar quais compartimentos foram totalmente envolvidos (ou seja, com ventilação controlada) e quais não. Este dano deve ser comparado com o dano visto no exterior. Durante este exame, o investigador deve reavaliar a solidez da estrutura.

18.3.1.7 Alterações Pós-Fogo. Durante esta avaliação, o investigador deve documentar qualquer indicação de alterações pós-fogo. Tais alterações podem afetar a interpretação da evidência física pelo investigador. As alterações podem incluir remoção ou movimentação de detritos, remoção ou movimentação de conteúdo, alterações no painel de serviço elétrico, alterações nas posições das válvulas em sistemas de sprinklers automáticos e alterações nos sistemas de gás combustível. Se forem indicadas alterações, deve-se tentar entrar em contato com a(s) pessoa(s) que alterou a cena. Devem ser entrevistados sobre a extensão das alterações e a documentação que possam ter do site inalterado.

18.3.1.8 Na conclusão da avaliação preliminar do local, o investigador deve ter determinado a segurança do local do incêndio, os prováveis requisitos de pessoal e equipamentos e as áreas ao redor e na estrutura que exigirão um exame detalhado. A avaliação preliminar da cena é um aspecto importante da investigação. O investigador deve levar tanto tempo nesta avaliação quanto for necessário para fazer essas determinações. O tempo gasto nessa empreitada pode economizar tempo e esforço significativos em fases posteriores da investigação.

18.3.2 Escavação e Reconstrução.A escavação do local do incêndio (exame, estratificação e remoção de detritos) e a reconstrução permitem ao investigador observar padrões nas superfícies expostas e localizar evidências que podem ajudar a fazer uma análise precisa da origem. O objetivo da reconstrução da cena do incêndio é recriar o mais próximo possível as posições pré-incêndio dos conteúdos e componentes estruturais. Entrevistas, diagramas, fotografias e outros meios podem ser úteis para estabelecer as condições pré-incêndio.

18.3.2.1 Escopo da Escavação e Reconstrução. Uma vez que a avaliação preliminar do local identificou as áreas que requerem um exame mais aprofundado, a tarefa de reconstrução do local do incêndio pode não exigir a remoção de detritos e a substituição do conteúdo em toda a estrutura. A avaliação preliminar da cena não deve ser feita às pressas *(ver 18.3.1.8)*. A análise cuidadosa da cena do incêndio pode ajudar a reduzir a um nível prático a árdua tarefa de remoção de detritos. Se a área a ser reconstruída não puder ser reduzida, o investigador deve aceitar a necessidade de remover os detritos de toda a área de interesse.*(Consulte a Figura 18.3.2.1.)*

18.3.2.2 Segurança.São necessárias práticas de trabalho seguras ao longo deste esforço. A escavação e remoção de detritos podem enfraquecer uma estrutura e causar o seu colapso. A remoção de detritos também pode expor substâncias perigosas, descobrir buracos no piso e expor a fiação elétrica energizada. Todos os riscos significativos que podem ser encontrados durante uma investigação devem ser minimizados antes que a investigação continue. Consulte o Capítulo 13 para uma discussão detalhada sobre segurança.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 18.3.2.1 Paredes e Teto Reconstruídos no Piso Observar Padrões.

18.3.2.3 Escavação. A remoção adequada de detritos é essencial para uma investigação completa de incêndio. A remoção inadequada de detritos e a exposição resultante de partes limitadas dos padrões de incêndio e outras evidências podem levar a uma análise incorreta. Uma investigação de cena de incêndio normalmente envolve trabalho sujo e extenuante. A aceitação deste fato é essencial na condução de uma investigação de incêndio adequada.

18.3.2.3.1A remoção de detritos durante a fase de revisão das operações de supressão de incêndio é uma área de preocupação para o investigador de incêndio. Os bombeiros podem perturbar o local, dificultando a determinação da origem. Somente as operações de revisão e supressão necessárias para garantir a extinção completa devem ser realizadas. Quando essas operações exigem alterações substanciais da cena, deve-se tentar documentar a cena do incêndio com fotografia e anotações antes das alterações, se possível.

18.3.2.3.2 Os investigadores devem considerar onde os detritos serão colocados durante a remoção. Em alguns casos, pode ser desejável mover os detritos para um local seguro. Os detritos só devem ser movidos para uma área que já tenha sido examinada ou que não tenha necessidade futura de exame ou documentação. Mover detritos duas vezes é contraproducente. A remoção de detritos deve ser realizada de forma planejada e sistemática. Isso significa que os detritos devem ser removidos em camadas, com documentação adequada à medida que o processo continua. Se mais de um investigador estiver fazendo a remoção, eles devem discutir o propósito da remoção de detritos antes de começar. Uma discussão pode impedir um investigador de descartar algo que o outro investigador considera importante. Cada camada deve ser examinada quanto a artefatos significativos à medida que os detritos são removidos.

18.3.2.3.3 Durante a escavação de uma cena existe o perigo de destruição de provas. Embora seja desejável trabalhar com eficiência, o uso de equipamentos pesados para remoção de detritos só deve ser realizado se não for prático o uso de ferramentas manuais para realizar a tarefa. O uso inapropriado de equipamento de escavação mecanizada pode destruir mais evidências do que revela.

18.3.2.4 Equipamento Pesado. Uma investigação pode exigir o uso de equipamentos pesados, como guindastes, retroescavadeiras ou carregadeiras frontais. A condição do local do incêndio pode exigir a remoção de componentes ou conteúdos do edifício, porque constituem um risco à segurança, estão bloqueando o acesso ou precisam ser removido durante o exame sistemático da cena. Antes de usar equipamentos pesados, a cena deve ser documentada da mesma maneira que em todas as investigações. A documentação também deve ser realizada em intervalos frequentes quando equipamentos pesados estão sendo usados.

18.3.2.4.1 Trabalhar com equipamentos pesados pode ser perigoso e barulhento. Um investigador deve ser nomeado para se comunicar com o operador de equipamento pesado. Uma sessão de briefing incluindo as metas para esta seção deve ser realizada com a tripulação/operador à medida que a investigação avança em novas áreas físicas. A velocidade com que as investigações de incêndio ocorrem é substancialmente mais lenta do que a velocidade normal na qual o equipamento pesado opera. Um conjunto de sinais de mão comumente entendido deve ser confirmado antes de começar a usar equipamentos pesados, para que a tripulação/operador saiba de onde vem a direção e sobre o significado dos sinais de mão indicando ações específicas. Para reduzir o risco de lesões pessoais, a operação de equipamentos pesados deve ser interrompida sempre que uma pessoa entrar na área de risco onde a máquina estiver operando.

18.3.2.4.2 Antes do uso de equipamentos pesados, as áreas onde há suspeita de presença de resíduos líquidos inflamáveis devem ser identificadas, se possível. Quando possível, as amostras devem ser coletadas antes do uso de equipamentos nessas áreas. Antes do uso, o equipamento pesado deve ser inspecionado e quaisquer vazamentos de produtos petrolíferos devem ser observados. O abastecimento do equipamento deve ocorrer em área designada, afastada das áreas de interesse, que não contamine o local ou itens que entrarem no local. Se a contaminação for motivo de preocupação, amostras dos fluidos do equipamento devem ser coletadas para fins de comparação.

18.3.2.4.3É preferível utilizar o equipamento pesado de uma maneira que tenha o menor impacto na cena. A menor destruição geralmente é conseguida posicionando o equipamento fora do prédio e usando o equipamento para levantar ou mover itens de dentro para fora do prédio. Ao levantar uma prova em potencial, a manipulação pode ser usada para minimizar os danos ao item removido. Se componentes grandes, como paredes, precisam ser demolidos, é preferível fazê-lo de uma maneira que não altere ou adicione detritos à área subjacente a ser examinada. Preocupações de segurança e restrições do local podem impedir essa prática. O escoramento deve ser considerado como alternativa à demolição quando possível e apropriado.

18.3.2.4.4 Os itens que são removidos do edifício podem ser examinados e documentados e podem permanecer no local do incêndio, se necessário, para investigações adicionais. A remoção de detritos fora do local pode limitar investigações adicionais, mas às vezes é necessária. A remoção fora do local deve ser bem documentada.

18.3.2.4.5 Algumas investigações exigirão o uso de equipamentos pesados dentro da cena. Nesses casos, o equipamento deve ser usado de maneira que seja o menos perturbador da cena. Um método envolve o uso do equipamento para progredir sistematicamente em um edifício. O equipamento é inicialmente posicionado fora do edifício e utilizado para auxiliar no exame de uma parte do interior do edifício. Uma vez que a área é examinada, documentada e os detritos removidos, o equipamento pesado é trazido para aquele local limpo. A partir dessa nova posição, o equipamento é utilizado para auxiliar no exame de áreas adjacentes. Esta progressão é repetida quantas vezes forem necessárias. Em todos os momentos, o equipamento está localizado apenas em áreas que foram previamente examinadas e documentadas. Em todos os momentos, o operador do equipamento deve estar sob a direção de um investigador de incêndio.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

carga deve ser observada para evidência relevante. O planejamento prévio da progressão do exame pode ajudar a limitar a alteração desnecessária da cena.

18.3.2.5 Evitando Espoliação. Durante a escavação, deve-se tomar cuidado para evitar danificar fontes de ignição, combustíveis ou outras evidências potencialmente importantes no local. Se a área de interesse do investigador contiver evidências importantes, deve-se considerar a suspensão da investigação e notificar as partes potencialmente interessadas, para dar-lhes a oportunidade de ver as evidências em vigor. Para obter mais orientações sobre como evitar a espoliação, consulte o Capítulo 12.

18.3.2.6 Evitando Contaminação. Para evitar a contaminação da cena, deve-se tomar muito cuidado com o uso de equipamentos portáteis movidos a combustível líquido, como serras a gasolina. O reabastecimento de tais equipamentos deve ser feito longe da estrutura.

18.3.2.7 Lavagem de Pisos. Após a remoção adequada de detritos, as amostras necessárias terem sido coletadas para exame ou teste e a documentação adequada da cena estiver concluída, pode ser útil lavar o piso ou a superfície com água. Essa descarga pode ajudar a revelar melhor os padrões de incêndio. O uso de alta pressão e fluxos diretos deve ser usado com cautela, pois tais atividades podem prejudicar evidências significativas.*[Consulte a Figura 18.3.2.7(a) e a Figura 18.3.2.7(b).]*

18.3.2.8 Conteúdo. Qualquer conteúdo, ou seus restos, descoberto durante a remoção de detritos deve ser documentado quanto à sua localização, condição e orientação. Uma vez que os detritos foram removidos, o conteúdo pode ser colocado em suas posições pré-incêndio para análise.

18.3.2.8.1 Quando o conteúdo foi deslocado durante a supressão de incêndio ou revisão, a reconstrução pós-incêndio torna-se muito mais difícil. A posição onde o item foi localizado pode apresentar uma área protegida ou outro indicador do item, como pernas de mesa deixando pequenos pontos claros no chão. O problema é saber qual perna vai para qual ponto. Se uma determinação definitiva não for possível por análise de cena ou identificação de testemunhas, todas as orientações potenciais devem ser consideradas. Caso contrário, a orientação não deve ser incluída na reconstrução da cena do incêndio. Um palpite sobre como os conteúdos foram orientados pode estar errado, contribuindo com dados falsos para o processo de análise. Uma alternativa é documentar o conteúdo em todos os



FIGURA 18.3.2.7(a) Lavar o chão pode ajudar Identificando padrões : Ver um .



FIGURA 18.3.2.7(b) Lavar o chão pode ajudar Identificando padrões : Ver Dois .

posições capazes na esperança de que informações posteriores irão identificar a localização exata.

18.3.2.8.2 Para além da substituição de conteúdos, a reconstrução pode incluir também a substituição de elementos estruturais (por exemplo, portas, vigas, montantes, secções de paredes e pavimentos) que possam ter registado padrões de incêndio.

18.3.3 Atividades Adicionais de Coleta de Dados para Determinação de Origem. Os parágrafos seguintes descrevem atividades adicionais ao exame e reconstrução da cena, que levarão ao desenvolvimento de dados úteis na determinação da origem.

18.3.3.1 Condições Pré-Incêndio. As condições pré-incêndio da estrutura devem ser determinadas na medida do possível. Detalhes como o estado de conservação, condição das fundações e chaminés, danos causados por insetos, a presença e condição dos sistemas de proteção contra incêndio e assim por diante podem revelar-se dados significativos. A obtenção de fotografias ou vídeos pré-incêndio pode ser benéfica, mas esteja ciente de que podem ter ocorrido mudanças entre o momento em que a fotografia foi tirada e o momento do incêndio. Proprietários, funcionários ou ocupantes podem fornecer informações e diagramas das condições pré-incêndio. Verificar com os vizinhos também pode fornecer fotografias mostrando a estrutura. Algumas jurisdições agora oferecem fotografias pré-incêndio da estrutura em sites de registros fiscais. Existem empresas especializadas em fotografia aérea, principalmente de estruturas comerciais, que podem oferecer vistas pré-incêndio. Imagens de satélite também estão disponíveis para muitas áreas e podem oferecer documentação pré-incêndio tanto do local quanto da área circundante. Informações adicionais podem estar disponíveis no corpo de bombeiros, que podem incluir fotografias, diagramas de estrutura, riscos especiais e sistemas de proteção contra incêndio. Outras agências governamentais também podem ter informações e registros pré-incêndio.

18.3.3.2 Descrição dos Combustíveis.O investigador deve identificar os combustíveis presentes no edifício ou área de interesse e as características desses combustíveis. Ao considerar a área de origem, o tipo, quantidade e localização específica dos combustíveis estruturais e de conteúdo devem ser identificados para auxiliar na análise dos padrões do fogo, crescimento do fogo e características de propagação. Neste processo, não é apenas importante identificar o potencial primeiro combustível aceso, mas também identificar os combustíveis subsequentes envolvidos.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

18.3.3.3 Dimensões da Estrutura. As dimensões físicas de uma estrutura são dados importantes. Em muitos casos, a estrutura pós-incêndio fornece o único meio de obter dimensões. As dimensões devem ser registradas para todas as áreas da estrutura que podem ser usadas para entender o crescimento do fogo e a propagação da fumaça e do fogo. As dimensões devem incluir a largura, o comprimento e a altura de uma sala ou estrutura. A localização, tamanho e condição (aberta/fechada) de todas as aberturas devem ser registradas, bem como quaisquer estruturas ou obstruções que possam afetar o fluxo de gases do incêndio. O esforço associado à obtenção das dimensões pode ser demorado e a quantidade de informações coletadas pode ser limitada dependendo da extensão da destruição. Informações dimensionais específicas são necessárias para reconstruir o evento de incêndio por meio de um modelo de incêndio ou cálculos manuais. Quando a cena não estiver mais disponível, as informações podem ser obtidas de fotografias investigativas, notas e diagramas de investigadores anteriores, ou de arquitetos, engenheiros, empreiteiros, companhias de seguros ou órgãos governamentais, como departamentos de construção. O investigador deve avaliar a precisão dos planos e se os planos realmente representam a estrutura "como construída".*(Veja a discussão do projeto de construção em 7.2.2.6.)*

18.3.3.4 Condições Meteorológicas.O investigador deve documentar os fatores climáticos que podem ter influenciado o incêndio. A área circundante pode evidenciar as condições meteorológicas. A direção do vento pode ser indicada pelo movimento da fumaça ou por danos causados pelo fogo em estruturas ou vegetação. Além disso, o clima pós-incêndio pode causar alterações nas condições físicas do local.

18.3.3.5 Sistemas Elétricos.O sistema elétrico deve ser documentado. Os meios usados para distribuir a eletricidade devem ser determinados e os danos aos sistemas devem ser documentados. O processo de documentação deve começar com o serviço elétrico de entrada. A amperagem e a entrada de tensão do painel principal devem ser anotadas. O tipo, classificação, posição (ligado/desarmado/desligado) e condição dos dispositivos de proteção do circuito podem ser relevantes para a investigação e devem ser documentados.

18.3.3.6 Cargas Elétricas. Observe a localização das tomadas elétricas e interruptores dentro da sala ou área de origem. Os itens elétricos conectados aos receptáculos devem ser identificados e documentados. O processo investigativo pode envolver o rastreamento de circuitos ao longo de uma estrutura. O objetivo de rastrear esses circuitos é identificar os interruptores, receptáculos e acessórios em um circuito específico, bem como qual dispositivo de sobrecorrente protege esse circuito e sua posição e condição. Aparelhos elétricos e cargas devem ser anotados. Uma documentação mais detalhada de sistemas e dispositivos elétricos pode ser necessária quando se acredita que eles sejam a causa do incêndio ou um fator contribuinte, ou quando o mapeamento de arco for usado. Tenha cuidado ao interpretar danos à fiação elétrica e ao equipamento, pois pode ser difícil distinguir a causa do efeito.

18.3.3.7 Sistemas HVAC.O movimento do ar através dos sistemas HVAC pode afetar o crescimento e a propagação de um incêndio e pode transportar produtos de combustão por toda a estrutura. O investigador deve registrar a localização, tamanho e função (fornecimento/retorno/exaustão) dos respiradouros na área de interesse, e se o respiradouro estava aberto, fechado ou coberto no momento do incêndio. A verificação dos filtros pode fornecer evidências de danos causados por calor ou fumaça e deposição de fuligem para determinar se o sistema HVAC estava operando no momento do incêndio. Alguns HVAC os sistemas são equipados com detectores projetados para alterar a operação do sistema em caso de incêndio. Alguns sistemas são equipados com amortecedores manuais ou automáticos projetados para controlar a propagação do fogo, o movimento da fumaça ou o fluxo de ar. Onde esses dispositivos estiverem presentes, sua localização e condição específicas devem ser anotadas e quaisquer registros de ativação devem ser obtidos. A localização e configuração de quaisquer termostatos, interruptores ou controles para o sistema HVAC devem ser identificados e documentados.

18.3.3.8 Sistemas de Gás Combustível.O fornecimento de gás combustível deve ser identificado e documentado. O objetivo deste exame é ajudar a determinar se o gás combustível contribuiu para o incêndio. Se o exame revelar que os gases combustíveis podem ter sido um fator contribuinte, o sistema deve ser examinado e documentado em detalhes. Este exame deve incluir o teste de vazamentos, se possível, e a determinação da pressão de alimentação, se possível. Tal como acontece com os sistemas elétricos, pode ser difícil distinguir entre evidência de causa e efeito. Incêndios podem, e frequentemente o fazem, comprometer a integridade dos sistemas de distribuição de gás. O investigador deve documentar a condição e a posição (aberta/fechada) das válvulas do sistema. As válvulas são frequentemente desligadas durante os incêndios, portanto, deve-se tentar verificar se alguém operou alguma válvula durante o evento.

18.3.3.9 Sistemas de Combustível Líquido. Existe uma variedade de sistemas e aparelhos de combustível líquido. Estes podem ser sistemas permanentes, como aquecedores de ambiente a óleo e aquecedores de água, ou sistemas portáteis, como aquecedores a querosene ou gás branco. Em ambos os casos, a localização e a quantidade de combustível presente devem ser documentadas. As linhas e válvulas de abastecimento de combustível conectadas em tanques remotos também devem ser documentadas. Se o dispositivo contiver um tanque acoplado ou integral, a quantidade de combustível restante no dispositivo deve ser estimada ou medida. Se o dispositivo de aquecimento for uma causa suspeita, ou se acredita-se que seu combustível tenha contribuído para a propagação do fogo, uma amostra do combustível deve ser preservada.

18.3.3.10 Sistemas de Proteção Contra Incêndio.O exame de todos os sistemas de proteção contra incêndio envolvidos (sistemas de detecção de incêndio, alarme de incêndio e supressão de incêndio) é importante para determinar se cada sistema funcionou adequadamente e pode auxiliar no rastreamento do crescimento e propagação de um incêndio. Se o sistema foi monitorado, os registros devem ser obtidos no serviço de monitoramento. Em alguns casos, as informações podem ser baixadas do painel central para indicar os locais e horários dos sinais de alarme e problema. Esses são dados voláteis e deve-se ter cuidado ao extraí-los do painel de alarmes. A extração desses dados geralmente requer conhecimentos e equipamentos específicos. Um técnico qualificado deve ser contratado para fazer o download dos dados, pois pode ocorrer perda permanente substancial de dados se isso for feito incorretamente. Em muitos casos, a energia elétrica predial pode ser interrompida após um incêndio, de modo que haja um período limitado de tempo disponível para a recuperação dos dados enquanto o sistema estiver operando com sua bateria reserva. Essa janela de tempo limitada deve ser levada em consideração ao ordenar as atividades da cena.

18.3.3.11 Dados do sistema de proteção contra incêndio. As localizações e condições dos dispositivos devem ser documentadas, incluindo a altura dos dispositivos montados na parede ou a distância dos dispositivos montados no teto das paredes. Quais sprinklers ativados devem ser considerados ao examinar os padrões de propagação do fogo. Tanto a ativação do detector quanto a ativação do sprinkler podem fornecer dados sequenciais. Em alguns casos, a localização ou zona específica do primeiro detector de ativação ou sprinkler pode ser usada para restringir uma área de origem, permitindo que um investigador avalie fontes de ignição específicas em

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

aquela área. Alguns sistemas fornecem apenas dados de alarme ou fluxo de água e não especificam uma zona específica. Esta informação pode ser útil para comparar o tempo de ativação do sistema com o tempo e as observações dos primeiros bombeiros que chegam ou outras testemunhas, na avaliação do crescimento e propagação do incêndio.

18.3.3.12 Câmeras de Segurança.Câmeras de segurança que monitoram prédios ou caixas eletrônicos podem ser muito úteis, principalmente para fornecer tempos "difíceis"*(veja a discussão de cronogramas no Capítulo 24* . Eventos antes ou durante o incêndio, incluindo, em alguns casos, a ignição real e o desenvolvimento do incêndio podem ter sido registrados. O gravador de vídeo pode ser encontrado em uma área segura ou em um local remoto. Deve ser recuperado e revisto mesmo que danificado.

18.3.3.13 Sistemas de Alarme de Intrusão. Um sistema de intrusão pode ser ativado durante um incêndio devido ao calor, movimento de fumaça, destruição da fiação ou perda de energia. Um sistema de intrusão monitorado pode enviar um sinal de problema para a estação de monitoramento se uma linha de transmissão estiver comprometida ou houver perda de energia. Tal como acontece com os sistemas de alarme de incêndio, devem ser feitas tentativas para recuperar o histórico do painel de alarme antes que o sistema de alarme seja reiniciado. Isso frequentemente requer conhecimentos especiais. Alguns sistemas de alarme podem registrar a identidade das pessoas que entram e saem do prédio.

18.3.3.14 Observações de Testemunhas. Observações por testemunhas são dados que podem ser usados no contexto da determinação da origem. Essas testemunhas podem fornecer conhecimento das condições antes, durante e após o incêndio. As testemunhas podem fornecer fotografias ou vídeos da cena antes ou durante o incêndio. As observações não são necessariamente limitadas a observações visuais. Sons, cheiros e percepções de calor podem esclarecer a origem. Declarações de testemunhas sobre a localização da origem criam a necessidade de o investigador de incêndio conduzir uma investigação tão completa quanto possível para coletar dados que possam apoiar ou refutar as declarações de testemunhas. Quando as declarações das testemunhas não são apoiadas pela interpretação do investigador da evidência física, o investigador deve avaliar cada uma separadamente.

18.4 Analisar os Dados.O método científico exige que todos os dados coletados que se refiram à origem sejam analisados. Este é um passo essencial que deve ocorrer antes da formação de quaisquer hipóteses. A identificação, coleta e catalogação de dados não equivale à análise de dados. A análise dos dados é baseada no conhecimento, treinamento, experiência e perícia do indivíduo que faz a análise. Se o investigador não tiver conhecimento para atribuir significado adequadamente a um dado, então deve-se buscar a ajuda de alguém com o conhecimento necessário. Compreender o significado dos dados permitirá que o investigador forme hipóteses com base na evidência, em vez de especulação ou crença subjetiva.

18.4.1 Análise do Padrão de Incêndio. Um investigador deve ler e compreender os conceitos de efeitos do fogo, dinâmica do fogo e desenvolvimento do padrão do fogo descritos nos Capítulos 5 e 6. Este conhecimento é essencial na análise de uma cena para determinar a origem do fogo.

18.4.1.1 Consideração de Todos os Padrões. Todos os padrões observados devem ser considerados na análise. A determinação precisa da origem de um incêndio por um único padrão de incêndio dominante é rara, como no caso de danos de incêndio muito limitados, onde pode haver apenas um padrão de incêndio.

18.4.1.2 Sequência de Padrões. Embora os padrões de incêndio possam ser os dados mais prontamente disponíveis para a determinação da origem, a investigação O gator deve ter em mente que os padrões de danos e queimaduras observados após um incêndio representam a história total do incêndio. Um grande desafio na análise de dados de padrão de incêndio é determinar a sequência de formação do padrão. Padrões observados em incêndios que são extintos no início de seu desenvolvimento podem apresentar dados diferentes daqueles que permanecem após o envolvimento total da sala ou destruição significativa do edifício. Padrões gerados como resultado de um reacendimento podem impactar a percepção da história do fogo ou a sequência de produção de padrões.

18.4.1.3 Geração de Padrão.O investigador não deve presumir que o incêndio na origem durou mais tempo e, portanto, os padrões de incêndio que mostram os maiores danos devem ser na área de origem. Maiores danos em um local do que em outro podem ser resultado de diferenças na exposição térmica devido a diferenças no carregamento de combustível, localização do pacote de combustível no compartimento, ventilação aumentada ou táticas de combate a incêndio. Por razões semelhantes, um investigador de incêndio deve considerar esses fatores quando houver a possibilidade de múltiplas origens.

18.4.1.3.1O tamanho, a localização e a taxa de liberação de calor de um pacote de combustível podem ter tanto efeito sobre a extensão do dano quanto o tempo que o pacote de combustível estava queimando. Uma área de danos extensos pode significar simplesmente que havia um pacote de combustível significativo naquele local. O investigador deve considerar se o fogo em tal local pode ter se espalhado a partir de outro local onde a carga de combustível era menor.

18.4.1.3.2 Pacotes de combustível de composição idêntica e tamanho igual podem queimar de forma muito diferente, dependendo de sua localização em um compartimento. O possível efeito da localização das paredes em relação ao incêndio deve ser considerado na interpretação da extensão do dano no que se refere à origem do incêndio. Ao fazer a determinação, deve ser considerada a possibilidade de que o combustível na área de origem suspeita não tenha sido o primeiro material inflamado e que o grande grau de dano tenha sido resultado de efeitos de parede ou canto.

18.4.1.4 Ventilação.A ventilação, ou a falta dela, durante um incêndio tem um impacto significativo na taxa de liberação de calor e, consequentemente, na extensão dos danos observáveis por queimadura. A análise dos dados do padrão de incêndio deve, portanto, incluir a consideração de que a ventilação influenciou a produção do padrão. Incêndios controlados por ventilação tendem a queimar mais intensamente perto de janelas abertas ou outras aberturas, produzindo assim maiores danos. O conhecimento da localização e do tipo de combustível é importante na análise do padrão de incêndio. Durante as condições de envolvimento total da sala, o desenvolvimento de padrões de incêndio é significativamente influenciado pela ventilação. As condições de envolvimento total da sala podem fazer com que os padrões de incêndio que se desenvolveram durante a fase anterior do incêndio controlado por combustível evoluam e mudem. Além disso, incêndios podem produzir hidrocarbonetos não queimados que podem ser conduzidos para fora do compartimento através de aberturas de ventilação. Este combustível não queimado pode se misturar com o ar e queimar no exterior do compartimento, produzindo padrões de incêndio adicionais que indicam que o fogo se espalhou para fora do compartimento original. Assim, o conhecimento das mudanças na ventilação (por exemplo, ventilação forçada dos sistemas de construção, quebra de janelas, abertura ou fechamento de portas, queima dos limites do compartimento) é importante para entender no contexto da análise do padrão de incêndio. A determinação de quais padrões foram produzidos no ponto de origem pelo primeiro item inflamado geralmente se torna mais difícil à medida que o tamanho e a duração do incêndio aumentam. Isso é especialmente verdadeiro se o compartimento atingiu o envolvimento total da sala. Este combustível não queimado pode se misturar com o ar e queimar no exterior do compartimento, produzindo padrões de incêndio adicionais que indicam que o fogo se espalhou para fora do compartimento original. Assim, o conhecimento das mudanças na ventilação (por exemplo, ventilação forçada dos sistemas de construção, quebra de janelas, abertura ou fechamento de portas, queima dos limites do compartimento) é importante para entender no contexto da análise do padrão de incêndio. A determinação de quais padrões foram produzidos no ponto de origem pelo primeiro item inflamado geralmente se torna mais difícil à medida que o tamanho e a duração do incêndio aumentam. Isso é especialmente verdadeiro se o compartimento atingiu o envolvimento total da sala. Este combustível não queimado pode se misturar com o ar e queimar no exterior do compartimento, produzindo padrões de incêndio adicionais que indicam que o fogo se espalhou para fora do compartimento original. Assim, o conhecimento das mudanças na ventilação (por exemplo, ventilação forçada dos sistemas prediais, quebra de janelas, abertura ou fechamento de portas, queima dos limites do compartimento) é importante para entender no contexto da análise do padrão de incêndio. A determinação de quais padrões foram produzidos no ponto de origem pelo primeiro item inflamado geralmente se torna mais difícil à medida que o tamanho e a duração do incêndio aumentam. Isso é especialmente verdadeiro se o compartimento atingiu o envolvimento total da sala. o conhecimento das mudanças na ventilação (por exemplo, ventilação forçada de sistemas prediais, quebra de janelas, abertura ou fechamento de portas, queima dos limites do compartimento) é importante para entender no contexto da análise do padrão de incêndio. A determinação de quais padrões foram produzidos no ponto de origem pelo primeiro item

18.4.1.5 Padrões de Movimento e Intensidade. Conforme discutido no Capítulo 6, os padrões de incêndio são gerados por um de dois mecanismos.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

nismos: a propagação do fogo ou a intensidade da queima. Conforme discutido acima, a composição do combustível, a taxa de liberação de calor, a localização e as diferenças de ventilação podem levar a diferenças nos padrões de intensidade que não necessariamente apontam para a área onde o primeiro combustível foi inflamado. Padrões que surgem do crescimento e movimento (propagação) do fogo são invariavelmente melhores indicadores da área de origem. Pode ser difícil, no entanto, distinguir padrões de movimento de padrões de intensidade. Além disso, alguns padrões exibem uma combinação de indicadores de intensidade e movimento (spread).

18.4.1.6* Padrões de fogo deve ser avaliado para determinar se pode ser contabilizado em termos de ventilação. Padrões gerados pela ventilação podem não ser produzidos no início do incêndio. Padrões que não podem ser considerados em termos de ventilação são os padrões que precisam de um exame cuidadoso.

18.4.2* Análise de vetores de calor e chama. A análise de vetores de calor e chama, juntamente com o(s) diagrama(s) que o acompanham, é uma ferramenta para análise de padrões de incêndio. A vetorização de calor e chama é aplicada construindo um diagrama da cena. O diagrama deve incluir paredes, portas e portas, janelas e qualquer mobiliário ou conteúdo pertinente. Então, através do uso de setas, o investigador observa as interpretações da direção do calor ou propagação da chama com base nos padrões de fogo identificáveis presentes. O tamanho das setas deve refletir a magnitude em escala (tamanho real) dos padrões individuais representados. As setas podem apontar na direção de propagação do fogo a partir da fonte de calor, ou apontar de volta para a fonte de calor, desde que a direção dos vetores seja consistente em todo o diagrama. O investigador deve identificar cada vetor quanto ao respectivo padrão de incêndio que representa. Em uma legenda que acompanha o diagrama, o investigador pode fornecer detalhes do padrão de incêndio correspondente, como altura acima do piso, altura do vértice do padrão, a natureza da superfície sobre a qual o padrão aparece, a geometria do padrão, a efeito particular do fogo que constitui o padrão e a(s) direção(ões) de propagação do fogo que o(s) padrão(ões) representam. Por exemplo, como mostrado na Figura 18.4.2(a) até a Figura 18.4.2(f), o Vetor #7 representa o dano de queimadura no carpete com dano de fogo decrescente à medida que se move para nordeste, o Vetor #8 representa a comparação das diferenças de dano de queimadura entre os dois lados da cadeira com o lado sul exibindo danos mais graves, e o Vetor #10 representa um padrão de cone truncado com dano de fogo decrescente e altura crescente para a linha de demarcação à medida que se move para o norte.

18.4.2.1 Vetores Complementares. Os vetores complementares podem ser considerados juntos para mostrar as direções reais de propagação do calor e da chama. Nesse caso, o investigador deve identificar claramente quais vetores representam padrões reais de incêndio e quais vetores representam fluxo de calor derivado da análise desses padrões pelo investigador. Um ponto importante a ser feito nessa discussão é a terminologia *fonte de calor* e *fonte de calor*. Esses termos não são sinônimos da origem do incêndio. Em vez disso, esses termos referem-se a qualquer fonte de calor que crie um padrão de incêndio identificável. A fonte de calor pode ou não ser gerada pelo combustível inflamado. É imperativo que o uso de calor e a análise do vetor de chama seja temperada por um entendimento preciso em g do programa do fogo e dinâmica básica do fogo. Um vetor diagrama pode g Dê ao investigador um ponto de vista geral para analisar. O diagrama também pode ser usado para identificar quaisquer padrões conflitantes que precisem ser explicados. O objetivo final da análise vetorial é discutir e documentar graficamente a interpretação do investigador sobre os padrões de incêndio.

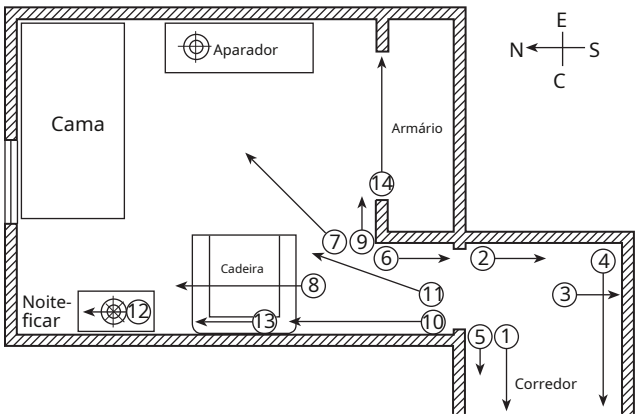


FIGURA 18.4.2(a) Diagrama de Análise Vetorial de Calor e Chama Vetores Associados do Tamanho Físico e Direção da Viagem de Calor dos Padrões de Fogo e Demonstrando uma Origem do Fogo na Área dos Vetores 7, 8 e 10.



FIGURA 18.4.2(b) Fotografia associada ao Vetor #7.



FIGURA 18.4.2(c) Fotografia associada ao Vetor #8.

Copyright Associação Nacional de Proteção contra Incêndios
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 18.4.2(d) Fotografia associada ao Vetor #10.



FIGURA 18.4.2(e) Fotografia associada ao Vetor #11.

18.4.2.2 Fonte de Calor. Uma fonte de calor pode ser qualquer pacote de combustível que crie um padrão de incêndio identificável. O padrão pode ou não ser produzido pelo combustível inflamado. Considere um incêndio que se espalha em uma garagem e inflama líquidos inflamáveis armazenados lá. O líquido em chamas representa uma nova fonte de calor que deixa padrões de fogo nas superfícies da garagem. Portanto, é imperativo que a análise do padrão de incêndio seja temperada por uma compreensão precisa do progresso do incêndio e da dinâmica básica do incêndio.

18.4.2.3 Ferramentas Adicionais para Visualização de Padrões. Quando os padrões de fogo não são visualmente óbvios, um levantamento de profundidade de carvão ou profundidade de calcinação pode ajudar o investigador a localizar áreas de maior ou menor dano por calor e linhas reconhecidas de padrões de demarcação. Os resultados da pesquisa devem ser plotados em um diagrama. Em tais diagramas, as medições de profundidade de carvão ou calcinação são registradas em uma escala conveniente. Uma vez que a profundidade das medições de carbonização ou calcinação tenham sido registradas no diagrama, linhas podem ser traçadas conectando pontos de profundidades iguais ou quase iguais, carbonização ou calcinação. As linhas resultantes podem revelar padrões identificáveis. *[Consulte a Figura 16.4.2(f).]*

18.4.3 Análise de Eventos Sequenciais. A análise do momento ou sequência de eventos durante um incêndio pode ser útil para determinar a origem. Muitos dos dados para esta análise virão de testemunhas. Em alguns casos, pode ser encontrada uma testemunha que viu o incêndio em seu estágio incipiente e pode fornecer



FIGURA 18.4.2(f) Fotografia associada ao Vetor #6.

o investigador com uma área de origem do fogo. Tais circunstâncias criam um fardo para o investigador de incêndio para conduzir uma investigação tão completa quanto possível para encontrar fatos que possam apoiar ou refutar as declarações da testemunha. Meios para verificar tais declarações podem incluir análise de padrões, mapeamento de arco ou correspondência de fumaça alarme, fumaça detector, detector de calor e detector de segurança tempos de ativação com as observações da testemunha. Essa análise pode identificar lacunas ou inconsistências nas informações, auxiliar no desenvolvimento de perguntas para entrevistas adicionais com testemunhas e fornecer suporte na análise e reconstrução da progressão do incêndio. Uma discussão mais detalhada das linhas de tempo está incluída na Seção 21.2.

18.4.4 Dinâmica do Fogo. Os fundamentos da dinâmica do fogo podem ser usado para analisar os dados para auxiliar no desenvolvimento de hipóteses de origem e para complementar outras técnicas de determinação de origem. Tais análises podem ajudar na identificação de potenciais combustíveis que podem ter sido o primeiro item a inflamar, a sequência de envolvimento subsequente do combustível, o reconhecimento de outros dados que podem precisar ser coletados, a análise de padrões de incêndio e a identificação de potenciais fontes de ignição competentes.

18.4.4.1* Uma das considerações mais importantes sobre a dinâmica do fogo é a disponibilidade de oxigênio. Se a área de origem se tornar

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

privação de oxigênio como resultado do envolvimento total da sala, pode haver menos danos ao redor da origem do que em outros lugares. As áreas mais danificadas podem ter sido danificadas apenas como resultado do aumento da ventilação que ocorreu no final do incêndio. Basear uma determinação de origem apenas no grau de dano levou a determinações de origem errôneas em incêndios de teste.

18.4.4.2* Uma ferramenta que um investigador de incêndio pode considerar para explicar o histórico dos vários padrões de incêndio observados é dividir cada compartimento em volumes e, em seguida, considerar a extensão do dano esperado antes e no flashover, pouco tempo após o flashover e um longo período de tempo. após o flashover, dada uma origem em cada um dos volumes. Essa análise foi chamada de análise de matriz de origem.

18.4.5* Análise da Matriz de Origem.

Δ **18.4.5.1*** Figura A.18.4.5.1 é um exemplo de matriz de origem análise aplicada a uma sala retangular simples com uma única abertura de ventilação. A consideração dos padrões de incêndio por si só pode ser de ajuda limitada na determinação da origem no caso de um incêndio que queima por um longo período após o envolvimento total da sala. Danos resultantes de exposições ao fogo relacionadas à ventilação podem criar novos padrões que podem eventualmente obscurecer ou obliterar os padrões de fogo relacionados à origem. No entanto, danos relacionados à origem localizados remotamente de exposições ao fogo relacionadas à ventilação podem persistir. Em um sentido geral, o tempo não pode ser quantificado além das durações "curtas" e "longas", conforme indicado pela Figura A.18.4.5.1 porque eles acabarão por ser cenário dependente.

18.4.5.2* Múltiplas aberturas de ventilação podem complicar a análise da matriz de origem, assim como a consideração de uma origem localizada acima do nível do piso, como em um fogão. *(Consulte 5.10.3.)*

Δ **18.5 Origem em Desenvolvimento Hipóteses.** Com base na análise de dados sis, o investigador deve agora produzir uma hipótese ou grupo de hipóteses para explicar a origem e o desenvolvimento do incêndio. Esta hipótese deve ser baseada apenas nos dados empíricos que o investigador coletou. Entende-se que ao usar o método científico, um investigador pode estar continuamente engajado na coleta de dados, análise de dados, desenvolvimento de hipóteses e teste de hipóteses. Um investigador pode desenvolver uma hipótese de origem no início do processo investigativo, mas quando o processo estiver concluído, independentemente da ordem das etapas seguidas, o investigador deve ser capaz de descrever como essas etapas estão em conformidade com o método científico. A Figura 18.2 mostra como os procedimentos descritos neste capítulo seguem o método científico.

18.5.1 Hipótese Inicial. A hipótese de origem inicial é desenvolvida considerando observações de testemunhas, realizando uma avaliação inicial da cena e tentando explicar o movimento do fogo através da estrutura. Este processo é realizado usando os métodos descritos nas seções anteriores deste capítulo. A hipótese inicial permite ao investigador organizar e planejar o restante da investigação de origem. O desenvolvimento da hipótese inicial é um ponto crítico na investigação. É importante nesta fase que o investigador tente identificar outras origens viáveis e mantenha todas as hipóteses de origem razoáveis em consideração até que evidências suficientes sejam desenvolvidas para justificar o descarte.

18.5.2 Modificando a Hipótese Inicial. A investigação não deve ser planejada apenas para comprovar a hipótese inicial. É importante manter a mente aberta. O esforço investigativo pode fazer com que a hipótese inicial mude muitas vezes antes a investigação está concluída. O investigador deve continuar a reavaliar potenciais áreas de origem, considerando os dados adicionais acumulados à medida que a investigação avança.

18.6 Teste uma hipótese de origem para validade. Em ordem de conforme o método científico, uma vez que uma hipótese é desenvolvida, o investigador deve testá-la usando o raciocínio dedutivo. Um teste usando raciocínio dedutivo é baseado na premissa de que *E se* a hipótese é verdadeira, *então* a cena do incêndio deve apresentar certas características, assumindo que o incêndio não as obliterou posteriormente. Por exemplo, se uma testemunha afirmou que uma determinada porta foi fechada durante o incêndio, então deveria haver uma área protegida no batente da porta, o que tenderia a comprovar a hipótese de que a porta estava fechada. *(Consulte o Capítulo 4 e A.4.3.6.)*

18.6.1 Meios de Teste de Hipóteses. Durante a investigação, o investigador pode desenvolver e testar muitas hipóteses sobre o andamento do incêndio. Por exemplo, o investigador geralmente precisa determinar se uma porta ou janela estava aberta ou fechada. Em última análise, a determinação da origem é alcançada através do teste de hipóteses de origem. Uma determinação de origem tecnicamente válida é aquela que é exclusivamente consistente com os dados disponíveis. Ao testar a hipótese, as questões abordadas em 18.6.1.1 a 18.6.1.3 devem ser respondidas.

18.6.1.1 Existe uma fonte de ignição competente na origem hipotética? A falta de uma fonte de ignição competente na origem hipotética deve tornar a hipótese sujeita a maior escrutínio. Os investigadores devem ter cuidado com a armadilha da lógica circular. Embora a causa do incêndio tenha sido em algum momento necessariamente localizada no ponto de origem, o investigador que elimina uma fonte potencial de ignição porque "não está na área da origem hipotética", precisa ser especialmente diligente em testando a hipótese de origem e considerando hipóteses alternativas. *(Consulte a Seção 19.2.)* Isso é particularmente verdadeiro em casos de envolvimento total da sala. A menos que haja evidência confiável para restringir a origem a uma parte específica da sala, toda fonte potencial de ignição no compartimento de origem deve ser considerada como uma possível causa.

18.6.1.2 Um incêndio iniciado na origem hipotética pode resultar no dano observado? O investigador deve ser cauteloso ao decidir sobre uma origem apenas porque um combustível facilmente inflamável e uma fonte potencial de ignição estão presentes. A sequência de eventos que aproximam a fonte de ignição e o combustível e causam os danos observados indica a origem e, finalmente, a causa. A origem hipotética deve levar em conta não apenas os danos físicos à estrutura e conteúdo, mas também a exposição dos ocupantes ao ambiente de incêndio.

18.6.1.3 O crescimento e desenvolvimento de um incêndio começando na origem hipotética é consistente com os dados disponíveis em um ponto específico no tempo? Poucos dados são mais prejudiciais para uma hipótese de origem do que uma observação contraditória por uma testemunha ocular credível. Qualquer dado pode ser contraditório à hipótese final. Os dados devem ser tomados como um todo ao considerar a hipótese, com cada parte dos dados sendo analisada por sua confiabilidade e valor. Em última análise, o investigador deve ser capaz de explicar como o crescimento e desenvolvimento de um incêndio, começando na origem hipotética, é consistente com os dados.

18.6.2 Técnicas e Ferramentas Analíticas. Técnicas e ferramentas de análise estão disponíveis para testar hipóteses de origem. O uso de tais ferramentas e técnicas para analisar a dinâmica do fogo pode fornecer uma compreensão do fogo que pode aprimorar a base técnica para determinações de origem. Tais análises podem

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

também identificar lacunas ou inconsistências nos dados. A utilidade das ferramentas de dinâmica do fogo não se limita ao teste de hipóteses. Eles também podem ser usados para análise de dados e desenvolvimento de hipóteses. Técnicas e ferramentas incluem análise da linha do tempo, análise da dinâmica do fogo e experimentação.

18.6.2.1 Análise da Linha do Tempo. As linhas do tempo são uma ferramenta investigativa que pode mostrar relações entre eventos e condições associadas ao incêndio. Esses eventos e condições são geralmente dependentes do tempo e, portanto, a sequência de eventos pode ser usada para testar hipóteses de origem. Eventos e condições relevantes incluem ignição de pacotes de combustível adicionais, mudanças na ventilação, ativação de detectores de calor e fumaça, flashover, quebra de janelas e propagação do fogo para compartimentos adjacentes. Muitas dessas informações virão de testemunhas. Ferramentas analíticas de dinâmica do fogo*(Vejo 21.4.8)* pode ser usado para estimar o tempo eventos dependentes e condições de incêndio. Uma discussão mais detalhada das linhas de tempo está incluída na Seção 21.2

18.6.2.2 Modelagem de Incêndio. Os fundamentos da dinâmica do fogo podem ser usados para testar hipóteses sobre a origem do fogo. Tais fundamentos são descritos na literatura científica disponível e são incorporados em modelos de incêndio que vão desde simples equações algébricas até modelos de incêndio computadorizados mais complexos.*(Vejo 21.4.8)*. Os modelos usam dados específicos de incidentes para prever o ambiente de incêndio, dada uma hipótese proposta. Os resultados podem ser comparados com evidências físicas e de testemunhas oculares para testar a hipótese de origem. Os modelos podem abordar questões relacionadas ao desenvolvimento do fogo, propagação e exposição dos ocupantes.

18.6.2.3 Testes Experimentais. Testes experimentais pode ser realizado para testar hipóteses de origem. Se o experimento testando resultados são substancialmente semelhantes aos os danos no local, o dados experimentais pode-se dizer ser consistente com a origem hipótese. Se os testes experimentais produzirem resultados que não sejam substancialmente semelhantes aos danos, uma hipótese de origem alternativa ou dados adicionais podem precisar ser considerados, levando em consideração as diferenças potenciais entre a experiência mental testes e condições reais de incêndio. O seguinte é um exemplo de tal experimento. A origem hipotética é uma cesta de vime localizada no canto de uma sala com painéis de madeira. Os dados do incêndio real mostram os restos parciais do vime cesto, carpete intacto no canto e painéis de madeira ainda intactos no canto. Um teste de fogo replicando a origem hipotética consome totalmente o tapete, a cesta de vime e os painéis de madeira. Assim (assumindo que o teste replicou as condições pré-incêndio), os testes revelaram que esta origem hipotética é inconsistente com os danos que seriam esperados de tal incêndio.

18.7 Selecionando a Hipótese Final. Uma vez testadas as hipóteses sobre a origem do incêndio, o investigador deve rever todo o processo, para assegurar que todos os dados credíveis são contabilizados e todas as hipóteses credíveis de origem alternativa foram consideradas e eliminadas. Ao usar o método científico, a não consideração de hipóteses alternativas é um erro grave. Uma pergunta crítica a ser respondida pelos investigadores de incêndio é: "Existem outras hipóteses de origem que sejam consistentes com os dados?" O investigador deve documentar os fatos que suportam a determinação da origem com a exclusão de todas as outras origens potenciais.

18.7.1 Definição da Área de Origem. Embora*área de origem*é uma terminologia comum usada para descrever a origem, a investigação tor deve descrevê-lo em termos do espaço tridimensional onde o fogo começou, incluindo os limites desse espaço.

18.7.2 Dados inconsistentes.É incomum que uma hipótese seja totalmente consistente com todos os dados. Cada parte dos dados deve ser analisada por sua confiabilidade e valor – nem todos os dados em uma análise têm o mesmo valor. Freqüentemente, algum padrão de incêndio ou declaração de testemunha fornecerá dados que parecem ser inconsistentes. Dados contraditórios devem ser reconhecidos e resolvidos. Dados incompletos podem tornar isso difícil ou impossível. Se a resolução não for possível, então a hipótese de origem deve ser reavaliada.

18.7.3 Revisão do Arquivo do Caso. Outros pesquisadores podem auxiliar na avaliação da hipótese de origem. Um investigador deve ser capaz de fornecer os dados e análises a outro investigador, que deve ser capaz de chegar à mesma conclusão quanto à origem. A revisão por outros investigadores é quase certa de acontecer em qualquer caso de incêndio significativo. Diferenças de opinião podem surgir do peso dado a certos dados por diferentes investigadores ou da aplicação de diferentes explicações teóricas (dinâmica do fogo) aos fatos subjacentes em um caso particular.

18.8 Origem Insuficientemente Definida.Há ocasiões em que não é possível formar uma hipótese testável que defina uma área útil para identificar causas potenciais. O objetivo da investigação de origem é identificar o local preciso onde o fogo começou. Na prática, o investigador tem uma hipótese de origem ao chegar pela primeira vez ao local do incêndio. A origem é a cena. Às vezes, não é possível encontrar uma área ou volume menor que a cena inteira. Assim, uma conclusão da investigação de origem pode ser a identificação de um volume de espaço muito grande para identificar fatores causais, ou onde não podem ser estabelecidos limites práticos em torno do volume da origem. Um exemplo dessa origem pode ser um prédio que foi totalmente queimado, sem testemunhas oculares. Tais incêndios são às vezes chamados de queimaduras totais. A área de origem é o edifício,

18.8.1 Grande Área Adequada para Determinação.Há casos em que a falta de determinação da origem não necessariamente dificulta a investigação. Um exemplo é um caso em que um incêndio resultou da ignição de vapores de gás combustível dentro de uma estrutura. O dano resultante pode impossibilitar a definição do local onde o combustível se combinou com a fonte de ignição. No entanto, prováveis fontes de ignição ainda podem ser hipotetizadas.

18.8.2 Justificativa de Grande Área de Origem.A análise de origem deve identificar os dados que justifiquem a conclusão de que a área de origem do fogo não pode ser reduzida a um tamanho prático. Exemplos de tais dados podem incluir o estabelecimento do fato de que não houve padrões significativos para rastrear, que a maioria ou todos os materiais combustíveis foram consumidos, ou que outros métodos de determinação de origem foram tentados, mas nenhuma conclusão razoável pôde ser estabelecida.

18.8.3 Evidência de testemunha ocular da área de origem. Se a origem for grande demais para ser útil, a determinação da causa do incêndio pode se tornar muito difícil ou impossível. Em alguns casos, onde nenhuma outra hipótese de origem testável pode ser desenvolvida apenas pelo exame da cena, uma testemunha pode ser encontrada que viu o incêndio em seu estágio incipiente e pode fornecer ao investigador uma área de origem do incêndio.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

Capítulo 19 Determinação da Causa do Incêndio

19.1 Introdução. Este capítulo recomenda uma metodologia a ser seguida na determinação da causa do fogo. Determinação da causa do fogo A ignição é o processo de identificação do primeiro combustível inflamado, a fonte de ignição, o agente oxidante e as circunstâncias que resultaram no incêndio. A determinação da causa do incêndio geralmente segue a determinação da origem *(Vejo Capítulo 18)*. Geralmente, uma causa de fogo determinação só pode ser considerada confiável se a origem tiver sido determinada corretamente.

19.1.1 Fatores Causadores do Incêndio. A determinação do requer a causa identificação dos fatores que foram necessários para que o incêndio tenha ocorrido. Esses fatores incluem a presença de uma fonte de ignição competente, o tipo e a forma do primeiro combustível inflamado e as circunstâncias, como falhas ou ações humanas, que permitiram que os fatores se unissem e iniciassem o incêndio. As falhas do dispositivo ou aparelho podem envolver, por exemplo, um termostato de alta temperatura que não funciona. O dispositivo pode ter falhado devido a um defeito de design. As contribuições humanas para um incêndio podem incluir uma falha no monitoramento de uma panela no fogão, falha em conectar a fiação elétrica firmemente resultando em uma conexão de alta resistência ou atos intencionais. Por exemplo, considere um incêndio que começa quando um cobertor é aceso por uma lâmpada incandescente em um armário. Os vários fatores incluem ter uma lâmpada pendurada muito perto da prateleira, colocar combustíveis muito perto da lâmpada e deixar a lâmpada acesa enquanto não estiver usando o armário. A ausência de qualquer um desses fatores teria evitado o incêndio. A função do investigador é identificar os fatores que contribuem para o incêndio.

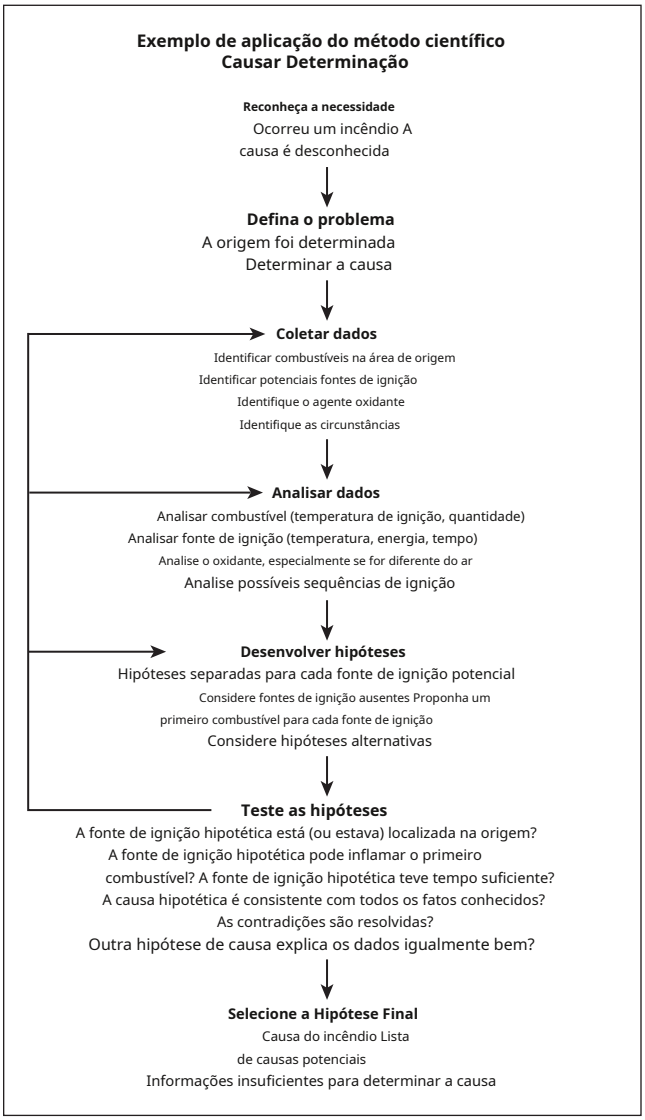
19.1.2 Primeiro Combustível Aceso. A primeira ignição ed é o que origina. do combustível primeiro sustenta a combustão além do Para a prova- ponto de ignição, a madeira do fósforo não seria o primeiro combustível aceso, material, mas papel, líquido inflamável ou cortinas ser, se a partida seriam usados para acendê-los.

19.1.3 Fonte de ignição. A fonte de ignição com o estarei em ou perto ponto de origem no momento da ignição, todas embora em alguns as circunstâncias, como a ignição de flamma vapores ble ou em circunstâncias envolvendo ignição remota, como a partir de convec- ção ou radiação, os dois podem não aparecer às coincidir. Algum- vezes a fonte de ignição permanecerá no ponto de origem em forma reconhecível, enquanto outras vezes podem ignição fonte ser alteradas, destruídas, consumidas, movidas No d, ou removido. entanto, a fonte de ignição deve ser identificada entificado em ordem para determinar a causa do incêndio. No entanto, em ins tâncias envolvendo ignição remota, não haverá evidência física ência de um ignição fonte de informação em uma origem hipotética *(ver 5.9.2 . 2)* Em instâncias como estes, a fonte de ignição e ignição o sequência pode hipotetizar com base em outros dados.

Δ **19.1.4 Oxidante.** Geralmente, o oxidante é o e oxigênio no atmosfera da Terra. Oxigênio medicinal, como s armazenados cilindros ou produzido por concentrado de oxigênio em ors, e certos compostos químicos podem suportar ou enha nce combustão reações *(ver 5.1.5.2)*.

Δ **19.1.5 Sequência de ignição.** Um combustível por si só ou um n fonte de ignição por si só não cria um incêndio. O fogo resulta da queima m a combinação de combustível, um oxidante e uma fonte de ignição e. A investiga- a descrição dos eventos por parte do tor, incluindo o ig (os sequência de definição fatores que permitiram a reação da fonte de ignição, f), uel e oxidante pode ajudar a estabelecer a causa do incêndio.

Δ **19.2 Metodologia Geral.** A metodologia geral para determinar o causa do fogo é o método científico como descrito dentro Capítulo 4. Esta metodologia inclui o reconhecimento e definir o problema a ser resolvido, coletar dados, analisar os dados, desenvolver uma hipótese ou hipóteses e, mais importante, testar a hipótese ou hipóteses. Para utilizar o método científico, o investigador deve desenvolver pelo menos uma hipótese com base nos dados disponíveis no momento. Essas hipóteses iniciais devem ser consideradas "hipóteses de trabalho", que ao serem testadas podem ser removido de outras considerações ção, revisado ou expandido em detalhes à medida que novos dados são coletados durante a investigação e novas análises são aplicadas. Este processo é repetido à medida que novas informações se tornam disponíveis. *(Consulte a Figura 19.2.)*



Δ **FIGURA 19.2 Um Exemplo de Aplicação do Método Científico para Causar Determinação.**

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

19.2.1 Consideração de Dados. Em alguns casos, um único item, como um artigo irrefutável de evidência física ou uma testemunha ocular confiável da ignição, ou uma gravação de vídeo, pode ser a base para a determinação da causa. Na maioria dos casos, no entanto, nenhum item isolado é suficiente por si só para permitir a determinação da causa do incêndio. O investigador deve usar todos os recursos disponíveis para desenvolver hipóteses de causa de incêndio e determinar quais hipóteses se encaixam em todos os dados confiáveis disponíveis. Quando um aparentemente possível hipótese não se encaixar em algum item de dados, o o investigador deve tentar reconciliar os dois e determinar se a hipótese ou os dados são errôneos.

Δ **19.2.2 Sequência de Atividades.** As várias atividades necessárias para determinar a causa usando o método científico (coleta de dados, análise, desenvolvimento de hipóteses e teste de hipóteses) ocorrem continuamente. Da mesma forma, a gravação da cena, anotações, fotografia, identificação de provas, entrevistas com testemunhas, investigação de origem, análise de falhas e outras atividades de coleta de dados podem ser realizadas simultaneamente a esses esforços. Os investigadores devem consultar as outras seções deste guia que tratam dessas atividades específicas. Da mesma forma, os investigadores precisam estar cientes de possíveis problemas de espoliação e contaminação da cena e devem consultar Capítulos 12 e 17.

19.2.3 Ponto e Área de Origem. Em alguns casos, será impossível determinar o ponto de origem de um incêndio dentro da área de origem. Onde um único ponto não pode ser identificado, ainda pode ser valioso para muitos propósitos identificar a(s) área(s) de origem. Nesses casos, o investigador deve ser capaz de fornecer explicações confiáveis para a área de origem com as evidências de apoio para cada opção. Em algumas situações, a extensão do dano pode reduzir a capacidade de identificar especificamente o ponto de origem, sem remover a capacidade de apresentar origem crível e causar hipóteses.

19.3 Coleta de Dados para Determinação da Causa do Incêndio. Os processos de coleta de dados para determinação da causa incluem a identificação de pacotes de combustível, fontes de ignição, oxidantes e circunstâncias associados com a forma como o combustível e a fonte de ignição veio junto. Os dados devem ser coletados para identificar todos os potenciais combustíveis iniciais, fontes de ignição e oxidantes dentro da área ou áreas de origem. Os dados também podem precisar ser coletados fora da área de origem. Exemplos disso seriam amostras de combustível não queimado ou fontes de ignição exemplares localizadas em outras áreas. Dados sobre as circunstâncias que unem o combustível, as fontes de ignição e o oxidante podem vir de muitas fontes diferentes. Se disponível, uma revisão da documentação pré-incêndio de possíveis áreas de origem pode ser valiosa.

19.3.1 Identificar Combustíveis na Área de Origem. O investigador deve identificar os combustíveis presentes na área de origem no momento da ignição. Um desses combustíveis será o primeiro combustível aceso. O tipo, quantidade e localização específica dos combustíveis estruturais e de conteúdo devem ser identificados.

Δ **19.3.1.1** Identificando o combustível inflamado é necessário para avaliar conhecer a competência das potenciais fontes de ignição e compreender os eventos que causaram o incêndio. Às vezes, uma parte do primeiro combustível inflamado sobreviverá ao fogo, mas muitas vezes isso não acontece. o primeiro combustível inflamado deve ser capaz de ser inflamado dentro das limitações da fonte de ignição. Os componentes na maioria dos edifícios não são suscetíveis à ignição por fontes de calor de baixa energia, baixa temperatura ou curta duração. Por exemplo, pisos, madeira estrutural, armários de madeira e carpetes não inflamam a menos que sejam expostos a uma fonte de calor substancial. O investigador deve identificar facilmente itens que, uma vez inflamados, podem fornecer a fonte de calor para danificar ou envolver esses itens mais difíceis de inflamar. *(Ver 5.6.1)*

Δ **19.3.1.2** O combustível inflamado poderia ser parte de um dispositivo que avarias ou falhas. Exemplos incluem isolamento em um fio que é aquecido até a ignição por corrente excessiva ou o invólucro de plástico em uma cafeteira superaquecida.

19.3.1.3 O combustível inflamado pode ser um objeto localizado ted muito perto de um dispositivo de produção de calor. Exemplos são roupas contra uma lâmpada incandescente ou um aquecedor radiante, molduras de madeira muito próximas a um fogão a lenha ou lareira, ou combustíveis muito próximos a um coletor de escape do motor ou conversor catalítico.

19.3.1.4 Certos combustíveis produzem resíduos que normalmente não são encontrados após um incêndio. Esses resíduos diferem dos materiais de construção e conteúdo que normalmente estão presentes na área de origem. Exemplos incluem resíduos de líquidos inflamáveis ou materiais pirotécnicos, como flares.

19.3.1.5 Gases, vapores e poeiras combustíveis podem ser o primeiro combustível inflamado e pode causar confusão sobre a localização do ponto de origem, porque o ponto de ignição pode estar a alguma distância de onde o fogo sustentado começa na estrutura ou mobília. Além disso, o fogo repentino pode ocorrer com a queima sustentada de materiais de densidade leve, como cortinas, que estão localizadas longe da fonte inicial de vapor-combustível.

Δ **19.3.1.6** As informações devem ser solicitadas a pessoas com conhecimento (como ocupantes) sobre atividades recentes na área de origem e quais itens de combustível deveriam ou não estar presentes. Também devem ser obtidas informações sobre a construção da estrutura na área de origem. Os detalhes da construção podem incluir informações sobre os revestimentos de piso, teto e parede, tipo de portas, tipo de janelas ou outras informações necessárias para a análise. A idade dos materiais de construção e as metodologias de fixação podem ser relevantes. Esta informação pode revelar o primeiro combustível inflamado para o fogo. este As informações também seriam úteis para um investigador para evitar ignorar os combustíveis secundários e subsequentes que estavam presentes na área de origem que contribuiriam para o crescimento do fogo. O investigador deve consultar Capítulos 5, 6 e 7 quando analisando uma área de origem para o primeiro combustível inflamado. 14

Δ **19.3.2 Identifique a Fonte e Forma do Calor de Ignição.** investigador deve identificar e documentar todos os itens que produzem calor na área de origem. Itens produtores de calor incluem dispositivos, aparelhos, equipamentos e materiais reativos e de autoaquecimento. O investigador também deve identificar dispositivos ou equipamentos que normalmente não produzem calor, mas podem produzir calor suficiente para ignição por mau uso ou mau funcionamento.

19.3.2.1 Potenciais fontes de ignição para gases, vapores ou poeiras incluem chamas abertas, arcos de motores e interruptores, ignitores elétricos, pilotos em pé ou chamas em aparelhos a gás, superfícies quentes e eletricidade estática.

Δ **19.3.3 Identificar Itens e Atividades na Área de Origem.** Devem ser obtidas informações dos proprietários e ocupantes sobre atividades recentes na área de origem e quais aparelhos, equipamentos ou dispositivos produtores de calor estavam presentes. Esta informação é especialmente importante quando as potenciais fontes de ignição não são identificáveis após o incêndio. A informação também seria útil para alertar um investigador sobre itens pequenos ou facilmente esquecidos ao examinar a área de origem. Quando as fontes de energia elétrica são consideradas como potenciais fontes de ignição, o investigador deve consultar Capítulos 9 e 25. Informação sobre

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

compra, como novos ou usados, como e quando foram usados, histórico de reparos e problemas também devem ser coletados.

19.3.4* Identifique o Oxidante. O oxidante mais comum (oxidante ou agente oxidante) dentro de um incêndio é o oxigênio em da terra atmosfera, e nenhuma documentação especial é necessária. No entanto, outros oxidantes, conforme descrito em 19.3.4.1 a 19.3.4.3, devem ser identificados e documentados quando estiverem na área de origem ou próximos dela.

19.3.4.1 Às vezes, o oxigênio existe em uma concentração atmosférica maior do que a normal, como em câmaras hiperbáricas, tendas de oxigênio ou em torno de equipamentos de geração, concentração e armazenamento de oxigênio.

19.3.4.2 Alguns produtos químicos além do oxigênio molecular são classificados como oxidantes. Certos produtos químicos comuns, como desinfetantes para piscinas, também podem atuar como oxidantes.

19.3.4.3 Algumas misturas químicas, como combustível sólido de foguete, contêm um oxidante, bem como um combustível e não requerem nenhuma fonte oxidante externa.

19.3.5 Identificar Dados de Sequência de Ignição. O investigador deve coletar dados que podem ser usados para analisar os eventos que juntou o combustível e a fonte de ignição (sequência de ignição). Essas informações sobre as condições que cercam a coincidência de combustível, fonte de ignição e oxidante podem estar disponíveis por meio de observações, relatos de testemunhas ou dados climáticos. As linhas de tempo podem ser úteis na organização e análise desses dados. *(Ver Capítulo 21.)* A coleta de dados adicionais pode ser necessária sário para determinar as circunstâncias que uniram o combustível, a fonte de ignição e o oxidante. A coleta de dados pode continuar mesmo após a cena do incêndio ter sido processada e pode exigir equipamento de laboratório especializado. Esses dados adicionais podem resultar na modificação ou rejeição de hipóteses previamente desenvolvidas ou na reconsideração de hipóteses rejeitadas anteriormente.

Δ **19.4 Analisar os Dados.** O método científico exige que todos os dados coletados sejam analisados. A análise dos dados requer o exame e a interpretação de cada componente dos dados coletados pelo seu papel em a causa do fogo. Este é um passo essencial que deve acontecer e a formação de quaisquer hipóteses. o O propósito da análise é atribuir significado específico aos resultados do processo de exame e interpretação, que acabará por desempenhar um papel no desenvolvimento e teste de hipóteses. A identificação, coleta e catalogação de dados não equivale à análise de dados. A análise dos dados é baseada no conhecimento, treinamento, experiência e perícia do indivíduo que faz a análise. Se o investigador não tiver o conhecimento necessário para atribuir significado adequadamente a um dado, deve-se procurar a assistência de alguém com o conhecimento necessário. Compreender o significado dos dados permitirá que o investigador forme hipóteses com base na evidência, em vez de especulação ou crença subjetiva.

19.4.1 Análise de Combustível. A análise de combustível é o processo de identificar o primeiro item ou pacote de combustível (inicial) que sustenta a combustão além da fonte de ignição e identificar os combustíveis alvo subsequentes além do combustível inflamado.

19.4.1.1 Geometria e Orientação. Uma compreensão da geometria e orientação do combustível é importante para determinar se o combustível foi o primeiro material inflamado. A configuração física do combustível desempenha um papel significativo na sua capacidade de ser inflamado. Um combustível não gasoso com uma alta relação superfície-massa é muito mais facilmente inflamável do que um combustível com baixa relação superfície-massa. proporção de massa. Exemplos de combustíveis de alta superfície para massa incluem poeiras, fibras e papel. À medida que a razão superfície-massa aumenta, a energia térmica ou o tempo necessário para inflamar o combustível diminui. Gases e vapores são totalmente dispersos (na verdade, uma relação superfície-massa extremamente alta) e podem ser inflamados instantaneamente por uma fonte de energia de baixo calor.

19.4.1.2 Temperatura de ignição. O combustível deve ser capaz de ser inflamado pela fonte de ignição hipotética. A temperatura de ignição do combustível deve ser compreendida. É importante entender a diferença entre as temperaturas de ignição pilotada e de autoignição. Os componentes na maioria dos edifícios não são suscetíveis à ignição por fontes de calor de baixa energia, baixa temperatura ou curta duração. Por exemplo, pisos, madeira estrutural, armários de madeira e carpetes não inflamam a menos que sejam expostos a uma fonte de calor substancial.

19.4.1.3 Quantidade de Combustível. O primeiro material inflamado pode não resultar no crescimento e propagação do fogo se não existir uma quantidade suficiente de combustível. Por exemplo, se o fluido de isqueiro usado para iniciar um fogo de carvão for consumido antes que calor suficiente seja transferido para os briquetes, o fogo se apaga. O investigador deve realizar uma análise da quantidade de combustíveis (primário, secundário, terciário, etc.) para determinar se é suficiente para explicar o incêndio resultante.

Δ **19.4.2 Análise da Fonte de Ignição.** O investigador deve avaliar todas as potenciais fontes de ignição na área de origem para determinar se são competentes. Uma fonte de ignição competente terá energia suficiente e será capaz de transferir essa energia para o combustível por tempo suficiente para elevar o combustível à ignição.

19.4.2.1 O aquecimento do combustível potencial ocorrerá pela energia que o atinge. Cada combustível reage de maneira diferente à energia que o afeta com base em suas propriedades térmicas e físicas. A energia pode ser refletida, transmitida ou dispersa através do material, com apenas a energia absorvida causando o aumento da temperatura do combustível.

19.4.2.2 Gases inflamáveis ou vapores líquidos, como os da gasolina, podem percorrer uma distância considerável de seu ponto original de liberação antes de atingir uma fonte de ignição competente. Somente sob condições específicas ocorrerá a ignição, sendo a condição mais importante a concentração dentro dos limites inflamáveis e uma fonte de ignição de energia suficiente localizada na mistura inflamável.

19.4.3 Oxidante. O oxidante é geralmente o oxigênio na atmosfera. Em alguns casos, oxidantes alternativos ou adicionais podem estar presentes, e o investigador deve considerar isso e o papel de tais condições na ignição e disseminação.

Δ **19.4.3.1** Se houver suspeita da existência de um oxidante diferente do oxigênio atmosférico com base na presença de resíduo, esse resíduo deve ser coletado e analisado em laboratório. Normalmente, o oxidante não sobrevive em sua forma original, mas pode deixar resíduos característicos.

19.4.4 Sequência de ignição.

19.4.4.1 A sequência de ignição de um evento de incêndio é definida como a sucessão de eventos e condições que permitem que a fonte de ignição, o combustível e o oxidante interajam nas quantidades e circunstâncias apropriadas para o início da combustão. A simples identificação de um combustível ou fonte de ignição por si só não descreve e não pode descrever como um incêndio surgiu. O fogo resulta da interação do combustível, um oxidante e uma fonte de ignição. Portanto, o investigador deve ser cauteloso ao decidir

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

com um causa do fogo só porque um combustível facilmente inflamável, potencial fonte de ignição, ou qualquer outro elemento de uma sequência de ignição. A sequência de eventos que permite que a fonte de ignição, o combustível e o oxidante interajam nas quantidades e circunstâncias apropriadas para o início da combustão é essencial para estabelecer a causa.

19.4.4.2A análise da sequência de ignição requer a determinação de eventos e condições que ocorreram ou eram logicamente necessários para que o incêndio tenha começado. Além disso, ao descrever uma sequência de ignição, a ordem em que esses eventos ocorreram deve ser determinada.

Δ **19.4.4.2.1**Em cada investigação de incêndio, os vários fatores que contribuem para a ignição devem ser investigados e incluídos na explicação final da sequência de ignição. Esses fatores devem incluir o seguinte:

(1) Como e sequencialmente quando o primeiro combustível inflamado veio a estar presente na forma, fase, configuração e condição apropriadas para ser capaz de ser inflamado
(2) Como e sequencialmente quando o oxidante passou a estar presente na forma e quantidade certa para interagir com o primeiro combustível inflamado e fonte de ignição e permitir a reação de combustão
(3) Como e sequencialmente quando a fonte de ignição competente passou a estar presente e interagir com o combustível
(4) Como e sequencialmente quando a fonte de ignição competente transferiu sua energia térmica para o combustível, causando ignição
(5) Como os dispositivos de segurança e recursos projetados para evitar a ocorrência de incêndio operaram ou não funcionaram*(ver Capítulo) 25*
(6) Como e sequencialmente quando quaisquer atos, omissões, agências externas ou condições reuniram o combustível, oxidante e fonte de ignição competente no momento e local para a ignição ocorrer
(7) Como o primeiro combustível subsequentemente inflamou quaisquer combustíveis secundários, terciários e sucessivos que resultaram em qualquer propagação do fogo. Se o local de ignição hipotético não estiver dentro da área principal de destruição do fogo, então, para que a hipótese seja válida, o investigador deve ser capaz de demonstrar que havia um mecanismo viável de propagação do fogo que facilitou um caminho de propagação do fogo ao longo do qual o fogo poderia se propagar

19.4.4.3Há momentos em que não há evidência física da fonte de ignição encontrada na origem, mas uma sequência de ignição pode ser inferida logicamente usando outros dados. Qualquer determinação da causa do incêndio deve ser baseada em evidências e não na ausência de evidências; no entanto, existem circunstâncias limitadas quando a fonte de ignição não pode ser identificada, mas a sequência de ignição pode ser inferida logicamente. Esta inferência pode ser obtida através do teste de hipóteses alternativas envolvendo potenciais sequências de ignição, desde que a conclusão sobre a sequência de ignição restante seja consistente com todos os fatos conhecidos.*(Vejo Capítulo 4)*. Seguem exemplos de situações que se prestam à formulação de um cenário de ignição quando a fonte de ignição não é encontrada durante o exame do local do incêndio. A lista não é exclusiva e o investigador de incêndio é advertido a não hipotetizar uma sequência de ignição sem dados que suportem logicamente a hipótese.

(1) Explosões de combustível difuso e incêndios repentinos.
(2) Quando um resíduo líquido inflamável (confirmado por análise laboratorial) é encontrado em um ou mais locais dentro do cena do incêndio e sua presença naquele(s) local(is) não tem uma explicação inocente*(veja o Capítulo 23)*
(3) Quando há vários incêndios*(veja o Capítulo 23)*
(4) Quando os reboques são observados*(veja o Capítulo 23)*
(5) O fogo foi observado ou registrado no momento ou próximo ao início ou antes de se espalhar para um combustível secundário

•

Δ **19.5 Desenvolvimento de Hipóteses de Causa.** O investigador deve usar o método científico*(veja o capítulo 4)* como o método para dados coleta, desenvolvimento de hipóteses e teste de hipóteses sobre a consideração de possíveis sequências de ignição. Esse processo de consideração envolve, na verdade, o desenvolvimento e teste de hipóteses alternativas. Neste caso, uma hipótese separada é desenvolvida considerando cada fonte de ignição competente individual na origem como uma fonte de ignição potencial. A avaliação sistemática (teste de hipóteses) é então realizada com a eliminação daquelas hipóteses que não são suportáveis (ou refutadas) pelos fatos descobertos através de um exame mais aprofundado. O investigador é advertido a não eliminar uma fonte potencial de ignição simplesmente porque não há evidência óbvia para isso. Por exemplo, o investigador não deve eliminar o aquecedor elétrico porque não há arco nos fios ou porque os contatos não estão presos. Pode haver outros métodos pelos quais o aquecedor pode ter sido a fonte de ignição, além de uma falha do sistema, como materiais combustíveis armazenados muito perto dele. Potenciais fontes de ignição devem ser eliminadas apenas se houver evidência confiável de que elas não podem ser a fonte de ignição para o incêndio. Por exemplo, um aquecedor elétrico pode ser facilmente eliminado da consideração se não estiver energizado.

Δ **19.5.1**Os dispositivos presentes no ponto/área de origem que este são produzem calor ou são capazes de produzir calor quando sofrem uma falha ou falha (por exemplo, dispositivos elétricos de vários tipos) devem sempre ser colocados na lista de hipóteses, mesmo que, para alguns razão, eles são fáceis de eliminar.

Δ **19.5.2**O investigador deve considerar que potenciais fontes de ignição não correspondem a um dispositivo físico que possa ser recuperado. este Tais fontes potenciais de ignição incluem chamas abertas onde o dispositivo não permanece (por exemplo, um isqueiro foi usado, mas não foi deixado no local) e descargas de eletricidade estática (incluindo raios). Dada a falta de um dispositivo físico, outras evidências são necessárias para estabelecer a presença ou ausência de uma fonte de ignição.

19.5.3 Para cada fonte potencial de ignição na área de origem, deve ser estabelecido que existia um combustível ou combustíveis, em forma e configuração apropriadas, para os quais a fonte potencial de ignição poderia ser considerada uma fonte de ignição competente. Uma hipótese de causa pode ser desenvolvida mesmo na ausência de ser capaz de afirmar especificamente qual desses combustíveis foi o primeiro inflamado.

19.5.4 Pode haver várias fontes de ignição competentes na área de origem com um primeiro combustível conhecido. Uma hipótese de causa pode ser desenvolvida na ausência de ser capaz de afirmar especificamente qual dessas fontes de ignição competentes acendeu o primeiro combustível conhecido. Quando o propano vaza para um porão, o piloto permanente no aquecedor de água ou no forno pode ter sido a fonte de ignição; no entanto, após o incêndio, pode não ser possível determinar definitivamente qual dos dois acendeu o gás.

19.6 Testando a Hipótese da Causa para validade. Cada um dos hipóteses alternativas que foram desenvolvidas devem então ser testadas usando o método científico. Se uma hipótese restante for

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

testado usando o método científico e é determinado como provável, então o provável causa do fogo é identificado.

Δ **19.6.1 Método Científico.** Usar do a método científico determina que qualquer hipótese formada a partir da análise dos dados coletados em uma investigação deve resistir ao teste de desafio cuidadoso e sério pelo investigador que testa a hipótese ou pelo exame de outros. *[Ver Capítulo 4 e Daubert v. Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc. 509 US 579, 113 S. Ct. 2786 (1993).]*

19.6.2 Raciocínio Dedutivo. O teste da hipótese é feito pelo princípio do raciocínio dedutivo, no qual o investigador compara a hipótese a todos os fatos conhecidos, bem como ao corpo de conhecimento científico associado aos fenômenos relevantes ao incidente específico. Em última análise, a determinação da causa é alcançada através do teste de hipóteses de causa.

19.6.3 Questões de Teste de Hipóteses. Ao testar uma hipótese de causa, as seguintes perguntas devem ser respondidas:

(1) A fonte de ignição hipotética é uma fonte de ignição competente para o primeiro combustível inflamado?
(2) O tempo necessário para a ignição é consistente com a linha do tempo associada à hipótese de causa e aos fatos do incidente?
(3) Quais foram as circunstâncias que colocaram a fonte de ignição em contato com o primeiro combustível inflamado?
(4) Quais, se houver, foram os modos de falha necessários para que a ignição ocorresse?

Δ **19.6.4 Meios de Teste de Hipóteses.** Ao testar uma hipótese, o investigador deve tentar refutar, em vez de confirmar, a hipótese. Se a hipótese não puder ser refutada, ela pode ser aceita como possível ou provável. O teste de hipóteses pode incluir qualquer aplicação de princípios fundamentais da ciência, experimentos físicos ou testes, experimentos cognitivos, técnicas e ferramentas analíticas e análise de sistemas.

19.6.4.1* Literatura Científica. O uso da literatura científica é um meio importante para desenvolver informações que podem ser usadas em testes de hipóteses. Uma revisão da literatura pode incluir descrições de experimentos e testes que também podem ser aplicados ao caso específico do investigador. Os "gateways" para a literatura científica podem incluir bancos de dados da Internet, bibliotecas técnicas, livros didáticos e manuais. A validade das informações na literatura deve ser considerada pelo investigador.

19.6.4.2 Princípios Fundamentais da Ciência. Uma hipótese de causa é refutada se violar as leis fundamentais da física ou da termodinâmica. A água não queima – uma hipótese postulando a ignição da água estaria errada.

19.6.4.3 Experimentos ou Testes Físicos. Experimentos podem ser conduzidos para testar a causa hipotética. Deve-se ter cuidado no desenvolvimento de um protocolo experimental que produza resultados confiáveis e aplicáveis para o incidente específico de incêndio ou explosão. Para mais informações, veja Seção 21,5.

19.6.4.4 Experimentos Cognitivos. Em um experimento cognitivo, estabelece-se uma premissa e a testa contra os dados. Um exemplo de experimento cognitivo é: "Se fosse postulado que a porta estava aberta durante o incêndio e as dobradiças fossem encontradas com padrões de imagem espelhada, então a hipótese seria refutada". Para mais informações, veja Capítulo 4.

19.6.4.5 Cronogramas. No contexto de testar uma hipótese de causa, o período de tempo pode ser um discriminador para determinar se um cenário de ignição é consistente com os dados disponíveis em relação aos prazos.

19.6.4.6 Árvores de Falhas. Árvores de falhas podem ser usadas para testar a possibilidade de uma causa hipotética de incêndio. As árvores de falhas são desenvolvidas dividindo um evento em partes componentes causais. Esses componentes são então colocados em uma sequência lógica de eventos ou condições necessárias para produzir o evento. Se as condições ou sequência não estiverem presentes, a hipótese é refutada.

19.6.4.7 Técnicas Adicionais. Técnicas e ferramentas analíticas adicionais em Capítulo 21 pode ser útil na hipótese teste.

Δ **19.6.5 Uso Apropriado.** O processo de eliminação é uma parte do método científico. Todas as potenciais fontes de ignição presentes ou que se acredita estarem presentes na área de origem devem ser identificadas, e hipóteses alternativas devem ser consideradas e contestadas em relação aos fatos. Eliminação de uma hipótese testável pela refutação da hipótese com dados é um parte fundamental do método científico. No entanto, o processo de eliminação pode ser usado de forma inadequada. Identificar a fonte de ignição de um incêndio acreditando ter eliminado todas as fontes de ignição encontradas, conhecidas ou suspeitas de estarem presentes na área de origem e para as quais não existem provas de apoio é referido por alguns investigadores como *corpus negativo*. A determinação da fonte de ignição deve ser baseada em dados ou inferências lógicas extraídas desses dados. O corpus negativo tem sido usado para classificar os incêndios como incendiários, embora o processo também tenha sido usado para caracterizar os incêndios como acidentais. O processo de corpus negativo não é consistente com o método científico, é inadequado e não deve ser utilizado, pois gera hipóteses não testáveis e pode resultar em determinações incorretas da fonte de ignição e primeiro combustível inflamado. Quaisquer hipóteses formuladas para os fatores causais (por exemplo, primeiro combustível, fonte de ignição e sequência de ignição) devem ser baseadas na análise de fatos e inferências lógicas que fluem desses fatos. Esses fatos e inferências lógicas são derivados de observações, cálculos, experimentos e das leis da ciência.

19.6.5.1 Causa Indeterminada. Dentro circunstâncias onde todos hipóteses foram rejeitadas, ou se duas ou mais hipóteses não pode ser rejeitado, a única opção para o investigador é concluir que a causa do incêndio, ou fatores causais específicos, são indeterminados. É impróprio basear hipóteses na ausência de qualquer evidência de apoio. Ou seja, é impróprio opinar sobre uma causa específica de incêndio, fonte de ignição ou combustível que não tenha evidências para apoiá-lo, mesmo que todos os outros elementos hipotéticos tenham sido eliminados.

Δ **19.6.5.2 Fonte de Ignição vs Causa do Fogo.** O investigador deve lembrar que a causa do incêndio é definida como "as circunstâncias, condições ou agências que reúnem um combustível, fonte de ignição e oxidante (como ar ou oxigênio) resultando em um incêndio ou explosão de combustão". *(ver 3.3.71).* A identificação de uma fonte de ignição e de um primeiro combustível não é suficiente para determinar uma causa. Determinar a causa do incêndio e a sequência de ignição requer que qualquer hipótese proposta inclua a consideração da relação entre a competência da fonte de ignição e o primeiro combustível inflamado. O investigador deve determinar se a fonte de ignição proposta é uma fonte de ignição competente para o primeiro combustível proposto *(ver 19.4.2.)*

Δ **19.7 Selecionando a Hipótese Final.** Uma vez testadas as hipóteses sobre a "causa" do incêndio, o investigador

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

A gator deve revisar todo o processo para garantir que todos os dados confiáveis sejam contabilizados e que todas as hipóteses de causas alternativas confiáveis tenham sido consideradas e eliminadas. Ao usar o método científico , a falha em considerar hipóteses alternativas ses é um erro grave. Uma pergunta crítica a ser respondida pelos investigadores de incêndio é: "Existem outras hipóteses de causa que sejam consistentes com os dados?" O investigador deve documentar os fatos que apoiam a determinação da causa com a exclusão de todas as outras causas razoáveis.

Δ **19.7.1 Estabelecendo a Causa.**Embora a causa seja uma terminologia comum, o investigador deve descrevê-la em termos da fonte de ignição competente que fornece calor suficiente para acender o primeiro combustível e as circunstâncias de como eles se juntaram. Os combustíveis envolvidos após o primeiro combustível devem ser anotados; isso pode ser especialmente verdadeiro quando o primeiro combustível é parte da fonte, como um aparelho. Nesse caso, os combustíveis subsequentes podem ser os combustíveis que estão localizados perto do aparelho onde o fogo se originou.

19.7.2 Dados inconsistentes.É incomum que todos os itens de dados sejam totalmente consistentes com a hipótese selecionada. Cada parte dos dados deve ser analisada por sua confiabilidade e valor. Nem todos os dados em uma análise têm o mesmo valor. Freqüentemente, alguma análise ou depoimento de testemunha fornecerá dados que parecem ser inconsistentes. Dados contraditórios devem ser reconhecidos e resolvidos. Dados incompletos podem tornar isso difícil ou impossível. Se a resolução não for possível, então a hipótese de causa deve ser reavaliada.

19.7.3 Dispositivos e Recursos de Segurança. Os dispositivos e recursos de segurança geralmente são projetados e construídos para evitar a ocorrência de incêndios. A determinação da causa precisará levar em conta as ações dos dispositivos de segurança.

19.7.4 Causa Indeterminada do Incêndio.A opinião final é tão boa quanto a qualidade dos dados usados para chegar a essa opinião. Se o nível de certeza da opinião for apenas "possível" ou "suspeito", a causa do incêndio é indeterminado. Essa decisão quanto a qualidade dos dados e o nível de certeza das opiniões cabe ao investigador.

N **19.8 Classificação do Incidente.**Classificar um incidente de incêndio é diferente de determinar a causa ou analisar o incidente de incêndio para fins de atribuição de responsabilidade. A classificação de um incidente de incêndio requer a aplicação de uma linguagem comum alcançada por meio de um sistema de classificação que consiste em uma série de definições e rótulos atribuídos a determinados fenômenos. Se um incidente exigir classificação, o investigador deve consultar o sistema de classificação apropriado. Seguem-se exemplos de sistemas de classificação nacionais utilizados para comunicação de incidentes de incêndios e explosões (esta lista não pretende ser exaustiva):

(1) O Sistema Nacional de Relatórios de Incidentes de Incêndio dos Estados Unidos (NFIRS)
(2) NFPA 901
(3) O Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives (ATF) Bomb Arson Tracking System (BATS)
(4) O Programa Uniform Crime Reporting (UCR) mantido pelo FBI
(5) A Estrutura do Código Canadense sobre Estatísticas de Perdas por Incêndio desenvolvido pelo Conselho de Bombeiros Canadenses e Comissários de Bombeiros
(6) National Incident-Based Reporting System (NIBRS) mantido pelo FBI

•

Capítulo 20 Analisando o Incidente por Causa e Responsabilidade

20.1* Geral.

20.1.1O objetivo das investigações de incêndio e explosão é muitas vezes muito mais amplo do que apenas determinar a causa de um incidente de incêndio ou explosão. O objetivo de qualquer investigação de incêndio em particular é chegar a uma conclusão correta sobre as características de um incidente específico de incêndio ou explosão que resultou em morte, ferimentos, danos ou outro resultado indesejado. Os recursos podem ser agrupados sob os seguintes quatro títulos:

(1)*A causa do incêndio ou explosão.*Esse recurso envolve a consideração das circunstâncias, condições ou agentes que reúnem um combustível, fonte de ignição e oxidante (como ar ou oxigênio), resultando em um incêndio ou explosão de combustão.
(2)*A causa do dano à propriedade resultante do incidente.* Esse recurso envolve a consideração dos fatores que foram responsáveis pela propagação do incêndio e pela extensão da perda, incluindo a adequação da proteção contra incêndio, a suficiência da construção do edifício e a contribuição de quaisquer produtos para a propagação das chamas e para a propagação do fumo.
(3)*A causa de lesão corporal ou perda de vida.*Este recurso aborda os componentes de segurança da vida, como a adequação dos sistemas de alarme, a suficiência de meios de saída ou confinamento de proteção no local, o papel dos materiais que emitem subprodutos tóxicos que colocam em risco a vida humana e o motivo das lesões ou mortes dos bombeiros. .
(4)*O grau em que a falha humana contribuiu para qualquer um ou mais dos problemas causais descritos em 20.1.1(1), 20.1.1(2), e 20.1.1(3).*Esse recurso trata do fator humano na causa ou propagação do fogo ou em lesões corporais e perda de vida. Engloba atos e omissões que contribuem para uma perda (responsabilidade), como incendiarismo e negligência.

N **20.1.2**Com base no escopo da tarefa, um investigador individual pode não ter a responsabilidade ou ser obrigado a abordar todos os aspectos deste capítulo.

20.1.3A causa de um incêndio ou as causas de danos ou vítimas podem ser agrupadas em categorias amplas para discussão geral, para atribuição de responsabilidade legal ou culpa, ou para fins de relatório. Sistemas de relatórios locais, estaduais ou federais ou sistemas legais podem ter definições alternativas que devem ser aplicadas conforme necessário.

20.2 A Causa do Incêndio ou Explosão.A determinação da causa de um incêndio requer a identificação das circunstâncias e fatores que foram necessários para que o incêndio ocorresse. Essas circunstâncias e fatores incluem, mas não estão limitados a, o dispositivo ou equipamento envolvido na ignição, a presença de uma fonte de ignição competente, o tipo e a forma do material primeiro inflamado e as circunstâncias ou ações humanas que permitiram que os fatores se unem para permitir que o fogo ocorra. Para obter informações adicionais sobre a determinação da causa, consulte o Capítulo 19.

20.3 A Causa dos Danos à Propriedade Resultantes do Incidente.

20.3.1A seguir estão considerações que podem ser utilizadas para estabelecer a causa de danos materiais. Esses fatores são divididos em duas categorias principais: danos causados por incêndio e propagação de fumaça e outros tipos de danos.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

20.3.2 Propagação de Fogo/Fumaça. Os elementos de dano causados pelo fogo ou seus produtos de combustão podem ainda ser afetados pelas seguintes condições:

(1)*Compartimentação.*Eficácia ou falha de confinamento do fogo e fumaça por métodos de construção ou conjuntos específicos de proteção passiva contra incêndio.

(2)*Mudança de ocupação/perigo.*Mude do projeto original e use de um risco menor para um risco maior sem alterações apropriadas nas características de proteção contra incêndio, estruturas ou meios de saída.

(3)*Sistemas de detecção/alarme.*Falta de notificação atempada e eficaz de um incêndio, resultante de atraso na detecção ou atraso na notificação.

(4)*Comportamento humano.*Isso inclui atos ou omissões intencionais ou não intencionais por parte de pessoas.

(5)*Contenção do fogo.*A falha dos sistemas de supressão de incêndio do edifício para controlar ou mitigar adequadamente o incêndio e as atividades de supressão de incêndio também podem ser fatores no desenvolvimento ou propagação do incêndio.

(6)*Cargas de combustível.*O tipo, a quantidade e a configuração dos combustíveis afetam o desenvolvimento e a propagação do fogo.

(7)*Serviço de limpeza.*Uma limpeza deficiente pode contribuir para danos causados pelo fogo, fornecendo uma configuração de combustível de ignição mais fácil e pode permitir uma propagação mais rápida do fogo/fumaça.
A má limpeza também pode obstruir o acesso dos bombeiros durante as atividades de supressão.

(8)*Ventilação.*As operações de ventilação do corpo de bombeiros, HVAC e janelas e portas abertas podem afetar o crescimento do fogo. A ventilação também pode fazer com que fumaça e gases quentes se movam dentro ou fora dos compartimentos.

(9)*Violações do código.*As violações dos códigos e normas de segurança contra incêndio podem aumentar ou causar danos (por exemplo, deixar portas corta-fogo abertas ou penetrações de paredes corta-fogo).

(10)*Falha estrutural.*Falha de componentes ou sistemas de construção (utilidade, proteção contra incêndio, compartimentação, etc.) pode aumentar os danos permitindo ou causando a propagação do fogo e dos produtos de combustão, fornecendo combustíveis adicionais ou impedindo a supressão do fogo.

20.3.3 Outros Danos Consequenciais. Outros danos consequentes podem incluir perda de utilidades, danos subsequentes ao clima, corrosão, contaminação, danos causados pela água, danos ao molde ou roubo.

20.4 A Causa de Lesão Corporal ou Perda de Vida.*(Consulte o Capítulo 11 e o Capítulo 24.)*

20.4.1 Propagação de Fogo/Fumaça.A seguir estão as considerações que podem ser utilizadas para estabelecer a causa de mortes ou lesões relacionadas ao fogo:

(1)*Toxicidade.*Mortes ou lesões resultantes da exposição a produtos de combustão.

(2)*Materiais perigosos.*Mortes ou lesões resultantes da exposição a materiais perigosos liberados como resultado do incidente de incêndio ou explosão não diretamente relacionado a produtos de combustão.

(3)*Compartimentação.*Vítimas resultantes de projeto inadequado ou mau desempenho de recursos de compartimentação.

(4)*Mudança de ocupação/perigo.*Mude do projeto original e use de um risco menor para um risco maior sem alterações apropriadas nas características de proteção contra incêndio, estruturas ou meios de saída.

(5)*Sistemas de detecção/alarme.*Falta de notificação atempada e eficaz de um incêndio, resultante de atraso na detecção ou atraso na notificação, ou notificação ineficaz.

(6)*Comportamento humano.*O comportamento humano que resulta em vítimas pode incluir falta de reação, reação inadequada à notificação ou atraso na evacuação*(veja o Capítulo 11).*

(7)*Contenção do fogo.*A falha dos sistemas de supressão de incêndio do edifício em controlar ou mitigar adequadamente o incêndio e as atividades de supressão de incêndio também podem ser fatores de lesões ou mortes por incêndio.

(8)*Serviço de limpeza.*Uma limpeza deficiente pode contribuir para lesões por incêndio, fornecendo uma configuração de combustível de ignição mais fácil e pode permitir uma propagação mais rápida do fogo/fumaça.
A má limpeza também pode obstruir o acesso dos bombeiros durante as atividades de supressão ou saída de ocupantes.

(9)*Cargas de combustível.*O tipo, a quantidade e a configuração dos combustíveis afetam o desenvolvimento e a propagação do fogo.

(10)*Ventilação.*As operações de ventilação do corpo de bombeiros, HVAC e janelas e portas abertas podem afetar o crescimento do fogo. A ventilação também pode fazer com que fumaça e gases perigosos se movam dentro das estruturas, colocando os ocupantes em perigo.

(11)*Violações do código.*As violações dos códigos e normas de segurança contra incêndio podem aumentar ou causar perigos (por exemplo, exceder os limites de ocupação).

(12)*Meios de saída/refúgio.*A incapacidade dos ocupantes de escapar ou encontrar refúgio como resultado de projeto, instalação, manutenção, operação inadequados ou não conformidade com o código pode aumentar o potencial de ferimentos ou morte.

(13)*Falha estrutural.*Falha de componentes ou sistemas de construção (utilidade, proteção contra incêndio, compartimentação, etc.) pode aumentar o perigo ao permitir ou causar a propagação do fogo e dos produtos de combustão, fornecer combustíveis adicionais ou impedir a supressão do fogo. Falha estrutural ou colapso em si pode causar ferimentos ou morte.

(14)*Atos intencionais.*Muitas das condições anteriores podem ser o resultado de atos intencionais, com ou sem intenção de causar lesão ou morte.

20.4.2 Preparação para Emergências.A falha em preparar, testar e implementar adequadamente um plano de emergência apropriado pode resultar em acidentes.

20.5 Determinação da Responsabilidade. Depois de determinar a origem, causa e desenvolvimento de um incidente de incêndio ou explosão, o investigador de incêndio pode ser solicitado a fazer uma análise de falha e determinar a responsabilidade. É somente através da determinação de tal responsabilidade pelo incêndio que os códigos e padrões de remediação, segurança contra incêndio ou ações de litígio civil ou criminal podem ser tomadas.

Δ **20.5.1 Natureza da Responsabilidade.**A natureza da responsabilidade em um incidente de incêndio ou explosão pode ser na forma de um ato ou omissão. Pode ser algo que foi feito, acidental ou intencionalmente, que acabou provocando o incêndio ou a explosão, ou pode ser alguma falha em agir para corrigir ou evitar uma condição que causou o incidente, a propagação do fogo/fumaça, ferimentos ou dano. A responsabilidade pode ser atribuída a um incêndio ou explosão, não obstante a determinação da causa do fogo. A responsabilidade pode ser atribuída ao responsável ou outra entidade devido a negligência, conduta imprudente, responsabilidade pelo produto, incêndio criminoso, violações de códigos ou normas ou outros meios.

20.5.2 Definição de Responsabilidade.A responsabilidade por um incidente de incêndio ou explosão é a responsabilização de uma pessoa ou outra entidade pelo evento ou sequência de eventos que causaram o incêndio

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

ou explosão, propagação do fogo, lesões corporais, perda de vida ou danos materiais.

20.5.3 Avaliação da Responsabilidade. Embora seja frequentemente o papel do tribunal apor uma conclusão final de responsabilidade e atribuir responsabilidade, medidas corretivas, compensação ou punição, é o papel da pessoa que realiza a análise identificar a responsabilidade para que a segurança contra incêndio, aplicação de código, ou processos de litígio podem ser realizados.

20.5.4 Graus de Responsabilidade. Uma série ou sequência de eventos ou condições geralmente causa um incêndio ou explosão e a propagação, ferimentos e danos resultantes. Uma análise de falha geralmente mostra que uma mudança em qualquer uma ou mais dessas condições, atos ou omissões poderia ter evitado ou mitigado o incidente. Desta forma, a responsabilidade pode recair sobre mais de uma pessoa ou entidade. Nesse caso, vários ou vários graus de responsabilidade podem ser avaliados.

Capítulo 21 Análise de falhas e ferramentas analíticas

21.1* Introdução. Este capítulo identifica os métodos disponíveis para auxiliar o investigador na análise de um incidente de incêndio/explosão. Ferramentas adicionais que requerem conhecimentos especiais também são discutidas. Esses métodos podem ser usados para analisar incêndios de qualquer tamanho ou complexidade. Em muitos casos, os métodos são usados para organizar as informações coletadas durante a documentação do incidente em um formato racional e lógico. Eles também podem ser usados para identificar aspectos da investigação que precisam de informações adicionais e para onde os esforços futuros devem ser direcionados.

21.2 Cronogramas.

21.2.1 Geral. Uma linha do tempo é uma representação gráfica ou narrativa de eventos relacionados ao incidente de incêndio, organizados em ordem cronológica.

21.2.1.1 Os eventos incluídos na linha do tempo podem ocorrer antes, durante ou após o incidente de incêndio. Esta ferramenta de investigação pode mostrar relações entre eventos, identificar lacunas ou inconsistências nas informações e fontes, auxiliar em entrevistas com testemunhas e auxiliar na análise e investigação do incidente. Uma linha do tempo gráfica é útil como um documento demonstrativo. O valor de uma linha do tempo depende da precisão das informações usadas para desenvolver a linha do tempo.

21.2.1.2 As estimativas do tamanho do incêndio ou das condições do incêndio são frequentemente valiosas no desenvolvimento de linhas de tempo. Usando as ferramentas de análise dinâmica do fogo*(Vejo* 21.4.8*)*, as condições de incêndio podem estar relacionadas eventos específicos. Se houver eventos suficientes, pode ser possível desenvolver uma estimativa do histórico de liberação de calor pelo menos para os estágios iniciais de um incêndio.

21.2.1.2.1 Por exemplo, a altura observada das chamas, em relação à altura dos objetos conhecidos, pode ser usada para estimar a taxa de liberação de calor do fogo. Dadas as características de resposta dos detectores e sprinklers, o tamanho de um incêndio no momento da operação de tais dispositivos pode ser estimado. Se o tempo de operação for registrado em um painel de alarme ou local remoto, como um serviço de alarme central, o tamanho estimado do incêndio na área do edifício onde ocorreu o alarme pode fazer parte da linha do tempo. Onde os sistemas de detecção ou supressão têm várias zonas, o tempo de operação em cada zona pode ser usado para rastrear a propagação do incêndio através de um edifício e os eventos podem ser adicionados à linha do tempo. Se a liberação de calor pode ser estimada para vários pontos no tempo, testando várias hipóteses para os cenários de causa e crescimento em um determinado incêndio.

21.2.1.2.2A análise da dinâmica do fogo também pode ser usada para fornecer tempos estimados para que eventos relevantes ocorram quando houver observações limitadas de testemunhas oculares ou tempos difíceis. Tais eventos incluem ignição de combustíveis adicionais, ativação do detector, flashover, quebra de janela, propagação do fogo para compartimentos adjacentes e incapacitação e morte do ocupante. Essas ferramentas de análise têm limitações reconhecidas e os dados de entrada associados estão sujeitos a incertezas. Portanto, estimativas de condições de incêndio e eventos relacionados na linha do tempo podem exigir que sejam descritos como um intervalo de tempo (por exemplo, flashover entre 10:46 e 10:48) em oposição a um tempo único e específico (por exemplo, 10:00: 46).

21.2.1.3 Para construir uma linha do tempo, é necessário relacionar eventos ou atividades ao tempo de sua ocorrência. Ao atribuir tempo a eventos ou atividades, é importante identificar a confiança que o investigador tem no tempo atribuído. Um meio de fazer isso é identificar a qualidade dos dados como hard time (real) ou soft time (estimado ou relativo).

21.2.2 Tempo Difícil (Real).

21.2.2.1 Hard time identifica um ponto específico no tempo que está direta ou indiretamente ligado a um relógio confiável ou dispositivo de temporização de precisão conhecida. É possível ter uma linha do tempo sem dificuldades. Tempos difíceis podem ser obtidos de fontes como as seguintes:

(1) Registros telefônicos ou de rádio de despacho do corpo de bombeiros
(2) Despacho do departamento de polícia e registros de rádio
(3) Relatórios do Serviço Médico de Emergência
(4) Registros do sistema de alarme (no local, estação central, despacho de incêndio, etc.)
(5) Relatório(s) de inspeção de construção
(6) Relatório(s) de inspeção sanitária
(7) Relatório(s) de inspeção de incêndio
(8) Registros da empresa de serviços públicos (registros de manutenção/emergência/reparo)
(9) Vídeos/fotos privados
(10) Cobertura da mídia (fotógrafo de jornal, rádio, televisão, revistas)
(11) Temporizadores (relógios, relógios de ponto, temporizadores de segurança, amaciadores de água, sistemas de rega de relva)
(12) Boletins meteorológicos (NOAA, aeroportos, serviços de rastreamento de raios)
(13) Registros atuais e/ou anteriores do proprietário/inquilino (re: manutenção)
(14) Entrevistas
(15) Alarmes de bombeiros baseados em computador, fitas de áudio de comunicações e transcrições
(16) Alvarás de construção ou instalação de sistemas

21.2.2.2 Todos os relógios e dispositivos de temporização geralmente não são sincronizados. As discrepâncias entre os diferentes relógios devem ser registradas e os ajustes feitos quando necessário.

21.2.3 Soft Time (Estimado).

21.2.3.1O tempo suave pode ser estimado ou tempo relativo. *Tempo relativo*é a ordem cronológica de eventos ou atividades que podem ser identificadas em relação a outros eventos ou atividades. *Tempo estimado*é uma aproximação baseada em informações ou cálculos que podem ou não ser relativos a outros eventos ou atividades. Muitas vezes, os tempos relativos ou estimados podem ser determinados dentro de um grau conhecido de precisão. Por exemplo, eles podem estar vinculados por dois eventos conhecidos ou dentro de um intervalo de tempo. Pode ser

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

desejável relatá-los como um intervalo de tempo e não como um tempo discreto.

21.2.3.2O tempo relativo pode ser de natureza muito subjetiva. O conceito de tempo decorrido varia com o indivíduo e com o estresse causado pelo incidente. É importante que as testemunhas sejam o mais específicas possível, fazendo com que elas se refiram às suas ações e observações em relação umas às outras e a outros eventos. Todo o tempo relativo é baseado em uma estimativa. Também é possível ter eventos para os quais o tempo estimado não pode ser relacionado a um momento difícil, mas que são valiosos para a análise. Estes são referidos como *tempos estimados*. Os tempos relativos ou estimados são geralmente fornecidos por testemunhas.

21.2.3.3 As fontes potenciais de tempos difíceis incluem as fontes de tempos difíceis listadas em 21.2.2.1, juntamente com a estimativa de tempos para que uma atividade seja executada ou um evento ocorra.

21.2.4 Eventos de Referência. Alguns eventos são particularmente valiosos como base para a linha do tempo ou podem ter relação significativa com a causa, propagação, detecção ou extinção de um incêndio. Estes são referidos como *eventos de referência*. Um exemplo de evento de referência pode ser os horários de despacho e chegada dos bombeiros conforme registrado no relatório de incidente do corpo de bombeiros. Outros exemplos podem incluir eventos como o desabamento de um telhado, a quebra de uma janela ou uma explosão.

21.2.5 Várias Linhas de Tempo.É bem possível que duas ou mais linhas de tempo sejam necessárias para avaliar e documentar efetivamente a sequência de eventos que precipitam o incêndio, o incidente real do incêndio e a atividade pós-incêndio. Essas linhas do tempo podem ser chamadas *macro* e *micro*.

21.2.5.1 Uma avaliação macro de eventos pode incorporar atividades que ocorreram meses antes do incêndio e que terminaram com a demolição do edifício. Como exemplo, esta atividade pode incluir reformas que alteraram o sistema elétrico do edifício e que podem ser atribuídas como fonte de ignição.

21.2.5.2 Uma microavaliação de eventos se concentra em algum segmento discreto da linha do tempo total para o qual o investigador tem um interesse particular. Por exemplo, pode consistir em uma avaliação de eventos durante o período de tempo imediatamente anterior à ignição, durante o combate inicial ao incêndio, durante o crescimento do fogo ou desde a ignição até a extinção.

21.2.5.3 Linhas de tempo paralelas podem ser apresentadas para demonstrar duas ou mais séries de eventos. O objetivo de tal apresentação pode ser mostrar se eles estão ou não relacionados de alguma maneira.

21.2.5.4Várias ferramentas estão disponíveis para auxiliar no desenvolvimento de linhas de tempo. Embora uma linha do tempo simples possa ser construída com lápis e papel, também existem pacotes de software disponíveis, desde simples processamento de texto ou banco de dados até sofisticados softwares de agendamento. Consulte a Figura 21.2.5.4 para obter um exemplo de uma linha de tempo cronológica simples que não identifica os tempos hard, soft ou benchmark e não exibe graficamente as relações temporais entre os eventos.

21.2.5.5 Linha do Tempo em Escala. Uma linha de tempo em escala exibe uma lista de eventos que aparecem na linha de tempo em relação cronológica e de tempo decorrido entre si. Eventos individuais que estão mais próximos uns dos outros no tempo são fisicamente mais próximos na linha do tempo, enquanto os eventos que estão mais distantes no tempo estão mais distantes na linha do tempo e há uma escala definida ou proporção de tempo para distância ao longo da linha de tempo. comprimento da linha. Consulte a Figura 21.2.5.5. Além disso, a Figura 21.2.5.5 identifica os tempos difíceis e suaves listando os tempos difíceis acima da linha do tempo e os tempos suaves ou estimados abaixo. Tempos difíceis na Figura 21.2.5.5 incluem quando John Doe apertou o relógio de ponto no trabalho e os horários relatados de alarme e chegada do corpo de bombeiros, todos os quais podem ser correlacionados com relógios conhecidos. Tempos suaves listados na Figura 21.2.5.5 incluem tempos estimados para ignição, ativação do alarme de fumaça e flashover derivados de modelagem computacional e o tempo estimado em que a testemunha ocular tomou conhecimento do incêndio.

21.3 Análise de Sistemas. As técnicas de análise de sistemas são ferramentas importantes para identificar quando e como a análise e modelagem de engenharia podem ser úteis. Essas técnicas, desenvolvidas para uso em análises de segurança do sistema, incluem análise de efeitos e modos de falha, análise de árvore de falhas, análise de HAZOP e análise de hipóteses. Essas ferramentas fornecem um método sistemático para analisar sistemas para determinar perigos ou falhas. As ferramentas podem utilizar formatos qualitativos ou quantitativos. Probabilidades de risco ou taxas de falha podem ser consideradas ao usar formatos quantitativos. Algumas das técnicas mais comuns - análise de árvore de falhas e modo de falha e análise de efeitos - são descritas em 21.3.1 Através dos 21.3.2. Várias outras análises de sistemas são disponíveis, cada um com suas vantagens e limitações inerentes.

21.3.1* Árvores de Falhas.Uma árvore de falhas é um diagrama lógico que pode ser usado para analisar um incêndio ou explosão. Uma árvore de falhas é desenvolvida usando raciocínio dedutivo. O diagrama coloca, em sequência e posição lógica, as condições e cadeias de eventos que são necessárias para que um determinado incêndio ou explosão ocorra.

21.3.1.1 As árvores de falhas podem ser usadas para testar a possibilidade de um cenário proposto de causa ou propagação do incêndio e para identificar ou avaliar possíveis cenários alternativos. As árvores de falhas são desenvolvidas por

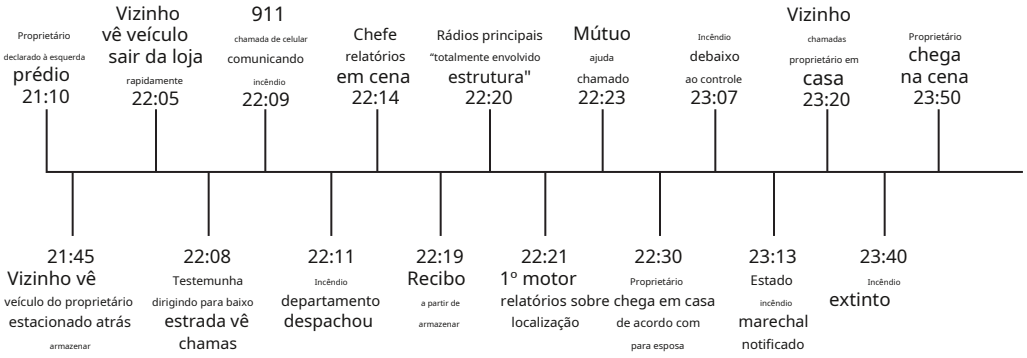


FIGURA 21.2.5.4 Ilustração de uma Linha de Tempo Cronológica Simples.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

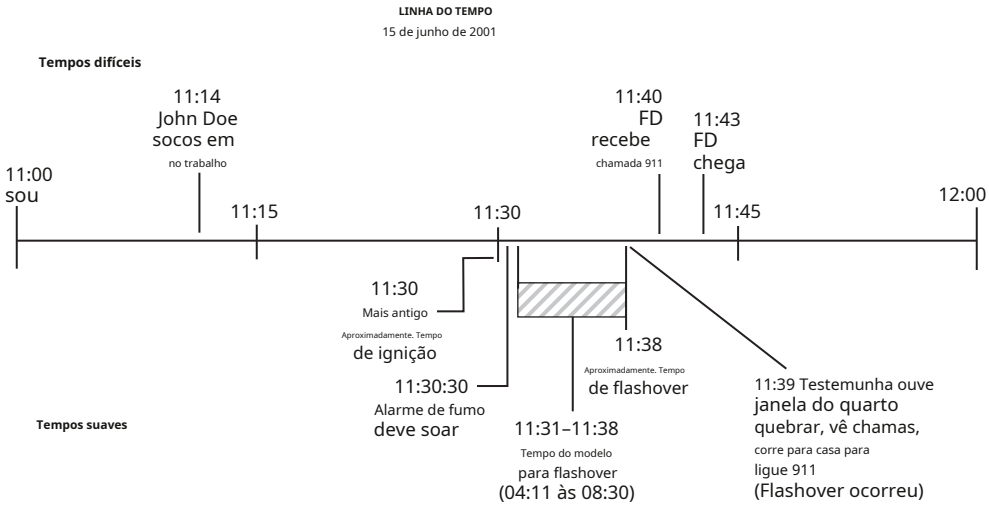


FIGURA 21.2.5.5 **Exemplo de uma linha de tempo em escala (exibindo tempos difíceis acima da linha e soft, ou estimado, tempos abaixo).**

quebrar um evento indesejado em seus elementos causais ou partes componentes. Os componentes são então colocados em sequências lógicas de eventos ou condições necessárias para produzir o incêndio ou explosão, ou em categorias de aspecto específico de dano associado, morte ou lesão. Se as condições não estiverem presentes ou se os eventos não ocorrerem na sequência necessária, o cenário proposto não é possível. Por exemplo, se o cenário proposto exigisse um circuito elétrico ativo e não houvesse serviço elétrico, o cenário estaria incorreto, a menos que uma fonte alternativa para a eletricidade pudesse ser mostrada. A lógica para avaliar os eventos e condições que controlam os eventos indesejados é representada por decisões "e" e decisões "ou". Em uma representação gráfica de uma árvore de falhas, esses pontos de decisão são chamados *portões*. Na maioria dos casos, as árvores de falhas envolvem combinações de portas "e" e portas "ou", conforme mostrado na Figura 21.3.1.1.

21.3.1.2 Para que um evento "e" controlado ocorra, todos os elementos e condições devem estar presentes. Um exemplo usando uma porta "e" é o conjunto de condições que devem estar presentes para que uma lanterna funcione e produza luz. Deve haver boas baterias, a lâmpada deve ser boa e o interruptor deve funcionar para produzir luz. Uma árvore de falhas para este processo é mostrada na Figura 21.3.1.2.

21.3.1.3 Para um evento controlado "ou", qualquer uma das várias séries de elementos e condições pode resultar no evento em questão. Um exemplo usando um portão "ou" seria uma lanterna que não funciona quando o interruptor é acionado. A falha pode ser devido a uma falha no interruptor, uma lâmpada queimada ou problemas na bateria. Figura 21.3.1.3 mostra a árvore de falhas para este exemplo.

21.3.1.4 A análise da árvore de falhas pode ser usada para estimar a probabilidade de um evento indesejado, atribuindo probabilidades às condições e eventos. Atribuir probabilidades confiáveis a eventos ou condições é muitas vezes difícil e pode não ser possível.

21.3.1.5 Todos os componentes do sistema, seus relacionamentos e a validade dos dados usados precisam ser identificados. Para construir uma árvore de falhas adequadamente, pode ser necessário consultar pessoas com conhecimentos especiais sobre o equipamento, materiais ou processos envolvidos.

21.3.1.6 O método de análise da árvore de falhas pode produzir vários cenários viáveis para um determinado evento indesejável. Como resultado de dados insuficientes, pode não ser possível estabelecer qual cenário é mais provável.

21.3.1.7 As fontes sugeridas para os dados a serem usados na análise da árvore de falhas incluem o seguinte:

(1) Manuais de operação e manutenção
(2) Registros de manutenção
(3) Registros de substituição e reparo de peças
(4) Documentos de projeto
(5) Serviços de especialista com conhecimento do sistema
(6) Exame e teste de equipamentos ou materiais exemplares
(7) Bancos de dados de confiabilidade de componentes
(8) Planos de construção e especificações
(9) Relatórios do Corpo de Bombeiros
(10) Documentação da cena do incidente
(11) Declarações de testemunhas
(12) Registros médicos das vítimas
(13) Informações sobre o comportamento humano

21.3.1.8 As árvores de falhas são construídas usando um formato padrão familiar à comunidade técnica. O software está disponível para auxiliar o usuário no desenvolvimento e análise de árvores de falhas.

Δ **21.3.2 Modo de Falha e Análise de Efeitos.** Modo de falha e análise de efeitos (FMEA) é um projeto preditivo técnica usada para identificar fontes básicas de falha e os efeitos de uma falha dentro de um sistema, e segue a sequência lógica de causa, falha ura e efeito. Em investigações de incêndio/explosão, Desenvolvimento de FMEAs Odo pelos projetistas de um componente ou sistema pode ser uma referência valiosa para ajudar a determinar a causa de um incidente. Os FMEAs são preparados preenchendo uma tabela com títulos de coluna, como mostrado na Figura 21.3.2. Os títulos das colunas e o formato da tabela são flexíveis, mas pelo menos os três itens a seguir são comuns:

(1) Item (ou ação) sendo analisado
(2) Falha básica (falha) ou erro que criou o perigo
(3) Consequência da falha

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

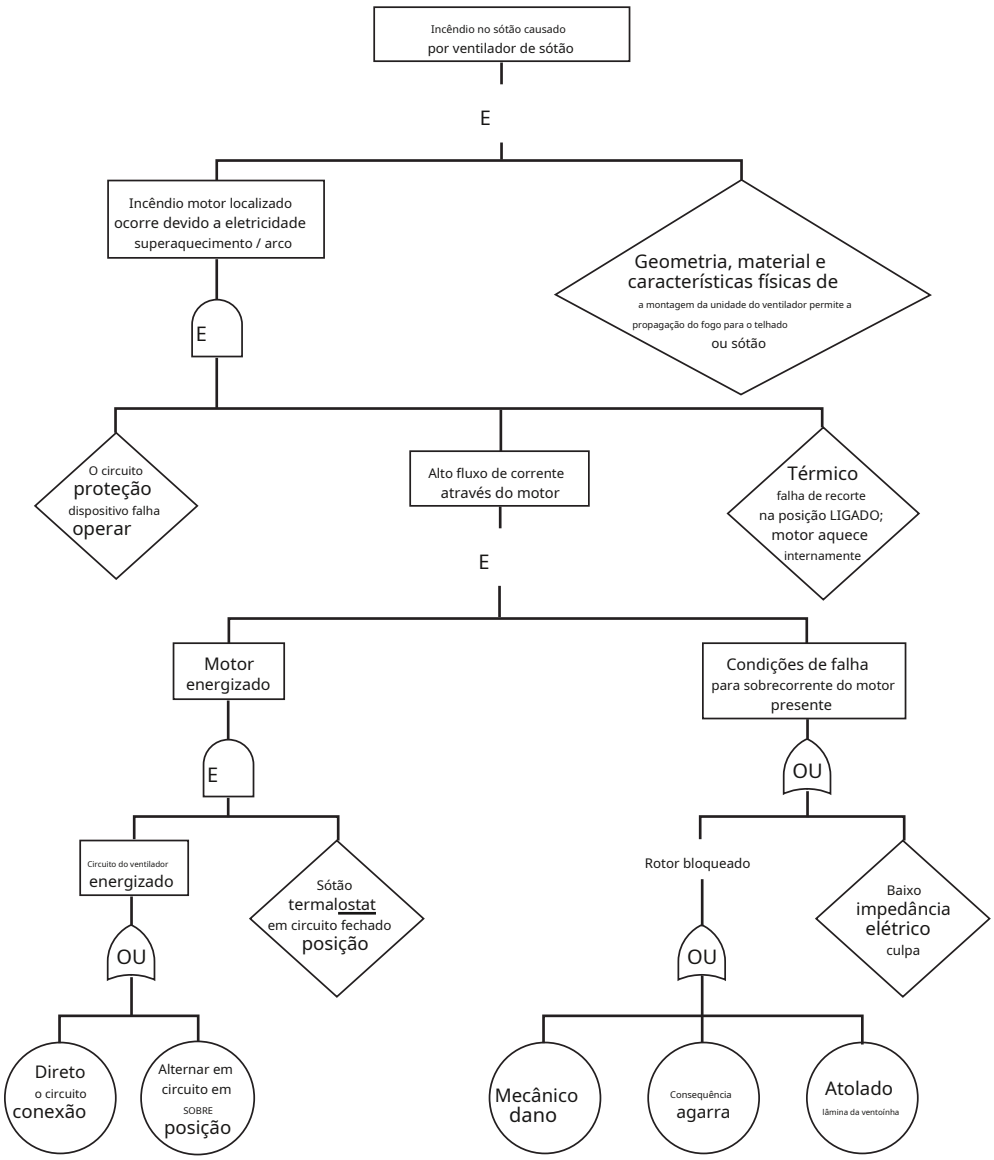


FIGURA 21.3.1.1 Árvore de falhas mostrando a combinação de portas "E" e "Or".

21.3.2.1 O FMEA contra conceitos e relações nnavios entre causa, falha e os efeitos podem ser usados para ajudar a identificar as causas potenciais de um incêndio ou explosão e podem indicar onde uma análise mais aprofundada pode ser benéfica. FMEA é parte particularmente útil em um incidente grande ou complexo. Pode ser eficaz na identificação de fatores, tanto físicos quanto humanos, que poderiam ter contribuído para a causa doo fogo/e explosão. Da mesma forma, pode ser útil em limitante pocausa potencial casos de incêndio/explosão.

21.3.2.2 Colunas adicionais são adicionadas pelo inve apropriado para atender às necessidades da investigação em particular. Uma avaliação da probabilidade de cada modo de falha individual é frequentemente incluída. É útil avaliar as consequências sequência de uma determinada falha em relação ao fogo/explosão. F MEA mesa podem ser catalogados por item e podem ser rve como se refere ence esteira serializados para futuras investigações. Aba FMEA les pode ser d evel- oed usando planilhas de computador ou software especializado.

21.3.2.3 Ao preencher a tabela, o investigador deve considerar a gama de condições ambientais e o status do processo (ou seja, operação normal, desligamento e inicialização) para cada item ou ação. Probabilidades ou graus de verossimilhança podem ser atribuídos a cada ocorrência. Quando uma sequência de falhas é necessária para que o incidente ocorra, as probabilidades ou graus doprobabilidade pode ser combinada para avaliar a probabilidade de que darqualquer sequência de eventos levou ao incidente.

21.3.2.4 Todos os componentes conhecidos do sistema e ações humanas que possam ter contribuído para o incidente precisam ser identificados. A precisão da determinação da sequência dos eventos depende da precisão atribuída a cada um dos modos de falha individuais.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

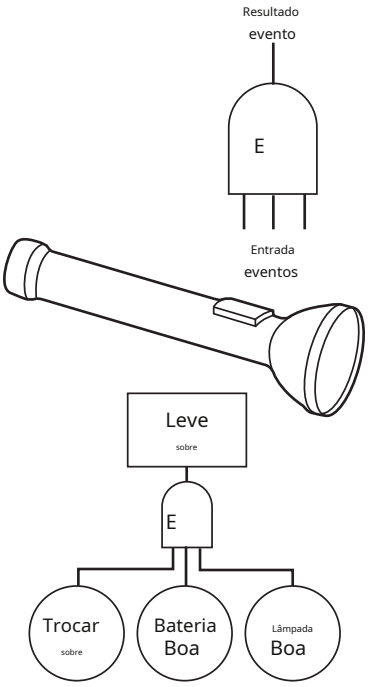


FIGURA 21.3.1.2 **Exemplo de árvore de falhas mostrando "E" Portão.**

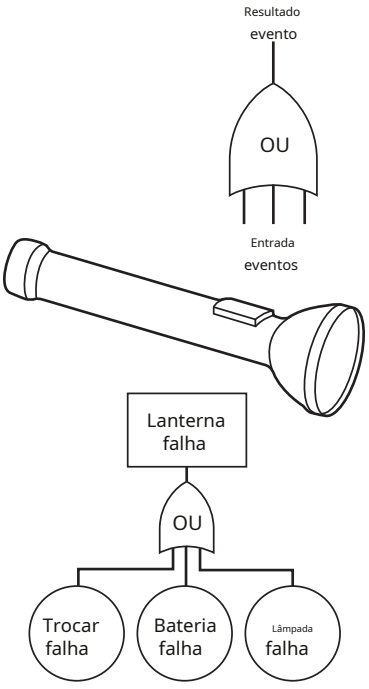


FIGURA 21.3.1.3 **Exemplo de árvore de falhas mostrando "Ou" Portão.**

21.3.2.5 Os dados necessários para um FMEA dependem da extensão da análise desejada. As informações mínimas geralmente incluem uma lista de todos os componentes do sistema e ações humanas que podem ter levado ao incidente, possíveis modos de falha para cada componente e ação e as consequências imediatas de cada falha. É importante reconhecer que muitos componentes do sistema terão mais de um modo de falha, portanto, cada modo de falha possível e suas consequências particulares devem ser listados para cada componente ou ação.

21.3.2.6 Os dados para sistemas e componentes podem ser obtidos de várias fontes, incluindo as seguintes:

(1) Manuais de operação e manutenção
(2) Registros de manutenção
(3) Registros de substituição e reparo de peças
(4) Documentos de projeto
(5) Serviços de especialista com conhecimento do sistema
(6) Exame e teste de equipamentos ou materiais exemplares
(7) Bancos de dados de confiabilidade de componentes
(8) Planos de construção e especificações
(9) Relatórios do Corpo de Bombeiros
(10) Documentação da cena do incidente
(11) Declarações de testemunhas
(12) Registros médicos das vítimas
(13) Informações sobre o comportamento humano

21.3.2.7 Mesa 21.3.2.7 mostra um exemplo hipotético de FMEA aplicado a um determinado cenário de incêndio, na determinação da causa desse incêndio.

21.4 Modelagem Matemática.

21.4.1 Geral. As técnicas de modelagem matemática fornecem ao investigador ferramentas para testar hipóteses sobre a origem e a causa do incêndio/explosão e a causa do dano resultante à propriedade ou lesão às pessoas. Mesmo quando a origem e a causa não são questões, muitas vezes é possível e importante estabelecer a causa dos danos resultantes à propriedade ou às pessoas.

21.4.1.1O escopo desta discussão enfatiza modelos e análises que podem ser exercitados usando cálculos manuais ou computadorizados. O uso dessas ferramentas analíticas depende do escopo da atribuição do investigador, do incidente específico e do objetivo prático da investigação. Um especialista especial pode ser necessário para concluir a análise.

21.4.1.2 Os modelos matemáticos destinam-se a simular ou prever fenômenos do mundo real usando princípios científicos e dados empíricos. Existem inúmeras áreas e disciplinas especializadas que usam modelos. Alguns que provaram ser úteis em investigações de incêndio e explosão são discutidos em 21.4.2 Através dos 21.4.8.

21.4.1.3 Limitações da Modelagem Matemática. a modelagem matemática Matemático cálculos manuais simplificados ou modelos de incêndio por computador, tem limitações e suposições inerentes que devem ser consideradas. Os modelos geralmente se baseiam em dados empíricos e são validados por meio de comparação com outros dados empíricos. Deve-se tomar cuidado para garantir que o modelo esteja sendo usado com o devido respeito às limitações, suposições e validação. Embora os modelos computacionais possam ser usados para testar hipóteses, os modelos não devem ser utilizados como a única base para determinar a origem e a causa do incêndio.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

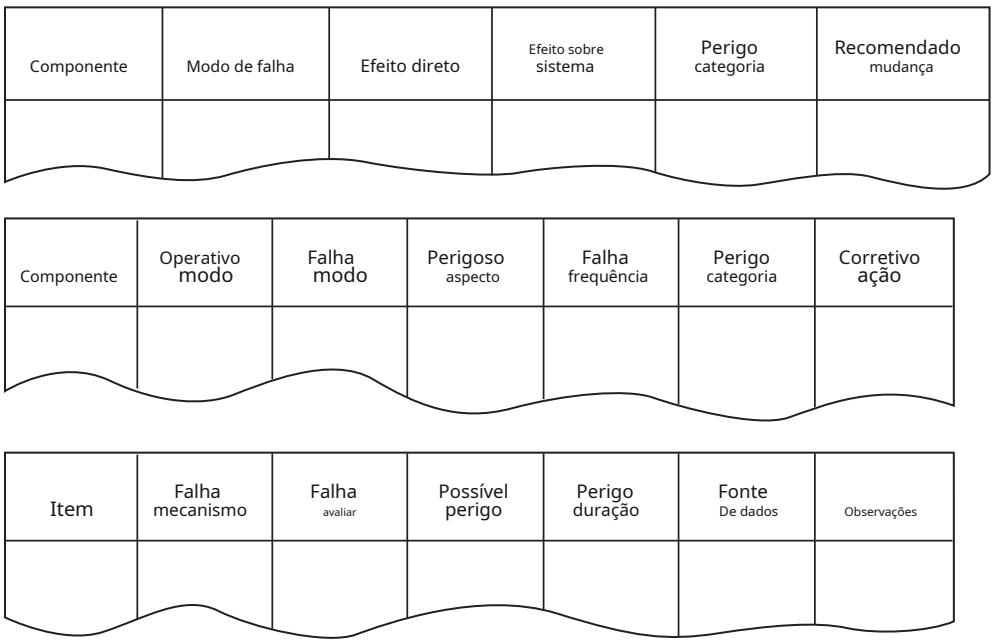


FIGURA 21.3.2 Exemplos Simplificados de Modos de Falha e Formulários de Análise de Efeitos.

Tabela 21.3.2.7 Amostra de Modo de Falha e Análise de Efeitos para Incêndio no Refeitório

Componente Item	Falha Modo	Causa de Falha	Efeitos de Falha	Perigo Criada	Necessário Condições	Indicação de Falha
Máquina de café	Aquecedor atual fluxos sem desligar	Ligar para a esquerda e controles falhou	"Ferve" qualquer água no reservatório; Escapamento térmico de aquecimento elemento; local temperatura aumenta acima 600°C	Ignição de caixa de plástico	Ligar; trocar ligado ou falha fechado; termostato falha na posição LIGADO; ambos térmicos fusíveis não abrem	Fusão de alumínio habitação ao redor elemento de aquecimento; condensado alumínio na base do fabricante; termostato circuito fechado; Ambas fusíveis circuito fechado
Variar (elétrico)	Autoignição de cozinhar óleo	Autônomo cozinhando Falha de controle	Temperatura do óleo levantado acima ignição automática temperatura	Fogo de óleo ardente e grande quantidade de fumaça	Unidade ligada; ligar ou falha na posição fechada; não temperatura regulamento	Controle do queimador em ON posição; derretido panela de alumínio; óleo consumido ou derramado na unidade; Contatos fundido ou soldado

Nota: Os dados e conclusões apresentados nesta tabela são hipotéticos e usados apenas para fins de exemplo.

21.4.1.4 No seleção de um matemático modelo para uso em h teste de hipótese g, o escopo, ap presponsabilidade, fundamento, e validação uma verificação do modelo s deve ser consi estimado. Modelos selecionado deve b e conhecido por ser capto de addr essing a tecnologia questões nicas colocadas no teste de hipóteses. O uso de software proprietário pode criar problemas que precisarão ser resolvidos com relação à capacidade de outras partes examinarem os resultados e usarem o software.

21.4.1.5 Dentro coloca em matemática ematico deles estão sujeitos ect para incer- impurezas que deve ser c considerado em os avaliadores do modelo resultados. º e efeito de eu nput uncert uma es em m resultados de odel deve ser avaliada por meio de análise de sensibilidade. As incertezas nas entradas do modelo podem aumentar significativamente se métodos padronizados para determinação de entrada não tiverem sido desenvolvidos em conjunto com o modelo selecionado. Outras fontes de incerteza nos insumos podem resultar do uso de dados de a literatura de ciência do fogo ou uso de determinação também para exp material exemplar de entradas de modelo.

21.4.1.6* Os resultados dos modelos matemáticos estão sujeitos a incertezas. lidades resultantes de aproximações feitas dentro do modelo. As incertezas introduzidas pelas aproximações de modelagem devem ser consideradas no teste de hipóteses. As informações sobre incertezas de modelagem são normalmente incluídas na validação e documentos de verificação (V e V). Comparações adicionais de modelo resultados com resultados experimentais relevantes existentes ser útil podem ajudar a estabelecer ainda mais a base V & V do modelo use em t para a investigação.

21.4.1.7 Os arquivos de entrada e de saída de modelos de computador devem ser mantidos em sua forma original como parte do registro da investigação. Quando os arquivos de entrada e saída são fornecidos a terceiros, os arquivos devem ser fornecidos eletronicamente em

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

sua forma original para que possam ser usados e examinados por meio de software destinado a esse fim. Os arquivos não devem ser fornecidos como digitalizações ou fac-símiles, onde a capacidade de usar ou examinar os resultados via software é limitada. Tal como acontece com todas as questões de descoberta, as partes são livres para litigar a razoabilidade do escopo da descoberta, compartilhamento de custos, ônus da produção e proteção de segredos de propriedade ou comerciais. Os tribunais podem criar soluções que acomodem e protejam os interesses de todas as partes.

21.4.2 Análise de Transferência de Calor.

21.4.2.1 Os modelos de transferência de calor permitem a análise quantitativa de condução, convecção e radiação em cenários de incêndio. Esses modelos são então usados para testar hipóteses sobre a causa do incêndio, propagação do fogo e danos resultantes à propriedade e lesões às pessoas. Modelos de transferência de calor são frequentemente incorporados a outros modelos, incluindo análise estrutural e dinâmica do fogo. Vários textos gerais sobre análise de transferência de calor estão disponíveis.

21.4.2.2 Modelos e análises de transferência de calor podem ser usados para avaliar várias hipóteses, incluindo aquelas relacionadas ao seguinte:

(1) Competência da fonte de ignição*(Consulte a Seção 19.3.)*
(2) Danos ou ignição ao(s) edifício(s) adjacente(s)
(3) Ignição de itens de combustível secundário
(4) Transmissão térmica através de elementos de construção

21.4.3 Concentrações de Gás Inflamável. Os modelos podem ser usados para calcular as concentrações de gás em função do tempo e da elevação no espaço e podem auxiliar na identificação de fontes de ignição. A modelagem da concentração de gás inflamável, combinada com uma avaliação de danos por explosão ou incêndio e a localização de possíveis fontes de ignição, pode ser usada (a) para estabelecer se um vazamento suspeito ou alegado pode ter sido a causa de uma explosão ou incêndio, e (b) determinar quais fontes de gás ou vapor de combustível foram consistentes com o cenário de explosão ou incêndio, danos e possíveis fontes de ignição.

21.4.4 Análise Hidráulica.

21.4.4.1A análise de sistemas automáticos de irrigação e abastecimento de água é muitas vezes necessária na avaliação da causa da perda. Os mesmos modelos matemáticos e códigos de computador usados para projetar esses sistemas podem ser usados na análise de perdas. No entanto, os métodos de aplicação são diferentes para o projeto do que para a análise forense.

21.4.4.2 Uma aplicação comum da análise hidráulica é determinar por que um sistema de sprinklers não controlou um incêndio. A modelagem também pode ser usada para investigar a perda associada a uma única abertura do aspersor, investigar o efeito da incrustação na tubulação e determinar o efeito da posição da válvula no desempenho do sistema no momento da perda. Existem também modelos e métodos disponíveis para analisar o fluxo através de sistemas que não sejam sistemas à base de água, como dióxido de carbono, agentes de supressão gasosa, produtos químicos secos e combustíveis.

21.4.5 Análise Termodinâmica do Equilíbrio Químico. Incêndios e explosões que se acredita serem causados por reações de misturas químicas conhecidas ou suspeitas podem ser investigados por uma análise termodinâmica das prováveis misturas químicas e contaminantes potenciais.

21.4.5.1A análise de equilíbrio químico termodinâmico pode ser usada para avaliar várias hipóteses, incluindo aquelas relacionadas ao seguinte:

(1) Reação(ões) que poderiam ter causado o incêndio/explosão
(2) Mistura inadequada de produtos químicos
(3) Papel da contaminação
(4) Papel das condições ambientais
(5) Potencial de um produto químico ou mistura química para superaquecer
(6) Potencial para uma mistura química ou química produzir vapores ou gases inflamáveis
(7) Papel da ação humana nas falhas do processo

21.4.5.2A análise de equilíbrio de reação termodinâmica tradicionalmente exigia cálculos manuais tediosos. Os programas de computador atualmente disponíveis tornam essa análise muito mais fácil de realizar. Os programas de computador normalmente requerem várias propriedades do material como entradas, incluindo fórmula química, massa, densidade, entropia e calor de formação.

21.4.5.3 As reações químicas que não são favorecidas pela termodinâmica podem ser eliminadas da consideração como causa de um incêndio. As reações termodinamicamente favorecidas devem ser analisadas posteriormente para determinar se a taxa cinética das reações consideradas é rápida o suficiente para causar ignição, dadas as circunstâncias particulares do incêndio.

21.4.6 Análise Estrutural.Técnicas de análise estrutural podem ser utilizadas para determinar as razões de falha estrutural ou mudança durante um incêndio ou explosão. Numerosas referências podem ser encontradas em bibliotecas de engenharia, abordando assuntos como resistência de materiais, fórmulas para elementos estruturais simples e análise estrutural de conjuntos.

21.4.7* Análise de Saída.A falha dos ocupantes em escapar pode ser uma das questões críticas que um investigador precisa resolver. Modelos de saída podem ser utilizados para analisar o movimento dos ocupantes em condições de incêndio. A integração de modelos de saída com um modelo de dinâmica de incêndio é muitas vezes necessária para avaliar o efeito do ambiente de incêndio sobre os ocupantes. Consulte a Seção 11.3 sobre fatores humanos.

21.4.8* Análise da Dinâmica do Fogo.As análises da dinâmica do fogo consistem em equações matemáticas derivadas de princípios científicos fundamentais ou de dados empíricos. Eles variam de simples equações algébricas a modelos de computador que incorporam muitas equações individuais de dinâmica do fogo. A análise da dinâmica do fogo pode ser usada para prever fenômenos de incêndio e características do ambiente, como o seguinte:

(1) Tempo para flashover
(2) Temperaturas do gás
(3) Concentrações de gás (oxigênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono e outros)
(4) Concentrações de fumaça
(5) Taxas de fluxo de fumaça, gases e combustível não queimado
(6) Temperaturas das paredes, teto e piso
(7) Tempo de ativação dos detectores de fumaça, detectores de calor e sprinklers
(8) Efeitos da abertura ou fechamento de portas, quebra de janelas ou outros eventos físicos

21.4.8.1 Análises de dinâmica do fogo podem ser usadas para avaliar hipóteses sobre a origem e desenvolvimento do fogo. As análises usam dados de construção e princípios de dinâmica do fogo e dados para prever o ambiente criado pelo fogo sob uma hipótese proposta. Os resultados podem ser comparados com evidências físicas e de testemunhas oculares para apoiar ou refutar a hipótese.

21.4.8.2 Dados de construção, conteúdo e dinâmica de incêndio estão sujeitos a incertezas. Os efeitos dessas incertezas devem ser avaliados por meio de uma análise de sensibilidade e devem ser incorporados.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

testados em testes de hipóteses. As incertezas podem incluir a condição das aberturas (abertas ou fechadas), as características da carga de incêndio, as taxas de fluxo HVAC e a taxa de liberação de calor dos pacotes de combustível. Consulte a Seção para procedimentos de coleta de dados recomendados. 21.6

21.4.8.3 As análises dinâmicas do fogo geralmente podem ser classificadas em três categorias: análises dinâmicas especializadas do fogo, modelos de zona e modelos de campo. Eles estão listados em ordem crescente de complexidade e poder computacional necessário.

21.4.8.3.1* Rotinas Especializadas em Dinâmica de Incêndio.Rotinas especializadas em dinâmica de incêndio são procedimentos simplificados projetados para resolver uma única questão de foco restrito. Em muitos casos, essas rotinas podem responder a questões relacionadas a uma reconstrução de incêndio sem o uso de um modelo de incêndio. Normalmente, são necessários muito menos dados para essas rotinas do que o necessário para executar um modelo de incêndio. Exemplos de rotinas de dinâmica de incêndio podem ser encontrados em NUREG–1805, Fire Dynamics Tools (FDTs).

21.4.8.3.2 Modelos de Zona.A maioria dos modelos de crescimento de incêndio que podem ser executados em computadores pessoais são modelos de zona. Os modelos de zona geralmente dividem cada sala em dois espaços ou zonas, uma zona superior que contém os gases quentes produzidos pelo fogo e uma zona inferior que é a fonte do ar para combustão. Os tamanhos das zonas mudam durante o curso do incêndio. A zona superior pode se expandir para ocupar praticamente todo o espaço da sala.

21.4.8.3.3 Modelos de Campo, Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD). Os modelos CFD geralmente requerem estações de trabalho de computador de grande capacidade ou computadores mainframe. Ao dividir o espaço em muitas células pequenas (frequentemente dezenas de milhares), os modelos CFD podem examinar os fluxos de gás com muito mais detalhes do que os modelos de zona. Onde tal detalhe é necessário, muitas vezes é necessário usar a sofisticação de um modelo de campo. Em geral, no entanto, os modelos de campo são muito mais caros de usar, exigem mais tempo para configurar e executar e muitas vezes exigem um alto nível de experiência para tomar as decisões necessárias na configuração do problema e na interpretação da saída produzida pelo modelo. modelo. O uso de modelos CFD na investigação de incêndios e litígios relacionados, no entanto, está aumentando. Os modelos CFD são particularmente adequados para situações em que a configuração do espaço ou do combustível é irregular, onde a turbulência é um elemento crítico,

21.4.9 Diretrizes para Seleção e Uso de um Modelo de Incêndio. As análises da dinâmica do fogo, particularmente aquelas que usam modelos de fogo, podem avaliar hipóteses sobre a origem e desenvolvimento do fogo. T ele metodo logia para si lendo e usar um modelo de fogo é apresentar d no SFP E *Motor r Guia de programação: G fluido elines para Substâncias comendo um Fire Modelo para um determinado aplicativo licenciatura n* e representado graficamente na Figura 21.4.9.

21.4.9.1 Definindo o problema lem.o investigador/analista precisa de ser capaz de articular a questão para qual modelagem é difícil t. A inv estimador deve stat e por que o problema garantias um numerica eu estudo um d que fogo d avaliações dinâmicas do problema foram conduzidos anteriormente deste incidente. Os principais fenômenos e física do incêndio devem ser descritos (por exemplo, transferência de calor, combustão e resposta de materiais) juntamente com sua compreensão de como eles se aplicam ao problema. O processo de seleção inclui determinar se um modelo é aplicável à questão e, se aplicável, escolher um modelo apropriado para gerar saída adequada para responder à questão. posição ed.

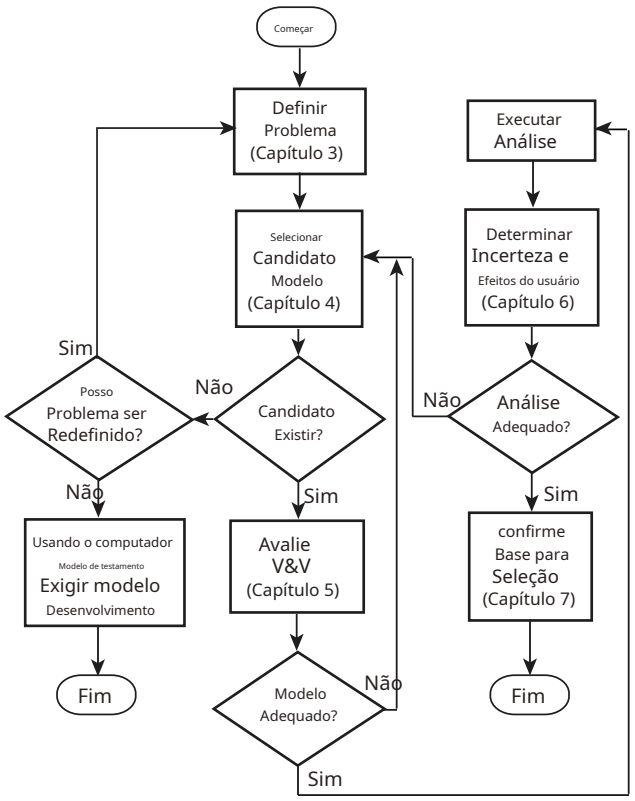


FIGURA 21.4.9 **Fluxograma de Seleção de Modelo de Incêndio.**

21.4.9.2 Selecione um Modelo Candidato. Há uma seleção de fogo modelos usados para prever fenômenos de incêndio. Além da saída necessária, os fatores de seleção incluem recursos computacionais, limitações de tempo, nível de precisão, dados de entrada disponíveis e equações governantes subjacentes. O modelador deve considerar a variedade de modelos candidatos e pode usar vários modelos para fins de comparação. Se não existir nenhum modelo candidato, o problema pode exigir redefinição ou um novo modelo pode precisar ser desenvolvido. O analista deve avaliar as informações disponíveis para entrada no modelo, as saídas desejadas e os recursos disponíveis.

Δ **21.4.9.3 Verificação e Validação do Modelo.**O SFPE *Engenharia Guia de aperfeiçoamento: Diretrizes para fundamentar um modelo de fogo para um determinado Inscrição* enfatiza que antes de selecionar um modelo para um determinado problema, o analista precisa determinar se o modelo selecionado é capaz de gerar um resultado útil. Este processo, conhecido como verificação e validação (V & V), é estabelecido na ASTM E1355, *Guia Padrão para Avaliação da Capacidade Preditiva de Modelos Determinísticos de Incêndio*.Os desenvolvedores do modelo já devem ter realizado esse processo e seus dados de V&V devem estar disponíveis na documentação. A Comissão Reguladora Nuclear dos EUA (NRC) realizou estudos de V&V que podem ser úteis. Veja a figura 21.4.9.3(a) e Figura 21.4.9.3(b) para um comparação dos valores previstos versus valores medidos.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

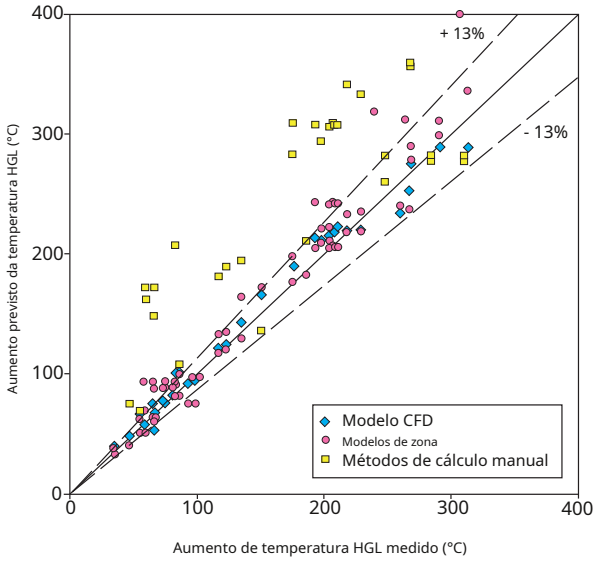


FIGURA 21.4.9.3(a) Camada de gás quente prevista (HGL) versus valores de temperatura HGL medidos de modelos analíticos, de zona e de campo. Fonte: *Verificação e validação de modelos de incêndio atuais para uso em aplicações de usinas nucleares*, NUREG 1824, *Verificação e validação de modelos de incêndio selecionados para aplicações de usinas nucleares*, 2010.

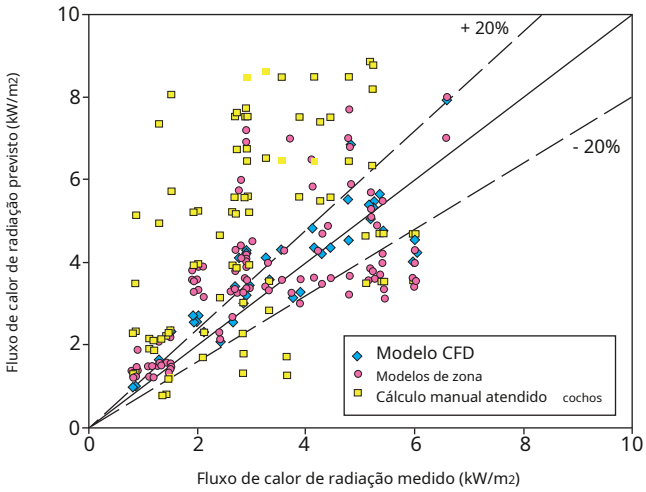


FIGURE 21.4.9.3(b) Fluxo de Calor de Radiação Previsto Medido Rad contra Meu uma Valores de fluxo de calor iônico de modelos analíticos não, e Fide Zo eld. Fonte: *Verificação e validação de arquivos atuais para ré Muso em aplicações de usinas nucleares*, ENFERM *rificação e Vale* EG 1824, *Ve at ção de modelos de fogo selecionados para aplicações de ar Power Pl formigas nucleares*, 2010.

21.4.9.4 Incerteza e Efeitos do Usuário. Como em qualquer modelo matemático ou computacional, a magnitude ou incerteza dos resultados depende não apenas do modelo, mas das escolhas feitas para entrada de dados e interpretação dos resultados. Esta incerteza é chamada de efeitos do usuário e deve ser levada em consideração. Os efeitos do usuário podem ser abordados por meio de avaliações, como análises de sensibilidade ou comparação com outros resultados do modelo.

21.4.9.5 Documentação. A documentação de todo o processo é importante para qualquer caso. Esta documentação deve incluir o seguinte:

(1) Definição do problema e física chave e fenômenos de fogo

(2) Seleção do modelo ou modelos candidatos e suas entradas e saídas

(3) Citações referenciadas V & V aplicáveis

(4) Avaliação dos efeitos do usuário

(5) Os arquivos de dados usados com o modelo ou modelos selecionados

21.5 Teste de Incêndio.

21.5.1 Papel do Teste de Incêndio. O teste de incêndio é uma ferramenta que pode fornecer dados que complementam os dados coletados no local do incêndio *(ver 4.3.3)*, ou pode ser usado para testar hipóteses *(ver 4.3.6)*. Esses testes de incêndio podem variar em escopo, desde testes em escala de bancada até recriações em escala real de todo o evento. Estes testes podem estar relacionados com a origem e causa do incêndio, ou com a propagação e desenvolvimento do mesmo. Os componentes e subsistemas a serem testados podem incluir conteúdo de construção, sistemas de construção e elementos arquitetônicos e estruturais do próprio edifício.

21.5.1.1 Usado como parte da coleta de dados, o teste de incêndio pode fornecer informações sobre as características dos combustíveis ou itens consumidos no incêndio, sobre as características dos materiais ou conjuntos afetados pelo incêndio ou sobre os processos de incêndio que podem ter desempenhado um papel no incêndio. . Essas informações são valiosas na análise de dados e na formação de hipóteses. *(Consulte também a Seção 17.11.)*

21.5.1.2 Usado como parte do teste de hipóteses, o teste de incêndio pode ajudar a avaliar se uma hipótese é consistente com os fatos do caso e as leis da ciência do fogo. Desta forma, o teste de fogo é usado da mesma forma que a modelagem de fogo. Além disso, o teste de incêndio pode apoiar a modelagem fornecendo dados de entrada para modelos ou fornecendo dados de referência que podem ser usados para avaliar a precisão e aplicabilidade de um modelo.

21.5.2* Métodos de Teste de Incêndio. Na medida do possível, os métodos, procedimentos e instrumentação de teste de fogo devem seguir ou ser modelados após testes padrão ou métodos de teste que foram relatados na literatura científica de fogo. Testes consistentes com os métodos de teste padrão ou a literatura científica do fogo contribuirão para a credibilidade científica dos resultados. Testes não realizados de acordo com um padrão reconhecido devem ser consistentes com os fatos relevantes do caso. Testes confiáveis incluem o uso de materiais e montagens que sejam exemplos adequados de materiais e montagens reais, bem como a realização de experimentos que reflitam as condições relevantes da cena no momento do incêndio. Dados valiosos podem ser obtidos a partir de testes que abordam aspectos limitados de um incidente de incêndio.

21.5.3 Limitações do Teste de Incêndio. Embora o teste de incêndio possa fornecer informações úteis, não é possível recriar perfeitamente todas as condições de um incêndio específico que podem afetar os resultados de um teste de incêndio em escala real. As condições meteorológicas são um exemplo de parâmetro que pode não ser reproduzido prontamente e que

Copyright Associação Nacional de Proteção contra Incêndios
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

pode afetar os resultados de um teste de fogo. Essas condições devem ser consideradas para chegar a conclusões baseadas nos resultados do teste.

21.6 Dados Necessários para Modelagem e Teste. Os dados da cena necessários para modelagem e teste, normalmente obtidos pelo investigador de incêndio, são usados para quantificar ou caracterizar a cena física. Os dados de cena relevantes incluem dimensões estruturais; tipo de materiais de construção; tamanho, localização e tipo de conteúdo; e tamanho, localização e tipo de fontes de ventilação.

21.6.1 Materiais e Conteúdos.

21.6.1.1 Uma análise significativa de um incêndio requer a compreensão da taxa de liberação de calor, taxa de crescimento do fogo e calor total liberado. A determinação desses parâmetros requer a identificação dos tipos, quantidades, localização e configuração do combustível realmente envolvido no incêndio. Por exemplo, uma configuração vertical queimará mais rápido do que uma configuração horizontal do mesmo combustível.

21.6.1.2 A composição, espessura, condição e camadas dos materiais que compõem as paredes, pisos, janelas, portas e teto devem ser documentados. O teto, parede e acabamentos decorativos, bem como o tipo, configuração e condição do conteúdo, devem ser documentados.

21.6.2 Ventilação. Compreender as condições de ventilação é importante para a validade de um teste ou modelo de incêndio. A posição e condição de portas, janelas, clarabóias e outras fontes de ventilação, como exaustores controlados por termostato, devem ser determinadas. É importante determinar quando as fontes de ventilação foram abertas ou fechadas. Os efeitos da ventilação podem incluir vento, ventilação do corpo de bombeiros e operação de HVAC e devem ser considerados.

Capítulo 22 Explosões

22.1* Geral.

22.1.1 Historicamente, o termo explosão tem sido difícil de definir com precisão. A evidência que indica que uma explosão ocorreu inclui danos ou mudanças provocadas pela sobrepressão da explosão como um elemento integral, produzindo efeitos físicos em estruturas, equipamentos e outros objetos.

22.1.2 Este efeito pode resultar do confinamento da sobrepressão da explosão ou do impacto de uma pressão não confinada ou onda de choque em um objeto, como uma pessoa ou estrutura. Sobrepressão é a pressão gerada ou liberada em excesso da pressão ambiente circundante. *(Consulte a seção 22.11.)*

22.1.3 Definição de Explosão. Para investigações de incêndio e explosão, uma explosão é a conversão repentina de energia potencial (química ou mecânica) em energia cinética com a produção e liberação de gás(es) sob pressão. Esses gases então fazem trabalho mecânico, como derrotar seu recipiente confinante ou mover, alterar ou quebrar materiais próximos.

22.1.3.1 Falha do Vaso Hidrostático. A falha e a ruptura de um tanque ou vaso devido à pressão hidrostática de um fluido não compressível, como a água, não é uma explosão, porque a pressão não é criada pelo gás. Explosões são gás-dinâmicas.

22.1.3.2 Incêndios Relâmpagos. Um incêndio repentino é um incêndio que se espalha rapidamente através de um combustível difuso, como poeira, gás ou vapores de um líquido inflamável, sem a produção de pressão prejudicial. A ignição de combustíveis difusos nem sempre causa explosões. A ocorrência de uma explosão depende da localização e concentração de combustíveis difusos e da geometria, ventilação e resistência da estrutura confinante ou vaso, se presente, e da presença de obstáculos.

22.1.4 Embora uma explosão seja quase sempre acompanhada pela produção de um ruído alto, o ruído em si não é um elemento essencial na definição de uma explosão. A geração e o escape violento de gases são os critérios primários de uma explosão.

22.1.5 A ignição de uma mistura inflamável de vapor-ar dentro de uma lata, que arrebenta a lata ou até mesmo sai da tampa, é considerada uma explosão. A ignição da mesma mistura em campo aberto, enquanto for uma deflagração, não pode ser uma explosão conforme definido neste documento, ainda que possa haver liberação de gás sob pressão.

22.1.6 Ao aplicar este capítulo, o investigador deve ter em mente que existem vários fatores que controlam os efeitos das explosões e a natureza dos danos produzidos. Esses fatores incluem o tipo, a quantidade e a configuração do combustível, o tamanho e a forma do vaso ou estrutura de contenção, os obstáculos localizados dentro da estrutura, o tipo e a resistência dos materiais de construção do vaso ou estrutura de contenção e o tipo e quantidade de ventilação presente. *(Consulte a Seção 22.6.)*

22.1.7 As seções deste capítulo apresentam técnicas e termos de análise de explosão que foram desenvolvidos principalmente a partir da análise de explosões envolvendo fontes de combustível difusas, como gases inflamáveis, poeiras e vapores de líquidos inflamáveis em edifícios, conforme descrito na seção do capítulo Sistemas de Construção. sobre Tipos de Construção. O escopo deste capítulo abrange todas as estruturas em geral. No entanto, muitos dos auxílios desenvolvidos para cobrir danos estruturais são mais apropriados para estruturas residenciais e comerciais, por exemplo, danos de ordem alta/baixa. O leitor é avisado de que a aplicação desses princípios a estruturas de outros tipos de construção pode exigir pesquisa adicional e/ou orientação de outras referências sobre efeitos de explosão. A análise de explosões envolvendo explosivos em fase condensada (sólida ou líquida),

22.1.8 A investigação de eventos de explosão pode ser uma tarefa extremamente complicada, técnica, científica e potencialmente perigosa. Investigadores confrontados com a necessidade de investigar uma cena de explosão que exceda os recursos disponíveis ou que estejam além de seu conhecimento ou experiência, o investigador deve proteger a cena para preservar as evidências e se esforçar para obter conhecimento técnico e recursos adequados para realizar a investigação da cena. de forma segura e correta.

22.2* Tipos de Explosões. Existem dois tipos principais de explosões com os quais os investigadores estão rotineiramente envolvidos: mecânica e química, com vários subtipos dentro desses tipos. Esses tipos são diferenciados pela fonte ou mecanismo pelo qual a sobrepressão da explosão é produzida.

22.2.1 Explosões Mecânicas. Uma explosão mecânica é a ruptura de um recipiente fechado, cilindro, tanque, caldeira ou recipiente de armazenamento similar, resultando na liberação de gás ou vapor pressurizado. A pressão dentro do recipiente, estrutura ou recipiente confinado não é devido a uma reação química ou alteração na composição química das substâncias no recipiente.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

22.2.2* BLEVEs. A explosão de vapor expansivo de líquido em ebulição (BLEVE) é o tipo de explosão mecânica que será encontrada com mais frequência pelo investigador de incêndio. São explosões envolvendo vasos que contêm líquidos sob pressão em temperaturas acima de seus pontos de ebulição atmosféricos. O líquido não precisa ser inflamável. BLEVEs são um subtipo de explosões mecânicas, mas são tão comuns que são tratados aqui como um tipo de explosão separado. Um BLEVE pode ocorrer em embarcações tão pequenas quanto isqueiros descartáveis ou latas de aerossol e tão grandes quanto vagões-tanque ou tanques de armazenamento industrial. Embora o evento inicial possa ser causado por uma falha do vaso, a explosão e a sobrepressão associadas a um BLEVE são devidas à expansão do gás ou vapor pressurizado no ullage (espaço de vapor) combinado com o vapor de liberação do líquido em rápida ebulição.

22.2.2.1 Um BLEVE ocorre frequentemente quando a temperatura do líquido e do vapor dentro de um tanque ou recipiente confinado é aumentada por um incêndio de exposição ao ponto em que a pressão interna crescente não pode mais ser contida e o recipiente explode. *(Veja a figura 22.2.2.1)*. Esta ruptura do vaso confinante submete o líquido pressurizado a uma queda repentina de pressão e permite que ele vaporize quase instantaneamente, contribuindo para a sobrepressão e explosão. Se o conteúdo for inflamável, quase sempre há um incêndio. Se o conteúdo for incombustível, ainda pode haver um BLEVE, mas não há ignição dos vapores. A ignição geralmente ocorre a partir do calor externo original que causou o BLEVE ou de alguma fonte elétrica ou de fricção criada pela explosão ou fragmentos do vaso.

22.2.2.2 Um BLEVE também pode resultar de uma redução na resistência de um recipiente como resultado de danos mecânicos ou aquecimento localizado acima do nível do líquido. Esta ruptura do vaso de confinamento submete o líquido pressurizado a uma queda repentina de pressão e permite que ele vaporize quase instantaneamente, contribuindo para a sobrepressão e explosão. Um exemplo comum de um BLEVE que não envolve um líquido inflamável é a explosão de uma caldeira a vapor. A fonte de sobrepressão é o vapor criado pela vaporização repentina da água. Essa sobrepressão e explosão podem falhar catastroficamente na caldeira. Nenhuma reação química, combustão ou nuclear é necessária. Isso contribui para a fonte de energia, sobrepressão e explosão. A natureza química do vapor (H_2O) não é alterado.

22.2.2.3 Os BLEVEs também podem resultar de danos mecânicos, enchimento excessivo, reação descontrolada, explosão do espaço de vapor por superaquecimento e falha mecânica. Veja a figura 22.2.3, que mostra a extensão dos possíveis danos de um BLEVE.



FIGURA 22.2.2.1 Um cilindro de GLP que sofreu um BLEVE como resultado da exposição a um incêndio externo.



FIGURA 22.2.2.3 **Um vagão-tanque ferroviário de butadieno que Sofreu um BLEVE como resultado do aquecimento criado por uma reação química interna.**

22.2.3* Explosões Químicas.

22.2.3.1 Em explosões químicas, a geração de sobrepressão é o resultado de reações exotérmicas em que a natureza química fundamental do combustível é alterada. As reações químicas do tipo envolvido em uma explosão geralmente se propagam em uma frente de reação distante do ponto de iniciação.

22.2.3.1.1 Explosões de Combustão. As explosões químicas mais comuns são aquelas causadas pela queima de combustíveis de hidrocarbonetos combustíveis. São explosões de combustão e são frequentemente caracterizadas pela presença de um combustível com ar como oxidante. Uma explosão de combustão também pode envolver poeiras. Nas explosões de combustão, as sobrepressões são causadas pela rápida produção em volume de produtos de combustão aquecidos à medida que o combustível queima.

22.2.3.1.2 Explosões químicas podem envolver combustíveis sólidos ou misturas explosivas de combustível e oxidante, mas mais comuns para o investigador de incêndio serão reações envolvendo gases, vapores ou poeiras misturadas com o ar. Tais reações de combustão são chamadas de reações de propagação porque ocorrem progressivamente através do reagente (combustível), com uma frente de chama ou zona de reação definível separando o combustível reagido e não reagido.

22.2.3.1.3 As explosões de combustão são classificadas como deflagrações ou detonações, dependendo da velocidade de propagação da frente de chama através da mistura ar-combustível. Isso não deve ser confundido com a velocidade da chama, que é a velocidade de propagação da chama em relação a um ponto fixo. Os regimes de propagação das frentes de chama são descritos com mais precisão como deflagração ou detonação. *(Veja a figura 22.2.3.)*

22.2.3.1.3.1 As detonações são reações de combustão nas quais a velocidade da zona de reação em relação aos inflamáveis que não reagiram é mais rápida que a velocidade do som. As detonações são zonas de reação que são auto-inflamadas pelas ondas de choque à frente da chama. As detonações são processos autossustentáveis e não requerem outros mecanismos de condução. Para iniciar uma detonação é necessária uma liberação muito forte de energia (ou seja, transição de deflagração para detonação (DDT) ou a detonação de explosivos).

22.2.3.1.4 Vários subtipos de explosões de combustão podem ser classificados de acordo com os tipos de combustíveis envolvidos. Os mais comuns desses combustíveis são os seguintes:

(1) Gases inflamáveis
(2) Vapores de líquidos inflamáveis (inflamáveis e combustíveis)

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

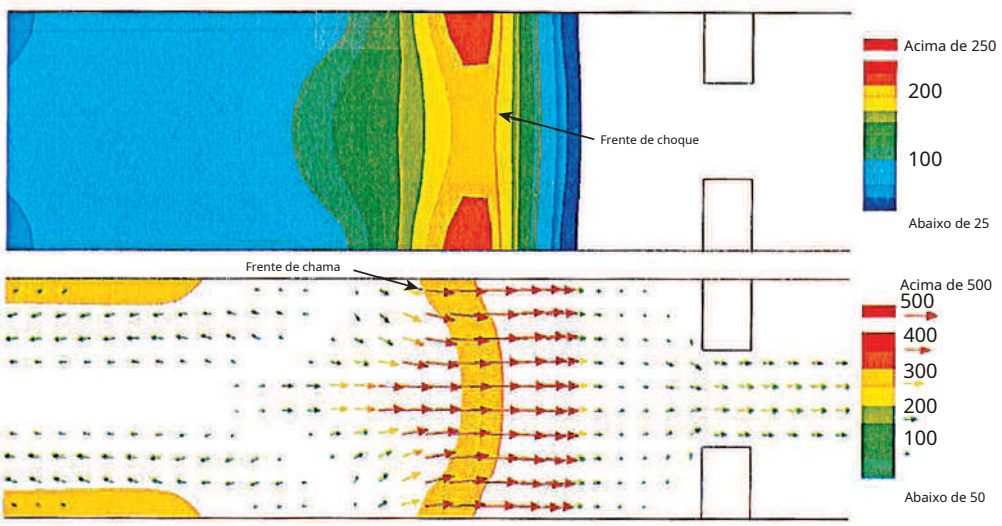


FIGURA 22.2.3.1.3 Simulações CFD de uma Pressão Típica em psi (superior) e Chama/Velocidade em m/s (inferior) para uma Chama de Detonação. Sobrepressões superiores a 16 vezes a pressão ambiente são tipicamente observadas na frente de chama, que pode se propagar em velocidades típicas de 1500-2000 m/s. Não há região de sobrepressão à frente da chama. (As simulações resultam em suavização da frente de choque e pequenas velocidades à frente da chama devido ao período de aceleração. As frentes de choque reais serão ainda mais nítidas e as velocidades à frente da frente não estarão mais presentes quando estiver totalmente desenvolvida.)

(3) Poeiras combustíveis
(4) Fumaça e produtos inflamáveis de combustão incompleta (explosões de backdraft)
(5) Aerossóis

22.2.4 Explosões Elétricas. Arcos elétricos de alta energia podem gerar calor suficiente para causar uma explosão. O aquecimento rápido dos gases circundantes resulta em uma explosão mecânica que pode ou não causar um incêndio. O estrondo de um trovão acompanhando um relâmpago é um exemplo de efeito de explosão elétrica. Arcos elétricos de alta energia requerem alta tensão e não são abordados neste capítulo.

22.2.5 Explosões Nucleares. Nas explosões nucleares, a alta pressão é criada pelas enormes quantidades de calor produzidas pela fusão ou fissão dos núcleos dos átomos. A investigação de explosões nucleares não é coberta por este documento.

22.3 Caracterização de Danos de Explosão. Para fins descritivos e investigativos, pode ser útil caracterizar incidentes, principalmente em estruturas, com base no tipo de dano observado. Os termos danos de alta ordem e danos de baixa ordem têm sido usados pela comunidade de investigação de incêndio para caracterizar danos de explosão. O uso dos termos dano de alta ordem e dano de baixa ordem é recomendado para reduzir a confusão com termos similares usados para descrever a liberação de energia de explosivos. *(Consulte a seção 22.12.)* As diferenças de os danos são uma função da carga de explosão aplicada às superfícies (taxa de aumento de pressão, pressão de pico e impulso, alcançado no incidente) e a força da estrutura confinante ou restritiva, ou vaso, em vez das pressões máximas atingidas. Deve-se reconhecer que o uso dos termos dano de baixa ordem e dano de alta ordem pode nem sempre ser apropriado, e um local pode conter evidências abrangendo ambas as categorias.



FIGURA 22.3.1 **Danos de Baixa Ordem em uma Habitação.**

22.3.1 Danos de Baixa Ordem. Danos de baixa ordem são caracterizados por paredes salientes ou assentes, praticamente intactas, junto à estrutura. Os telhados podem ser levantados ligeiramente e devolvidos à sua posição original aproximada. As janelas podem ser desalojadas, às vezes sem que o vidro seja quebrado. Os detritos produzidos são geralmente grandes e são movidos a curtas distâncias. Danos de baixa ordem são produzidos quando a carga de explosão é suficiente para quebrar conexões estruturais de grandes superfícies, como paredes ou telhado, mas insuficiente para quebrar superfícies maiores e acelerar detritos a velocidades significativas. *(Veja a figura 22.3.1.)*

22.3.2* Danos de Alta Ordem. Danos de alta ordem são caracterizados pelo estilhaçamento da estrutura, produzindo pequenos pedaços de detritos. Paredes, telhados e membros estruturais são quebrados com alguns membros estilhaçados ou quebrados, e com o edifício completamente demolido. Os detritos são lançados a distâncias consideráveis, possivelmente centenas de metros. O dano de alta ordem é o

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

resultado de cargas de explosão relativamente altas.*[Veja a figura 22.3.2 (uma figura 22.3.2(b), e Figura 22.3.2(c).]*

22.4 Efeitos de Explosões. Uma explosão é um fenômeno dinâmico de gás que, sob circunstâncias teóricas ideais, se manifestará como uma frente esférica de onda de calor e pressão em expansão. As ondas de calor, sobrepressão e pressão produzem os danos característicos das explosões. Os efeitos das explosões podem ser observados em cinco grandes grupos: sobrepressão de explosão e efeito de onda, cargas dinâmicas de arrasto, efeito de fragmento projetado, efeito térmico e efeito sísmico (choque no solo).

22.4.1 Sobrepressão de explosão e efeito de onda.

22.4.1.1 Geral. Certas explosões produzem volumes significativos de gases. À medida que esses gases são gerados, a pressão no recipiente de confinamento aumenta e pode danificar significativamente o recipiente de contenção. Além disso, os gases em expansão e o ar deslocado movido pelos gases produzem uma frente de pressão que é a principal responsável pelos danos e ferimentos associados às explosões. *(Veja a figura 22.4.1.1 .)*

22.4.1.1.1 Para objetos cilíndricos menores, como tubos, suportes ou postes de iluminação, o dano é em grande parte devido às cargas de arrasto dinâmicas induzidas pelos gases deslocados (vento de explosão) que passam pelo objeto. Os efeitos do vento de explosão podem ser ainda maiores após a onda de choque e as sobrepressões de pico terem passado pelo objeto. *(Veja a figura 22.4.1.1.1 .)*

22.4.1.1.2 A frente de pressão de explosão ocorre em duas fases distintas, com base na direção das forças em relação ao ponto de origem da explosão. Estas são a fase de pressão positiva e a fase de pressão negativa.

22.4.1.1.3 Um histórico típico de pressão de uma detonação idealizada, medido em um ponto distante do ponto de detonação, é mostrado na Figura 22.4.1.1.3 e consiste em positivo e negativo fases. A área sob a curva pressão-tempo é chamada de impulso da explosão.

22.4.1.2 Fase de Pressão Positiva. A fase de pressão positiva é aquela porção da frente de pressão de explosão na qual os gases em expansão estão se afastando do ponto de origem. A fase de pressão positiva é mais poderosa que a fase de pressão negativa e é responsável pela maioria dos danos de pressão. Este dano pode incluir o enfraquecimento da estrutura de tal forma que a estrutura pode ser ainda mais danificada pela fase de pressão negativa.



FIGURA 22.3.2(a) Danos de alta ordem de um quarto de quatro Casa térrea sem incêndio.

22.4.1.3 Fase de Pressão Negativa.

22.4.1.3.1 À medida que a expansão extremamente rápida da fase de pressão positiva da explosão se move para fora da origem da explosão, ela desloca, comprime e aquece o ar ambiente circundante. Uma condição de baixa pressão do ar (em relação ao ambiente) é criada no epicentro ou origem. Devido à condição de pressão negativa (relativa ao ambiente), o ar volta para a área de origem para equilibrar esta condição de baixa pressão.

22.4.1.3.2 A fase de pressão negativa pode causar danos secundários e mover itens de evidência física para o ponto de origem. O movimento de detritos durante a fase de pressão negativa pode ocultar o ponto de origem. A fase de pressão negativa é geralmente de potência consideravelmente menor do que a fase de pressão positiva, mas pode ser de força suficiente para causar colapso de características estruturais já enfraquecidas pela fase de pressão positiva. A fase de pressão negativa pode ser difícil de detectar por testemunhas ou por exame pós-explosão em explosões de fase difusa (gás/vapor).



FIGURA 22.3.2(b) Danos de alta ordem de uma casa de três quartos com incêndio resultante.



FIGURA 22.3.2(c) Restos de danos de alta ordem de uma estrutura comercial.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

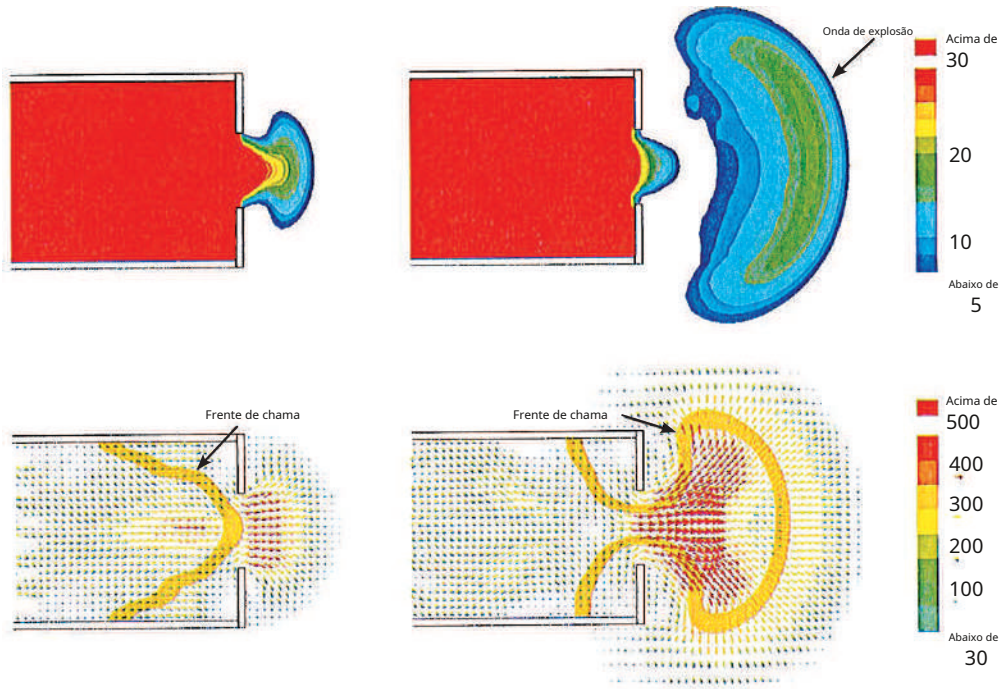


FIGURA 22.4.1.1 Ilustração de Frentes de Pressão em psi (superior) e Frente de Chama/Velocidades em m/s (inferior) de uma Explosão Ventilada de Etileno/Ar Logo após a Ventilação Inicial 132 ms após a ignição (esquerda) e 142 ms após a ignição (direita).

22.4.1.4 Forma da Onda de Explosão (Frente).A forma da frente de explosão de uma explosão idealizada seria esférica. Ele se expandiria uniformemente em todas as direções a partir do epicentro. No mundo real, confinamento, obstrução, posição de ignição, forma de nuvem ou distribuição de concentração na fonte da onda de pressão de explosão mudam e modificam a direção, forma e força da frente.*[Veja a figura 22.4.1.4(a) e Figura 22.4.1.4(b).]*

22.4.1.4.1A ventilação da embarcação ou estrutura confinante pode causar danos fora da embarcação ou estrutura. O maior dano pode ser esperado no caminho da ventilação como resultado da onda de choque e produtos quentes expelidos. Por exemplo, a frente de pressão de jateamento em uma sala pode atravessar uma porta e danificar itens ou materiais diretamente alinhados com a porta na sala adjacente. O mesmo efeito relativo pode ser visto diretamente em linha com a costura estrutural de um tanque ou tambor que falha antes das paredes laterais. Como a onda de choque viaja radialmente da fonte de ventilação, danos também podem ser observados em locais não alinhados com a ventilação.*(Veja a figura 22.4.1.)*

22.4.1.4.2A frente de pressão de explosão também pode ser refletida em obstáculos sólidos e redirecionada, resultando em um aumento substancial ou possível diminuição da pressão, dependendo das características do obstáculo atingido.

22.4.1.4.3 Depois que as reações de propagação consumiram o combustível disponível, a força da frente de pressão da explosão em expansão diminui com o aumento da distância do epicentro da explosão.*(Veja a figura 22.4.1.4.3 .)*

22.4.1.5 Taxa de Aumento de Pressão versus Pressão Máxima. O tipo de dano causado pela frente de pressão de explosão de uma explosão depende não apenas da quantidade total de energia gerada, mas também, e muitas vezes em maior grau, da taxa de liberação de energia e da taxa resultante de aumento de pressão.



FIGURA 22.4.1.1.1 Danos no poste da lâmpada devido à dinâmica Cargas de arrasto transmitidas pelos gases deslocados (vento de explosão) em Flixborough, Inglaterra.

22.4.1.5.1 Taxas relativamente lentas de aumento de pressão produzirão o tipo de efeito de empurrão ou abaulamento observado em danos de baixa ordem. As partes mais fracas da estrutura ou recipiente confinante, como janelas ou costuras estruturais, romperão primeiro; ventilando assim a onda de pressão de explosão e reduzindo os efeitos de dano total da explosão.

22.4.1.5.2 Em explosões de estruturas onde a taxa de aumento de pressão é muito rápida, mais rápida do que a estrutura pode responder a ela, haverá mais estilhaçamento do recipiente ou recipiente confinante, e os detritos serão lançados a grandes distâncias, pois os efeitos de ventilação são não deu tempo suficiente para se desenvolver. Isso é característico de danos de alta ordem.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

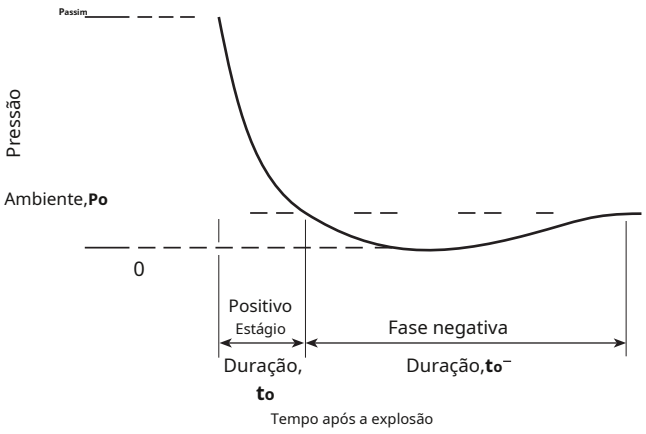


FIGURA 22.4.1.1.3 Histórico de pressão típico de uma detonação idealizada, medida em um ponto distante do ponto de detonação.

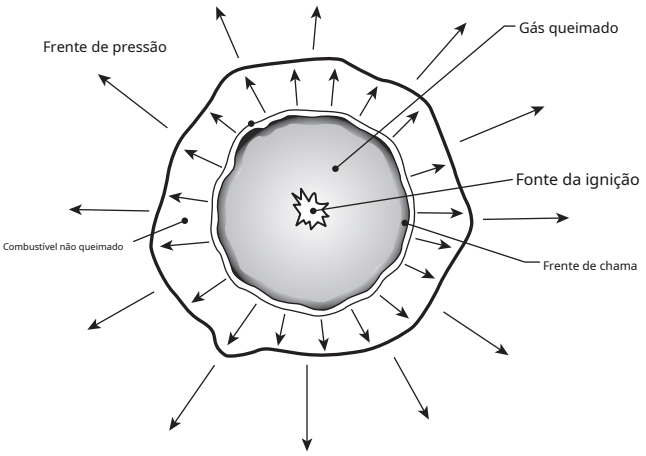


FIGURA 22.4.1.4(a) Chama Propagadora Idealizada e Frentes de Pressão.

22.4.1.5.3 Onde a taxa de aumento de pressão é menos rápida, mas mais rápida do que a estrutura pode responder a ela, o efeito de ventilação terá um impacto importante na pressão máxima desenvolvida. Consulte a NFPA 68 para equações, dados e orientações sobre como calcular o efeito teórico da ventilação na pressão durante uma deflagração. Tais cálculos assumem uma estrutura ou vaso que pode sustentar uma pressão tão alta. A pressão teórica máxima que pode ser desenvolvida por uma deflagração lenta pode, em algumas circunstâncias, ser tão alta quanto 7 a 9 vezes maior que a pressão inicial. Essas pressões, no entanto, são alcançadas em vasos de teste que não permitem que a onda de pressão ventile e, portanto, não são prontamente transferidas para as condições reais encontradas. ter umt uma cena de explosão. Sob certas condições com combustíveis de alta reatividade (como hidrogênio, acetileno e etileno), turbulência gerada pela geometria do vaso confinante, ou alto congestionamento dentro da estrutura, pressões locais durante a defl agração pode exceder ed 7 vezes a pressão inicial como um resultado de dy efeitos nmicos tais como focagem de pressão, reflexões, e pré-co impressão. Especifica experimentos alizados ou Computa- tio nAl Fluido Dinâmicoic s(CFD) t oo eu possob UEse dpara um analise tal efeito s.t.

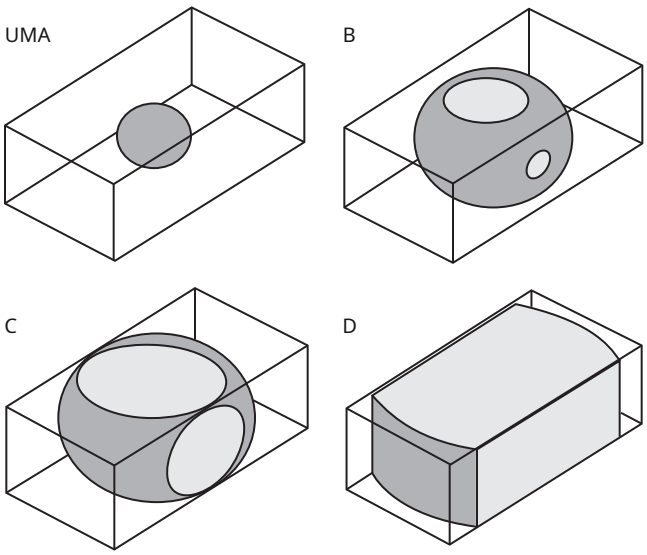


FIGURA 22.4.1.4(b) Representação idealizada de uma chama Frente em um vaso cubóide.

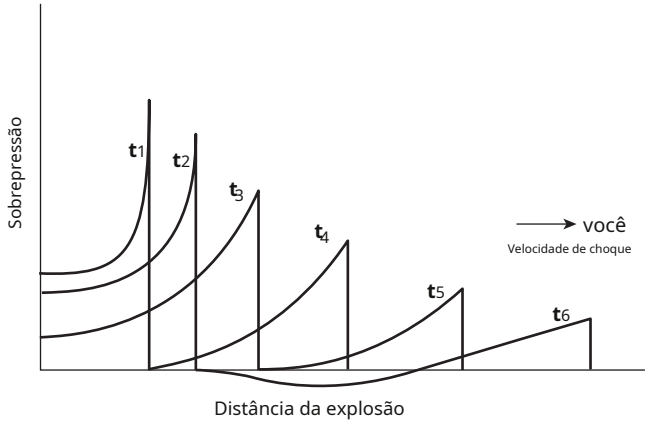


FIGURA 22.4.1.4.3 Histórico de sobrepressão típico em Locais distantes do centro de explosão.

22.4.1.5.4 Em situações comumente encontradas, como explosões de gás fugitivo em edifícios residenciais ou comerciais, a pressão máxima será limitada a um nível ligeiramente superior à pressão que os principais elementos do invólucro do edifício (por exemplo, paredes, telhado e grandes janelas) pode sustentar sem ruptura (pressão de falha mínima). Em uma residência bem construída, essa pressão raramente excederá 21 kPa (3 psi).

22.4.2 Efeito de estilhaços (projéteis).

22.4.2.1 Quando os contêineres, estruturas ou vasos que contêm ou restringem as sobrepressões da explosão são rompidos, eles geralmente são quebrados em pedaços ou fragmentos que podem ser lançados a grandes distâncias com grande força. Esses fragmentos também são chamados de mísseis, estilhaços, detritos ou projéteis. Eles podem causar grandes danos e ferimentos pessoais, muitas vezes longe da fonte da explosão. Além disso, os fragmentos podem cortar linhas de energia elétrica, gás combustível ou outras linhas de combustível inflamável, ou recipientes de armazenamento, aumentando assim o tamanho e a intensidade dos incêndios pós-explosão ou causando explosões adicionais.

Direitos autorais nacionais Profissional de fogo undo de proteção ociação
Fornecido por IHS M arkit e er licença com NF PA

22.4.2.2A distância à qual os mísseis podem ser lançados para fora de uma explosão depende muito de sua direção inicial, velocidade, massa e características aerodinâmicas. Um diagrama idealizado para trajetórias de mísseis é mostrado na Figura 22.4.2.2 para várias direções iniciais diferentes. O real as distâncias que os mísseis podem percorrer dependem muito das condições aerodinâmicas, obstruções e ocorrências de impactos de ricochete. Conforme ilustrado na Figura 22.4.2.2, o investigador deve-se estar ciente de que a distância total de viagem através do ar para um míssil, pode não ser representada pela distância linear real da localização original do míssil.

22.4.3 Efeito Térmico. As explosões de combustão liberam quantidades de energia que aquecem os gases de combustão e o ar ambiente a altas temperaturas. Este calor pode inflamar nas proximidades de combustíveis finos e de baixa inércia térmica ou pode causar queimaduras em qualquer pessoa próxima.*(Veja o Capítulo 5, Ciência Básica do Fogo; Seção 5.5, Transferência de Calor.)*Esses incêndios secundários aumentam os danos e ferimentos causados pela explosão e complicam o processo de investigação. Em alguns casos, o incêndio pode realmente ocorrer como o evento primário; pode ser difícil determinar o que ocorreu primeiro, o incêndio ou a explosão.

22.4.3.1 Todas as explosões químicas liberam calor por causa das mudanças químicas que ocorrem no combustível. O dano térmico *(consulte o Capítulo 6, Padrões de Incêndio)*depende da natureza do combustível, bem como da duração das altas temperaturas.

22.4.3.2*Bolas de fogo e marcas de fogo são possíveis efeitos térmicos de explosões, particularmente BLEVEs envolvendo gás liquefeito. Bolas de fogo são as bolas de fogo momentâneas presentes durante ou após o evento explosivo. À medida que o envelope externo da nuvem de gás queima, ele se eleva e forma a bola de fogo. À medida que as bolas de fogo sobem, elas produzem nuvens de cogumelos, nas quais podem se formar violentas correntes de convecção. Uma bola de fogo pode produzir radiação térmica de alta intensidade e curta duração. As bolas de fogo podem ser o resultado de forças impulsionadas pelo momento, como um BLEVE ou embarcação de explosão, ou de forças impulsionadas por flutuabilidade resultantes de uma nuvem de vapor em combustão. Os tições são fragmentos quentes ou em chamas propelidos pela explosão. Todos esses efeitos podem servir para iniciar incêndios longe do centro da explosão.

22.4.4 Efeito Sísmico (Choque no Solo). Para que o choque no solo ocorra, a explosão deve transmitir energia significativa para o solo, causando movimento do solo. Ou, à medida que partes danificadas de grandes estruturas são derrubadas no solo, a energia cinética localizada pode ser transmitida para o solo. Esses efeitos de movimento do solo, geralmente insignificantes para pequenas explosões e combustível difuso explosões, podem às vezes produzir danos adicionais a estruturas, serviços de utilidades subterrâneas, tubulações, tanques e cabos.

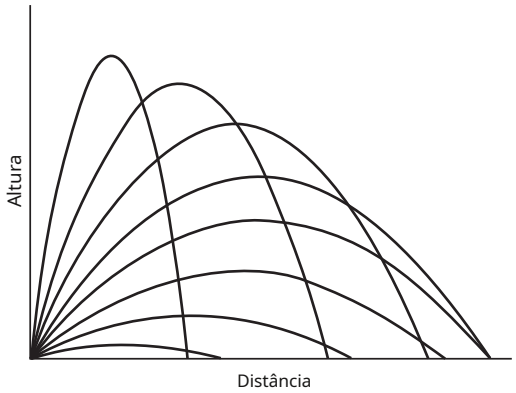


FIGURA 22.4.2.2 Trajetórias de mísseis idealizadas para várias direções de voo iniciais.

22.5 Fatores que controlam os efeitos da explosão. Fatores que podem controlar os efeitos das explosões incluem o tipo e configuração do combustível; natureza, tamanho, volume e forma de qualquer recipiente de contenção ou objeto afetado; nível de congestionamento e obstáculos dentro da embarcação; localização e magnitude da fonte de ignição; ventilação do vaso de contenção; pressão máxima relativa; e taxa de aumento de pressão. A natureza desses fatores e suas várias combinações em qualquer incidente de explosão podem produzir uma ampla variedade de efeitos físicos com os quais o investigador será confrontado. Vários fenômenos afetam as características de uma frente de pressão de explosão à medida que se afasta da fonte.

22.5.1 Combustível.A natureza do combustível, seja pó, gás, vapor ou aerossol de um líquido inflamável ou combustível, ou explosivo, terá um impacto profundo nos efeitos que a explosão produzirá. Combustíveis transportados pelo ar produzem efeitos notavelmente diferentes daqueles de explosivos ou pirotécnicos.*(Consulte a seção Combustíveis do capítulo Ciência Básica do Fogo.)*

22.5.2 Turbulência.A turbulência dentro de uma mistura ar-combustível aumenta a velocidade da chama e, portanto, aumenta muito a taxa de combustão e a taxa de aumento de pressão. A turbulência pode produzir taxas de aumento de pressão com quantidades relativamente pequenas de combustível que podem resultar em danos de alta ordem, mesmo que a mistura esteja acima ou abaixo das condições estequiométricas. A forma, o tamanho e a localização dos obstáculos dentro do vaso confinante podem ter um efeito profundo na gravidade da explosão, afetando a natureza da turbulência. O congestionamento de uma abundância de obstáculos no caminho da onda de combustão mostrou aumentar a turbulência e aumentar muito a gravidade da explosão, principalmente devido ao aumento da velocidade da chama da mistura envolvida. Outras fontes de mistura e turbulência, como ventiladores e ventilação forçada de ar, podem aumentar os efeitos da explosão.*(Veja a figura 22.8.2.1.)*

22.5.3* Natureza do Espaço de Confinamento. A natureza da contenção mento - seu tamanho, forma, construção, volume, materiais, design e obstáculos internos - também mudará muito os efeitos da explosão. Por exemplo, uma porcentagem específica em volume de gás natural misturado com ar produzirá uma taxa de aumento de pressão se estiver contido em um 30 m^3(1000 $pés^3$) quarto do que se está contido em 300 m^3(10.000 $pés^3$) no momento da ignição.*(Consulte NFPA 68.)*Esta variação nos efeitos é verdadeira mesmo que a sobrepressão máxima alcançada seja essencialmente a mesma.

22.5.3.1 Um corredor longo e estreito preenchido com uma mistura de vapor combustível-ar, quando inflamado em uma extremidade, será muito diferente em sua distribuição de pressão, taxa de aumento de pressão e seus efeitos sobre a estrutura do que se o mesmo volume de combustível-ar. ar foram inflamados em um compartimento cúbico.

22.5.3.2 Durante a explosão, turbulências causadas por obstruções dentro do recipiente de contenção podem aumentar os efeitos de danos. Esta turbulência pode ser causada por obstruções sólidas, como colunas ou postes, máquinas, tubos, racks, etc., que aumentam a velocidade da chama e, portanto, aumentam a taxa de aumento de pressão.

22.5.4* Localização e Magnitude da Fonte de Ignição.A maior taxa de aumento de pressão ocorrerá se a fonte de ignição estiver no centro de uma estrutura confinante cúbica não congestionada. Quanto mais próxima a fonte de ignição estiver das paredes de tal confinamento,

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Fagulha Posição	Máximo Pressão (psia)	Máximo Taxa de Aumento de Pressão (psi/s)	Hora de Máximo Pressão (seg)
Centro	117	4960	0,095
Fundo	113	1870	0,133
Lado	109	1750	0,147
Topo	108	1620	0,148

* Relatado por Harris (1983).

FIGURA 22.5.4 Resultados de testes de laboratório para posições de fonte de ignição variáveis * (10,15 por cento de mistura de metano/ar, 0,28 m³Vaso Esférico).

vaso ou estrutura, mais cedo a frente da chama atingirá a parede e se extinguirá, causando uma redução na superfície da chama e na zona de reação. Isso resulta na perda de energia e uma taxa de aumento de pressão menor correspondente e uma explosão menos violenta.*(Veja a figura 22.5.4 para resultados de testes experimentais.)*

22.5.4.1 Em estruturas comumente encontradas, que incluem áreas de alta proporção, semi-confinamento, ventilação ou congestionamento parcial, a localização da fonte de ignição é muito importante para o desenvolvimento da sobrepressão (pressão máxima e taxa de aumento de pressão).) e o nível e distribuição de dano correspondente. Experimentos especializados ou ferramentas de Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD) podem ser usados para analisar tais incidentes.

22.5.4.2A energia da fonte de ignição geralmente tem um efeito mínimo no curso de uma explosão, mas fontes de ignição incomumente grandes (por exemplo, detonadores ou dispositivos explosivos) podem aumentar significativamente a velocidade de desenvolvimento de pressão e, em alguns casos, podem causar uma deflagração para passar para uma detonação.

22.5.5 Ventilação. Com explosões de combustível difuso (ou seja, gás, vapor ou poeira), a ventilação do recipiente de contenção também terá um efeito profundo na natureza dos danos causados pela explosão. Por exemplo, pode ser possível fazer com que um pedaço de tubo de aço estoure no centro se for suficientemente longo, apesar de poder estar aberto em ambas as extremidades. O número, o tamanho e a localização das portas e janelas em uma sala podem determinar se a sala sofre uma destruição completa, apenas um leve movimento das paredes e do teto, ou nenhum dano nas paredes e no teto.

22.5.5.1A ventilação de uma embarcação ou estrutura confinante também pode causar danos fora da embarcação ou estrutura. O maior dano pode ser esperado no caminho de ventilação como resultado da onda de choque e produtos quentes expelidos. Por exemplo, a frente de pressão de explosão em uma sala pode passar por uma porta e pode danificar itens ou materiais diretamente alinhados com a porta na sala adjacente. O mesmo efeito relativo pode ser visto diretamente em linha com a costura estrutural de um tanque ou tambor que falha antes das paredes laterais. Como a onda de choque viaja radialmente da fonte de ventilação, danos também podem ser observados em locais não alinhados com a ventilação.

22.5.5.2 Com detonações, os efeitos de ventilação são consideravelmente menores do que deflagrações, pois as altas velocidades da pressão de explosão frentes são muito rápidas para qualquer ventilação para aliviar o pico pressões efetivas.

22.5.6 Modificação da Onda de Pressão de Explosão (Frente de Pressão de Explosão) por Reflexão.À medida que uma frente de pressão de explosão encontra objetos em seu caminho, a frente de pressão de explosão pode amplificar devido à sua reflexão. Essa reflexão fará com que a sobrepressão aumente com a amplificação, dependendo do ângulo de incidência e da sobrepressão incidente. Isso é ainda mais exacerbado em cantos onde a pressão pode ser focada localmente devido aos reflexos.

22.5.7 Modificação da Frente de Pressão de Explosão por Refração e Focagem de Explosão.Às vezes, uma falta de homogeneidade na atmosfera afetada pode causar anomalias no comportamento da frente de pressão de explosão esperada. Quando uma frente de pressão de explosão encontra uma camada de ar a uma temperatura ou densidade significativamente diferente, pode fazer com que a frente de pressão de explosão se dobre ou refrata. Isso ocorre porque a velocidade do som é proporcional à raiz quadrada da temperatura absoluta e, portanto, à densidade do ar. Uma inversão de temperatura de baixo nível pode fazer com que uma frente de explosão inicialmente hemisférica refrata e se concentre no solo ao redor do centro da explosão. O cisalhamento do vento relacionado ao clima severo pode causar foco na direção do vento.

22.6 Explosões sentadas.

22.6.1 Geral.A sede de uma explosão é definida como a cratera ou área concentrada de grande dano, frequentemente de forma aproximadamente circular ou esferóide. A sede de uma explosão nem sempre pode estar localizada no ponto de início (epicentro). O material pode ser jogado para fora da cratera. Esse material é chamado de material ejetado e pode variar de pedaços maiores de detritos quebrados a poeira fina. A presença de um assento indica a explosão de uma fonte de combustível concentrada em contato ou próximo ao assento.*(Consulte a Figura 22.6.1.)*

22.6.1.1 Esses assentos podem ser de qualquer tamanho, dependendo do tamanho e da força do material explosivo envolvido. Eles geralmente variam em tamanho de alguns centímetros (polegadas) a 7,6 m (25 pés) de diâmetro. Eles exibem uma cratera facilmente reconhecível de solo pulverizado, pisos ou paredes localizadas no centro de áreas menos danificadas. Explosões assentadas são geralmente caracterizadas por alta pressão e rápidas taxas de aumento de pressão.



FIGURA 22.6.1 Um assento de explosão de 3 pés de diâmetro de um explosivo detonado no solo. A ejeção do solo pode ser vista no quadrante inferior direito da foto.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

22.6.1.2 Apenas tipos ou configurações específicas de combustíveis explosivos podem produzir explosões sentadas. Estes incluem explosivos, caldeiras a vapor, combustíveis gasosos bem confinados ou vapores de combustível líquido e BLEVEs que ocorrem em recipientes relativamente pequenos, como latas ou barris.

22.6.1.3 Em geral, aceita-se que as velocidades de reação devem exceder a velocidade do som (detonações) para produzir explosões sentadas, a menos que o dano seja produzido por estilhaços (projéteis) de uma embarcação em falha. Cada uma dessas explosões envolve uma rápida liberação de energia de um recipiente de contenção, resultando em uma onda de pressão que decai com a distância.

22.6.2 Explosivos. Explosões alimentadas por muitos explosivos são muitas vezes mais facilmente identificadas por seus epicentros ou assentos altamente centralizados. Os altos explosivos produzem especialmente fases de pressão positiva e de alta velocidade na detonação que muitas vezes estilhaçam seus arredores imediatos e produzem crateras ou áreas altamente localizadas de grande dano. No entanto, se ocorrer uma explosão onde o material explosivo não está em contato com uma superfície (suspenso ou a alguma distância acima do solo), uma cratera pode não estar presente e o investigador teria que considerar apenas a área de maior dano e a tipos de combustíveis que podem estar presentes para fazer uma determinação.

22.6.3 Caldeira e Vasos de Pressão. Uma explosão de caldeira geralmente cria uma explosão sentada devido à sua alta energia, rápida taxa de liberação de pressão e área de origem confinada. Explosões de caldeiras e vasos de pressão exibirão efeitos semelhantes aos explosivos, embora com menor sobrepressão localizada perto da fonte.

22.6.4 Gás Combustível Confinado e Vapor Líquido. Gases combustíveis ou vapores líquidos inflamáveis quando confinados a pequenos recipientes como cilindros, pequenos tanques, barris ou outros recipientes também podem produzir explosões sentadas.

22.6.5 BLEVE. Uma explosão de vapor em expansão de líquido em ebulição produzirá uma explosão assentada se o recipiente confinante (por exemplo, um cilindro, tambor ou tanque) for de tamanho pequeno e se a taxa de liberação de pressão quando o recipiente falhar for rápida o suficiente (explosão mecânica).).

22.7 Explosões não assentadas. Explosões não assentadas ocorrem mais frequentemente quando os combustíveis são dispersos ou difundidos no momento da explosão porque as taxas de aumento de pressão são moderadas e porque as velocidades explosivas são subsônicas. Deve-se ter em mente que mesmo detonações de combustíveis difusos e explosivos de fase condensada podem produzir danos de explosão não assentados sob certas condições, como uma explosão elevada.

22.7.1 Gases Combustíveis. Gases combustíveis, como gás natural comercial e gases de petróleo liquefeito (LP), na maioria das vezes produzem explosões não assentadas. Isso ocorre porque esses gases geralmente estão confinados em grandes vasos, como salas ou estruturas individuais, e suas velocidades de deflagração são subsônicas.

22.7.2 Líquidos Inflamáveis/Combustíveis Agrupados. Explosões da ignição de vapores de líquidos inflamáveis ou combustíveis acumulados são tipicamente explosões não assentadas. As grandes áreas que cobrem e das quais evoluem seus vapores inflamáveis e suas velocidades explosivas subsônicas impedem a produção de assentos pequenos, concentrados e de alto dano.

22.7.3* Poeiras.As explosões de poeira ocorrem com mais frequência em áreas confinadas de dispersão relativamente ampla, como elevadores de grãos, plantas de processamento de materiais e minas de carvão, onde poeira combustível pode se acumular em quantidade suficiente para suportar uma reação de porta. Estas grandes áreas de origem impedem a produção de assentos pronunciados.

22.7.4 Backdraft (Explosão de Fumaça). Backdrafts envolvem um volume amplamente difundido de material particulado e gases combustíveis. Suas velocidades explosivas são subsônicas, o que impede a produção de assentos pronunciados.

22.8 Explosões de Combustão de Gás/Vapor. As explosões mais comumente encontradas são aquelas envolvendo gases ou vapores, especialmente gases combustíveis ou vapores de líquidos inflamáveis. Mesa 22,8 fornece algumas propriedades úteis de chamas comuns gases mveis. A NFPA 68 fornece uma introdução mais completa aos fundamentos dessas explosões. Mesa 22,8 apenas listas valores únicos de limites inferior e superior, esses limites de fato mudam com a temperatura. A figura mostra como os limites inflamáveis podem variar com a temperatura.

22.8.1* Ignição de Gases e Vapores.As misturas gasosa combustível-ar são os combustíveis mais facilmente inflamáveis capazes de causar uma explosão. Temperaturas mínimas de ignição na faixa de 370°C a 590°C (700°F a 1100°F) são comuns e podem ser ainda mais baixas para hidrocarbonetos mais pesados, como n-heptano a 215°C (419°F). As energias mínimas de ignição de alguns combustíveis selecionados são mostradas na Tabela 22.8.1. Enquanto Tabela 22.8.1 mostra solteiro valores, a energia mínima de ignição varia com a relação combustível/ar conforme mostrado na Figura 22.8.1 para metano.

22.8.2 Interpretação de Danos de Explosão.O dano de explosão a estruturas (de baixa e alta ordem) está relacionado a uma série de fatores. Estes incluem a relação combustível-ar, específico gravidade do combustível, efeitos de turbulência, volume do espaço confinante, localização e magnitude da fonte de ignição, ventilação e a resistência característica da estrutura.

22.8.2.1* Relação combustível-ar.A natureza do dano à estrutura confinante pode ser um indicador da mistura ar-combustível no momento da ignição.

22.8.2.1.1 As temperaturas de chama adiabáticas estão relacionadas à concentração de combustível, conforme ilustrado na Figura 22.8.2.1.1 . o A pressão de pico teórica de um combustível está amplamente relacionada às suas temperaturas adiabáticas de chama e, em menor grau, à produção/consumo líquido em mol na reação.

22.8.2.1.2Não é necessário que um volume inteiro seja ocupado por uma mistura inflamável de combustível e ar para que haja uma explosão. Volumes relativamente pequenos de misturas inflamáveis capazes de causar danos podem resultar de gases ou vapores que se acumulam em uma determinada área e são inflamados antes de terem migrado para todas as áreas de uma sala ou recipiente confinado. Dependendo das propriedades do combustível e da geometria da estrutura confinante, pode ocorrer uma explosão ou um incêndio. A ausência de danos de explosão não exclui a presença de uma mistura combustível/ar inflamável.

22.8.2.1.3 Explosões que ocorrem em misturas no limite explosivo inferior (LEL) ou limite explosivo superior (UEL) de um gás ou vapor produzem explosões menos violentas do que aquelas próximas à concentração ideal (ou seja, geralmente apenas ligeiramente ricas em estequiometria). Isso ocorre porque a relação entre combustível e ar abaixo da ideal resulta em velocidades de chama mais baixas, taxas mais baixas de aumento de pressão e pressão máxima mais baixa. Em geral, essas explosões tendem a empurrar e levantar a estrutura confinante, produzindo danos de baixa ordem. No entanto, há casos em que níveis estratificados de misturas ricas em combustível são empurrados para fora de uma abertura de ventilação e se misturam com o ar ambiente, criando misturas inflamáveis e explosões potencialmente fortes.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Tabela 22.8 Propriedades de Combustão de Gases Inflamáveis Comuns

Gás	Unidades Comparativas		Limites de inflamabilidade Porcentagem por Volume no ar		Específico Gravidade (ar = 1,0)	Volume de Ar Necessário para Queimar um volume de Gás	Temperatura de ignição	
	MJ/m3 (bruto)	Btu/pés3 (bruto)	Mais baixo	Superior			°C	°F
Gás natural								
Tipo altamente inerteuma	35,7–39,2	958–1051	4,5	14,0	0,660–0,708	9.2	—	—
Tipo de alto metanob	37,6–39,9	1008–1071	4.7	15,0	0,590–0,614	10.2	482-632	900–1170
Tipo alto Btuc	39,9–41,9	1071–1124	4.7	14,5	0,620–0,719	9.4	—	—
Gás de alto-forno	3,0–4,1	81–111	33.2	71,3	1,04–1,00	0,8	—	—
gás de coqueria	21,4	575	4.4	34,0	0,38	4.7	—	—
Propano (comercial)	93,7	2516	2.15	9.6	1,52	24,0	493-604	920–1120
Butano (comercial)	122,9	3300	1,9	8,5	2,0	31,0	482-538	900–1000
Gás de esgoto	24,9	670	6,0	17,0	0,79	6,5	—	—
Acetileno	208,1	1499	2,5	81,0	0,91	11,9	305	581
Hidrogênio	12.1	325	4,0	75,0	0,07	2.4	500	932
Amônia anidra	14,4	386	16,0	25,0	0,60	8.3	651	1204
Monóxido de carbono	11,7	314	12,5	74,0	0,97	2.4	609	1128
Etileno	59,6	1600	2.7	36,0	0,98	14.3	490	914
Metil acetileno, propadieno, estabilizadod	91,3	2450	3.4	10,8	1,48	—	454	850

umaComposição típica CH_4 71,9–83,2%; N_2 6,3–16,20%.
bComposição típica CH_4 87,6–95,7%; N_2 0,1-2,39%.
cComposição típica CH_4 85,0–90,1%; N_2 1,2-7,5%.
dMAPP® Gás da NFPA *Manual de proteção contra incêndio*, 19ª ed., Tabela 8.7.3.

22.8.2.1.4* Velocidade de Queima Laminar. Na propagação de chama laminar, a taxa de propagação da chama em relação ao gás não queimado é denominada velocidade de queima laminar, SL. A velocidade de queima é a taxa de propagação da chama em relação à velocidade do gás não queimado à sua frente. A velocidade de queima fundamental é a velocidade de queima para chama laminar sob condições estabelecidas de composição, temperatura e pressão do gás não queimado. A velocidade de queima fundamental é uma característica inerente de um combustível e é um valor fixo, enquanto a velocidade real da chama pode variar amplamente, dependendo dos parâmetros existentes de temperatura, pressão, volume e configuração confinantes, concentração de combustível e turbulência. A velocidade de queima laminar é a componente da velocidade normal à superfície da chama e é determinada experimentalmente por uma ampla variedade de técnicas, incluindo: (1) chamas de Bunsen: razão da vazão volumétrica, dividida pela área real da frente da chama, (2) queimadores de chama plana, (3) chamas de propagação esférica e (4) configurações de chama de contrafluxo. Muitas vezes, essa não é a velocidade que realmente interessa ao investigador. *(Ver Tabela 22.8.2.1.4 .)*

22.8.2.1.4.1 A velocidade de queima laminar é a velocidade qual uma frente de reação de chama se move para o unbur, mistura feita uma vez que transforma quimicamente o combustível e os nto combus- produtos de oxidação. É apenas uma fração da velocidade da Rapidez. o chama da chama é o produto da velocidade da chama frente de chama causada pela expansão do volume da combustão devido ao em produtos aumento da temperatura e qualquer número inc de moles e razão no qualquer velocidade de fluxo devido à mistura de moti antes do gás da ignição. A velocidade de queima da chama pode ser calculada a partir da velocidade de queima fundamental, que é relatada na NFPA 68, em condições padronizadas de temperatura, pressão e composição do gás não queimado. À medida que a pressão e a turbulência aumentam substancialmente durante uma explosão, a velocidade fundamental de queima aumentará, acelerando ainda mais a taxa de aumento de pressão. A NFPA 68 lista dados sobre os vários materiais.

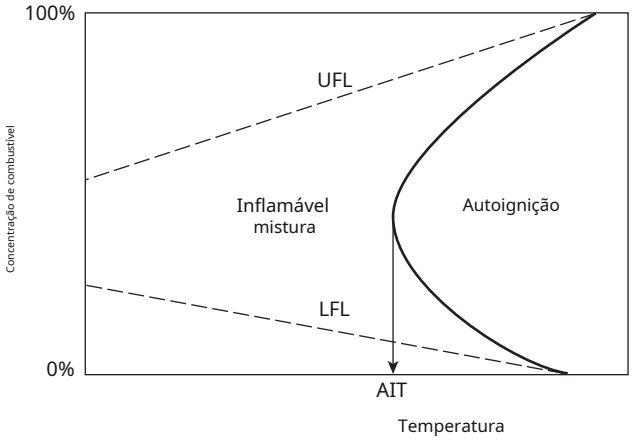


FIGURA 22.8 Gráfico demonstrando o efeito de Temperatura na faixa de gases inflamáveis/explosivos.

direito autoral Associação Nacional de Proteção contra Incêndios
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Δ **Tabela 22.8.1 Energias Mínimas de Ignição de Combustíveis Selecionados**

Gás/Vapor	Energia Mínima de Ignição (mJ)
Acetileno	0,02
Benzeno	0,225
Butano	0,26
Etano	0,24
Heptano	0,24
Hexano	0,248
Hidrogênio	0,018
Metano	0,28
Metanol	0,14
Metil-etil-cetona	0,28
Pentano	0,22
Propano	0,25

Nota: Enquanto a Tabela 22.8.1 mostra valores únicos para a concentração de combustível mais facilmente inflamável no ar sob condições de teste específicas, a energia mínima de ignição varia com a razão combustível/ar conforme mostrado na Figura 22.8.1 para metano. As energias mínimas de ignição são baseadas em métodos de teste encontrados em ASTM E582, *Método de teste padrão para energia mínima de ignição e distância de têmpera em misturas gasosas*. Para composições de mistura que se aproximam dos limites de inflamabilidade, a energia mínima de ignição pode variar muito com mudanças relativamente pequenas na composição da mistura, conforme mostrado na Figura 22.8.1 para metano.

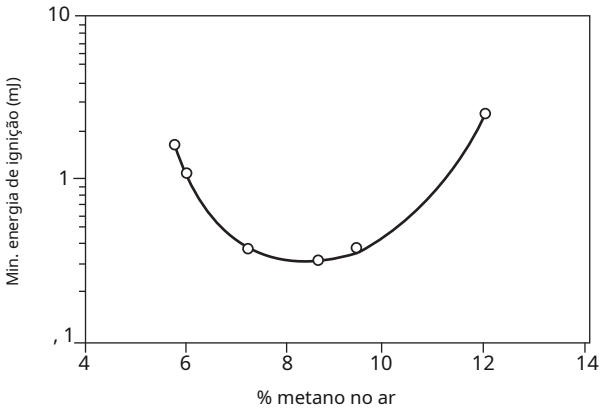


FIGURA 22.8.1 Uma comparação experimental da energia mínima de ignição do metano em função da porcentagem de metano no ar.

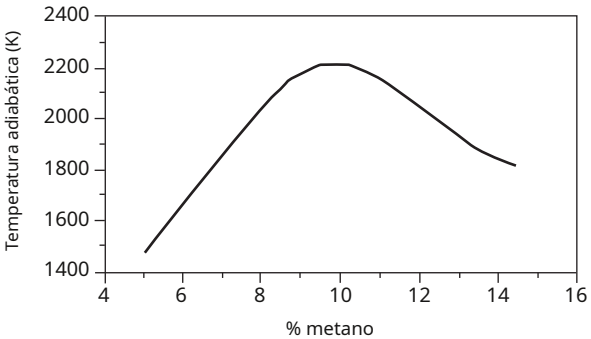


FIGURA 22.8.2.1.1 Chama adiabática Te temperatura para inicial Condições 1 atm. e 25°C.

22.8.2.1.5 Relação de Expansão. A taxa de expansão é a taxa de expansão pós-ignição dos produtos de combustão de uma mistura de combustível/ar atrás da frente de chama em expansão. Os produtos de combustão em expansão impulsionam a mistura ar/combustível que não reagiu à frente da frente da chama. A razão de expansão é geralmente um valor específico para cada combustível a uma temperatura, pressão e concentração de combustível/ar definidas. A razão de densidade, é a razão de expansão para a mistura, onde ρu é a densidade do gás não queimado e ρb é a densidade do gás queimado. Se a composição química do combustível e do oxidante for conhecida, a razão de expansão pode ser calculada para combustão estequiométrica em condições ideais. A razão de expansão é mais alta em misturas combustível/ar ligeiramente acima da concentração estequiométrica. Esta razão de expansão é diretamente proporcional ao volume e temperatura dos produtos da combustão. Para os combustíveis gasosos mais comumente encontrados, os fatores de expansão estão entre 7 e 8. *(Ver Tabela 22.8.2.1.4)*

22.8.2.1.6 Velocidade da Chama Laminar. A velocidade de chama laminar é a velocidade local de uma chama que se propaga livremente em relação a um ponto fixo sem o efeito de turbulência na mistura ar/combustível. *(Ver 22.8.2.1.7 .)* É o produto da velocidade de queima e a razão de expansão da frente de chama e é dada por: $S_b = S_u \frac{\rho_u}{\rho_b}$.

Para misturas hidrocarboneto-ar pode-se dizer que quanto maior a velocidade de chama laminar, mais reativa é a mistura. Isso significa que a chama pode se propagar rapidamente através de uma nuvem e, assim, causar aceleração da chama e aumento de pressão. As velocidades máximas de chama laminar para metano e propano são 3,5 m/s (11,5 pés/s) e 4 m/s (13,1 pés/s), respectivamente. Para determinadas concentrações de misturas podem ocorrer instabilidades, fazendo com que a chama enrugue e aumente a superfície da chama. Isso pode aumentar ainda mais a velocidade da chama laminar mais alta do que o relatado acima. *(Veja a figura 22.8.2.1.6 .)*

22.8.2.1.7 Velocidade da Chama Turbulenta. Explosões raramente envolvem combustão laminar (não turbulenta). A turbulência aumenta muito a velocidade da chama e a velocidade turbulenta da chama geralmente será a velocidade da chama relevante para uma explosão real. É difícil calcular a velocidade turbulenta da chama para uma explosão acidental, uma vez que as condições locais do fluxo devem ser conhecidas, incluindo fatores como obstruções e seu congestionamento, que aumentam a velocidade turbulenta da chama. No entanto, é importante notar que a velocidade da chama turbulenta pode ser maior do que a velocidade do som na mistura que não reagiu. *(Veja a figura 22.8.2.1.7 .)*

22.8.2.1.8 Explosões de misturas próximas ao LEL não tendem a produzir grandes quantidades de fogo pós-explosão, pois quase todo o combustível disponível é consumido durante a propagação do explosivo.

22.8.2.1.9 Explosões de misturas próximas à UEL tendem a produzir incêndios pós-explosão por causa das misturas ricas em combustível. A combustão retardada do combustível restante produz o fogo pós-explosão. Muitas vezes, uma parte da mistura sobre o UEL tem combustível que não queima até ser misturado com o ar durante a fase de ventilação da explosão ou fase de pressão negativa, produzindo assim o incêndio pós-explosão característico ou explosão secundária.

22.8.2.1.10 Quando as explosões ideais (ou seja, as mais violentas) ocorrem; é quase sempre em misturas próximas ou logo acima da mistura estequiométrica (ou seja, ligeiramente rica em combustível). Esta é a mistura ideal. Estas misturas produzem a combustão mais eficiente e, portanto, as maiores velocidades de chama, taxas de

Copyright t Associação Nacional de Proteção contra Incêndios
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Δ **Tabela 22.8.2.1.4 Propriedades Típicas de Combustão de Combustíveis Gasosos Comuns**

Gás	% Gás em Razão estequiométrica	% Gás em Máximo Velocidade de queima (Ótimo Mistura)	Máximo Queima Laminar Velocidade m/seg. (pés/seg.)	Chama Adiabática Temperatura* Kelvin (°F)	Expansão Razão** (T_f/T_{eu})	Máx. Laminar Velocidade da Chama m/seg. (pés/seg.)
Acetileno	7,7	9.3	1,58 (5,18)	2598 (4217)	9,0	14,2 (46,6)
Benzeno	2.7	3.3	0,62 (2,03)	2287 (3657)	7,9	4,9 (16,08)
Butano	3.1	3,5	0,50 (1,64)	2168 (3443)	7,5	3,7 (12,13)
Etano	5.6	6.3	0,53 (1,74)	2168 (3443)	7,5	4,0 (13,12)
Heptano	1,9	2.3	0,53 (1,71)	2196 (3493)	7.6	4,0 (13,12)
Hexano	2.2	2,5	0,53 (1,71)	2221 (3538)	7,7	4,0 (13,12)
Hidrogênio	30,0	54	3,5 (11,48)	2318 (3713)	8,0	28,0 (91,86)
Metano	9,5	10,0	0,45 (1,48)	2148 (3407)	7.4	3,5 (11,48)
Pentano	2.6	2.9	0,52 (1,71)	2232 (3558)	7,7	4,0 (13,12)
Propano	4,0	4,5	0,52 (1,71)	2198 (3497)	7.6	4,0 (13,12)

* Depois de Harris (1983).

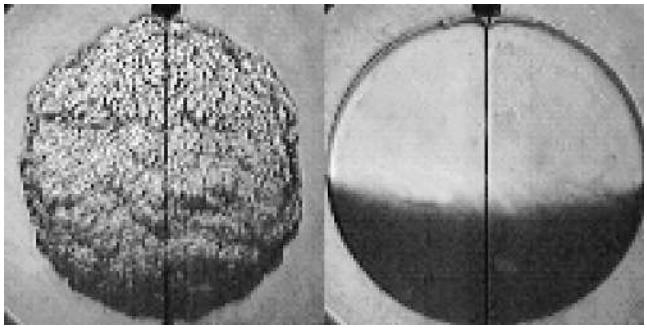
* * A taxa de expansão real é dada por $\rho_{você}/\rho_b$, a densidade dos reagentes ($\rho_{você}$) dividido pela densidade dos produtos (ρ_b), ou equivalentemente em condições de pressão quase constante (T_f/T_{eu})($N_b/N_{você}$), o produto da razão da temperatura absoluta da chama (T_f) para a temperatura absoluta inicial do gás (T_{eu}) e a razão entre o número de moles dos produtos (N_b) ao número de moles dos reagentes ($N_{você}$). Harris assume o número de moles dos produtos (N_b) é igual ao número de moles dos reagentes ($N_{você}$) e calcula a razão de expansão com base apenas na razão de temperatura absoluta. Como tal, os valores na tabela serão ligeiramente diferentes dos valores reais.

aumento de pressão, pressões máximas e, consequentemente, o maior dano. Incêndios pós-explosão e explosões secundárias podem ocorrer se houver bolsões de misturas excessivamente ricas que se misturam com o ar (oxigênio), resultando em misturas dentro da faixa inflamável/explosiva e subsequente queima. O hidrogênio e alguns outros combustíveis, no entanto, podem produzir explosões para uma faixa muito maior de concentrações longe da estequiometria. Além disso, explosões também podem resultar de estruturas com alto nível de congestionamento, mesmo quando as misturas estão bem longe das condições estequiométricas.

Δ **22.8.2.2* Gravidade Específica.** A gravidade específica do gás ou vapor de combustível pode ter um efeito marcante na natureza dos danos de explosão na estrutura confinante, como residências e outros edifícios. Enquanto o movimento do ar por convecção natural e forçada é o mecanismo dominante para mover gases em uma estrutura, a gravidade específica pode afetar o movimento de um gás ou vapor à medida que escapa de seu recipiente ou sistema de entrega.

22.8.2.2.1 Gás fugitivo de um vazamento de gás natural no primeiro andar de uma estrutura de vários andares, se não for inflamado prontamente, pode se manifestar em uma explosão com epicentro em um andar superior. O gás natural, por ser mais leve que o ar, subirá inicialmente pelas aberturas naturais e poderá até migrar para dentro das paredes. No entanto, como o gás natural se mistura com o ar em uma mistura inflamável, a mistura é essencialmente da mesma densidade que o ar, e a migração contínua é governada em grande parte pelo movimento e difusão do ar. O gás continuará a se dispersar na estrutura até que uma fonte de ignição seja encontrada. No entanto, eventualmente, na ausência de um vazamento contínuo, qualquer gás será diluído e se dissipará.

22.8.2.2.2 O gás fugitivo de um vazamento de GLP, se não for inflamado prontamente, pode se afastar da fonte e, devido à sua densidade inicial, tenderá a migrar para baixo ao longo do tempo. No entanto, como o gás LP se mistura com o ar para uma mistura inflamável, a mistura é essencialmente da mesma densidade que o ar, e a migração contínua é governada pelo movimento e difusão do ar. Durante o vazamento e por algum tempo depois, o gás pode estar em uma concentração mais alta.



Δ **FIGURA 22.8.2.1.6 H esférico em expansão $_2/O_2/N_2$ Chama Frente a 3 atm. Razão de equivalência esquerda-rugada 0,7, razão de equivalência direita-não-rugada 2,25. Velocidade de queima, (S_{eu}) × Taxa de Expansão (E) = Velocidade da Chama Laminar, (S_b) para Metano: 1,47 pés/seg. × 7,4 = 10,87 pés/seg.**

ção em área baixa. No entanto, na ausência de um vazamento contínuo, qualquer gás será diluído e eventualmente se dissipará.

22.8.2.2.3 A ignição do gás ocorrerá somente se a concentração estiver dentro dos limites inflamáveis/explosivos e em contato com uma fonte de ignição competente.

22.8.2.2.4 Quer estejam envolvidos gases mais leves ou mais pesados que o ar, pode haver evidências da passagem de chamas onde estava a camada ar-combustível. A queimadura e a formação de bolhas na pintura e materiais termicamente finos (por exemplo, abajures) são indicadores desse fenômeno. A operação de sistemas de aquecimento e ar condicionado, gradientes de temperatura e os efeitos do vento em um edifício podem causar mistura e movimento que podem reduzir os efeitos da densidade do vapor. Os efeitos da densidade de vapor são maiores em condições de ar parado.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

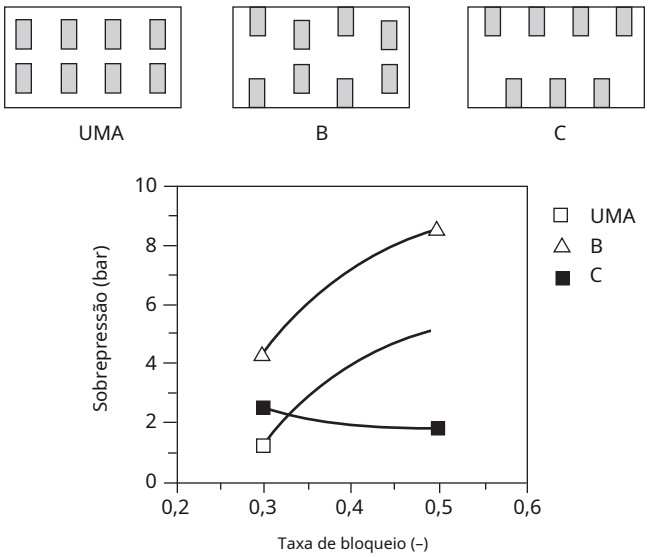


FIGURA 22.8.2.1.7 Influência da Disposição dos Obstáculos na Propagação da Chama em Misturas Etileno-Ar em um Recipiente (van Wingerden et al., 1991).

22.8.2.2.5* Testes em escala real da distribuição de concentrações de gases inflamáveis de jatos turbulentos em salas mostraram que concentrações próximas estequiométricas de gás se desenvolverão entre o local do vazamento e o teto para gases mais leves que o ar ou o piso para gases mais pesados que o ar. -gases do ar. Também foi relatado que um gás mais pesado que o ar que vazou no nível do chão criará uma concentração maior no nível do chão e que o gás se difundirá lentamente para cima. Uma relação semelhante, mas inversa, é verdadeira para um gás mais leve que o ar vazado na altura do teto. Em ambos os casos, este teste indicou que as misturas gás/ar se tornariam bastante homogêneas e que, para jatos turbulentos, a crença geral anterior era incorreta de que vazamentos de gás mais leves que o ar encheriam um compartimento de cima para baixo. No entanto, para vazamentos de baixo impulso no ar parado, *(Veja a figura 22.8.2.2.5)*. A ventilação, tanto natural como mecânica, pode alterar o movimento e a mistura do gás e pode resultar na propagação do gás para as salas adjacentes.

Δ **22.8.2.2.6*** A gravidade específica do combustível não é necessariamente indicada pela elevação relativa do dano de explosão estrutural acima do nível do piso. Antigamente pensava-se amplamente que se as paredes de uma estrutura particular fossem explodidas ao nível do chão, o combustível gasoso seria mais pesado que o ar e, inversamente, se as paredes fossem explodidas ao nível do teto, o combustível seria mais leve que o ar. . Como a pressão explosiva dentro de uma sala se equilibra na velocidade do som, uma parede experimentará um histórico de pressão-tempo semelhante em toda a sua altura, a menos que ocorra uma aceleração significativa da chama devido a combustíveis muito reativos (ou seja, hidrogênio, acetileno, etileno) ou geração de turbulência significativa a partir de a geometria da estrutura e o congestionamento.

Δ **22.8.2.2.7 Gravidade Específica de Misturas Gasosas Inflamáveis.** o a gravidade específica de vapores gasosos em seus estados 100 por cento não diluídos pode ser consideravelmente diferente de quando eles são misturados com ar para uma mistura dentro de suas faixas inflamáveis/explosivas. As misturas inflamáveis de gases e vapores são uma combinação dos componentes do combustível e do ar. Em geral, essas misturas inflamáveis são predominantemente ar, sendo 85% a 99% ar (exceções notáveis incluem hidrogênio, acetileno e etileno). A gravidade específica da maioria das misturas inflamáveis está muito mais próxima da gravidade específica real (ar) (densidade do vapor) do ar (1,0) do que da gravidade específica dos componentes de combustível 100% não diluídos que são comumente referenciados em textos de investigação de incêndio e explosão.

Δ **[22.8.2.2.7]**

$$SG_m = \frac{SG_f(C_f) + (100 - C_f)}{100}$$

Onde:

SG_m=gravidade específica da mistura ar/combustível SG_f=gravidade específica do componente combustível gasoso

C_f=concentração por porcentagem de volume do combustível dentro a mistura ar/combustível

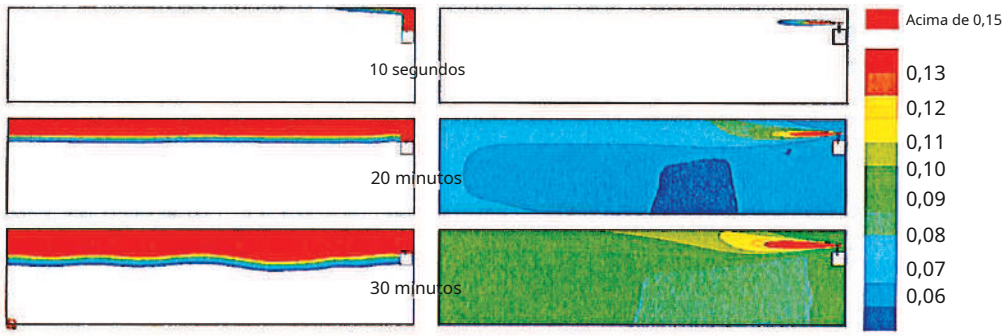


FIGURE 22.8.2.2.5 Gráfico mostrando Porcentagem de metano no ar para uma liberação de gás natural envolvendo um Alto Momentum Turbulent Jet (right) e jato de baixo impulso (esquerda) devido ao impacto do fluxo ou Parconfinamento inicial. Cadaeu eak é ap aproximadamente 100 pés3/h e a sala é de aproximadamente 5300 pés3.

Shuma Texto descrito = Revisões. Δ = Exclusão de texto iões e revisões de figuras/tabelas. • = Exclusões de seção. N = Novo material. Edição de 2021

Copyright Fogo Nacional Associação de Proteção
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

22.8.3 Migração Subterrânea de Gases Combustíveis. Vazamentos subterrâneos de gás combustível migraram para o subsolo, entraram em estruturas e alimentaram incêndios ou explosões. Como o solo ao redor das tubulações subterrâneas e linhas de serviços públicos pode ter sido mais perturbado do que o solo adjacente ou pode conter material de preenchimento especial, o solo pode ser menos denso e mais poroso. Os gases combustíveis fugitivos mais leves que o ar e mais pesados que o ar podem seguir esses caminhos do solo, ou os espaços anulares ao redor do exterior de tais construções subterrâneas e podem entrar nas estruturas através de aberturas como as encontradas em fundações, pisos ou paredes. paredes. Muitas vezes, esses gases fugitivos permeiam o solo, migram para cima e se dissipam inofensivamente no ar. Essa dissipação pode ocorrer despercebida por meses ou anos. No entanto, se a superfície do solo for obstruída pela chuva, solo congelado, neve, gelo, pavimentação nova,

22.8.3.1 Fuel gases migrating underground have been known to enter buildings by seeping into sewer lines, underground electrical or telephone conduits, drain tiles, or even directly through basement and foundation walls, none of which are as gastight as water or gas lines.

22.8.3.2 In addition, gases can move through underground conduits for hundreds of feet and then fuel explosions or fires in distant structures.

22.8.3.3O gás natural e o propano têm pouco ou nenhum odor natural próprio. Para que eles sejam prontamente detectados quando vazam, compostos mal cheirosos são adicionados aos gases. A verificação de odor deve ser parte de qualquer investigação de explosão envolvendo ou potencialmente envolvendo gás combustível, especialmente se parecer que não houve indícios de vazamento de gás sendo detectado por testemunhas. A presença do odorante, na quantidade adequada, deve ser verificada.

22.8.4* Explosões Múltiplas.Um efeito de migração e embolsamento pode ser manifestado pela produção de múltiplas explosões, geralmente chamadas de explosões secundárias (e às vezes explosões em cascata). Gás e vapores que migraram para andares ou salas adjacentes podem se acumular ou acumular em cada nível. Quando uma ignição e explosão ocorrem em um andar ou sala, explosões subsequentes podem ocorrer em áreas ou andares adjacentes.

22.8.4.1A migração e acumulação de gases muitas vezes produz áreas ou bolsões com diferentes misturas ar-combustível. Um bolsão pode estar dentro do alcance explosivo do combustível, enquanto um bolsão em uma sala, andar ou espaço intersticial adjacente pode estar acima do limite explosivo superior (UEL). Quando a primeira mistura é inflamada e explode, danificando a estrutura, as forças dinâmicas da explosão, incluindo as fases de pressão positiva e negativa, tendem a misturar ar na mistura rica em combustível e trazê-la para a faixa explosiva. Esta mistura, por sua vez, explodirá se uma fonte de ignição de energia suficiente estiver presente. Desta forma, é possível uma série de explosões de vapor/gás.

22.8.4.2 Explosões múltiplas são uma ocorrência muito comum. No entanto, muitas vezes as explosões ocorrem tão rapidamente que as testemunhas relatam ter ouvido apenas uma, mas a evidência física, incluindo vários epicentros, indica mais de uma explosão.

22.8.4.3 Uma explosão secundária ou em cascata em um compartimento adjacente pode ser mais violenta do que a explosão primária em determinadas situações. Essa violência geralmente se deve à primeira explosão atuando como uma fonte de ignição muito forte, criando turbulência cional e possível pré-compressão no compartimento.

22.9 Explosões de Poeira.

22.9.1 Geral. Materiais sólidos finamente divididos (por exemplo, poeiras e finos), quando dispersos no ar, podem alimentar explosões particularmente violentas e destrutivas. Mesmo materiais que normalmente não são considerados combustíveis, como aspirina, alumínio, açúcar ou leite em pó, podem produzir explosões quando queimados como poeiras dispersas.

22.9.1.1*Explosões de poeira ocorrem em uma ampla variedade de materiais, como poeira de grãos; serragem; materiais carbonáceos, como carvão e carvão vegetal; produtos químicos; drogas, como aspirina e ácido ascórbico (ou seja, vitamina C); corantes e pigmentos; metais, como alumínio, magnésio e titânio; plásticos; e resinas, como borracha sintética. Os valores publicados das propriedades de explosão de pó devem ser usados com cautela, pois as propriedades de explosão de pó de um pó específico podem variar significativamente com base na química, composição, tamanho de partícula, morfologia de partícula e teor de umidade. Quando propriedades específicas de um pó são necessárias para uma investigação, recomenda-se testar amostras de pó representativas do material envolvido no incidente, sempre que possível.

22.9.2* Particle Size. Como a reação de combustão ocorre na superfície da partícula de poeira, as taxas de aumento de pressão geradas pela combustão são amplamente dependentes da área da superfície das partículas de poeira dispersas. Para uma dada massa de material em pó, a área total da superfície e, consequentemente, a facilidade de ignição e a violência da explosão, aumenta à medida que o tamanho da partícula diminui. Quanto mais fina a poeira, mais violenta é a explosão. Figura 22.9.2(a) mostra como o máximo pressão de explosão, $P_{máximo}$, e a taxa máxima de aumento de pressão, $(dP/dt)_{máximo}$, variam com o tamanho de partícula para quatro materiais diferentes. Figura 22.9.2(b) mostra como a energia mínima de ignição de um a poeira agrícola varia com o tamanho das partículas. Em geral, um risco de explosão de poeira pode existir quando as partículas oxidáveis têm 500 mícrons ou menos de diâmetro, e quando as fibras têm 500 mícrons ou menos em sua menor dimensão.*(ver NFPA 654)*. No entanto, o limite de tamanho de partícula específico onde o material é explosivo é diferente para diferentes materiais, como visto na Figura 22.9.2(uma). Se uma poeira pode propagar uma explosão pode ser avaliado por testes usando métodos como ASTM E1226,*Método de teste padrão para explosibilidade de nuvens de poeira*.

22.9.2.1 Existem alguns casos em que certos tamanhos de partículas podem exceder 500 mícrons e ainda apresentar um risco de explosão. Este é o caso de alguns materiais fibrosos, como flocos, que possuem relações comprimento-diâmetro muito altas.

22.9.3* Concentração.A concentração da poeira no ar tem um efeito profundo na sua ignibilização e na violência da onda de pressão da explosão. Semelhante aos gases e vapores, a pressão máxima de explosão ($P_{máximo}$) e taxa de aumento de pressão $(dP/dt)_{máximo}$ ocorrem quando a concentração de poeira é igual ou próxima da mistura ideal. Figura 22.9.3 mostra a dependência de $P_{máximo}$e $(dP/dt)_{máximo}$com concentração de poeira. $P_{máximo}$e $(dP/dt)_{máximo}$(isto é, taxa de combustão) diminui se a mistura for rica em combustível ou pobre em combustível. $P_{máximo}$e $(dP/dt)_{máximo}$são muito baixos no limite explosivo inferior e em concentrações muito altas de combustível.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

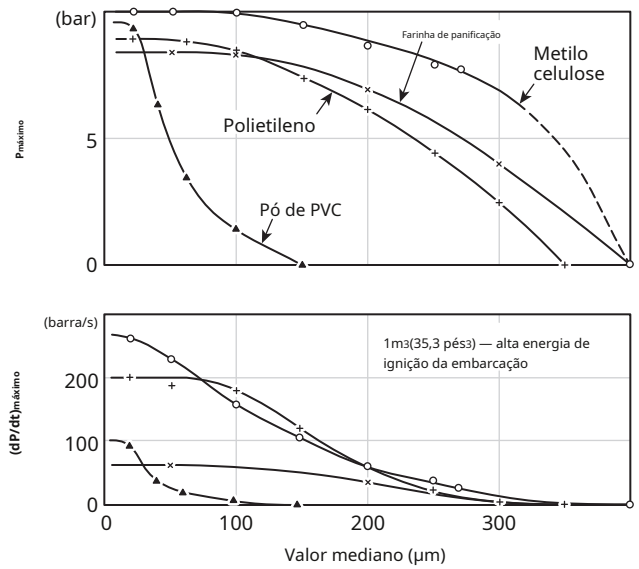


FIGURA 22.9.2(a) Efeito do Tamanho de Partícula de Poeiras no Pressão Máxima e Taxa Máxima de Aumento de Pressão.

22.9.3.1 Analogamente ao limite inferior de inflamabilidade (LFL) de vapores e gases inflamáveis, existem concentrações explosivas mínimas de poeiras específicas necessárias para uma poeira suspensa no ar inflamar e permitir a propagação da combustão. As concentrações explosivas mínimas (MECs) podem variar de acordo com o poeira, mas geralmente variam de 30 g/m3 a 2000 g/m3 (0,03 onças/pés3 para 2 onças/pés3), sendo os MECs mais comuns menos de 250 g/m3 (0,25 onças/pés3). Para obter mais informações, consulte a NFPA 68. O tamanho da partícula influencia a concentração explosiva mínima. Os valores mínimos de concentração variam de acordo com o tipo de pó. A reatividade química das nuvens de poeira é geralmente menor do que a dos gases, portanto, os valores de MEC necessariamente devem ser mais alto. O MEC de um pó específico pode ser determinado usando ASTM E1515, *Método de Teste Padrão para Concentração Mínima Explosiva de Poeiras Combustíveis*. Existem regras gerais sobre a falta de visibilidade quando uma nuvem de poeira está presente no MEC ou acima dele. Por exemplo, Eckhoff cita outros afirmando que uma luz brilhante de 25 watts lâmpada elétrica observado através de 2 m de nuvem de poeira de carvão não seria visível em concentrações de poeira acima de 40 g/m3 *(ver Eckhoff, Dust Explosions in the Process Industries)*.

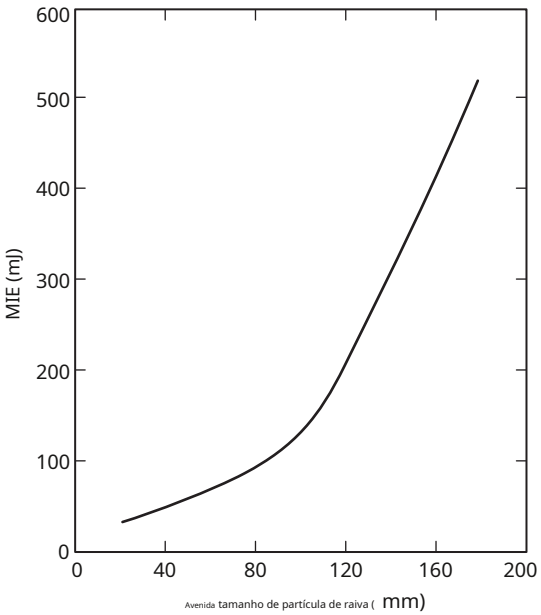


FIGURE 22.9.2(b) Efeito de Aver Uma Partícula e Diâmetro de um Typical Umeu cultural Dust no Min imum Ig ção Energia.

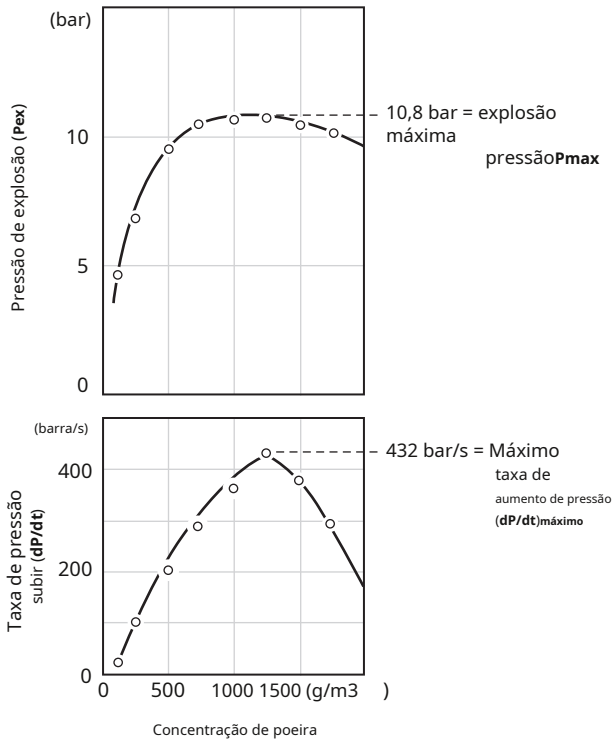


FIGURA 22.9.3 Variação da Pressão de Deflagração e Índice de Deflagração com Concentração para Poeiras Diversas.

22.9.3.2 Ao contrário do limite superior de inflamabilidade (UFL) de gases e vapores, no entanto, geralmente é difícil determinar uma concentração limite máxima para poeiras. Para algumas poeiras, a pressão máxima de explosão e a taxa de aumento de pressão ainda podem ser substanciais em concentrações de nuvens de poeira muitas vezes maiores do que a concentração ideal.

22.9.4 Turbulência em Explosões de Poeira. A turbulência dentro da mistura poeira-ar em suspensão aumenta a taxa de combustão e, portanto, a taxa de aumento de pressão. A forma e o tamanho do recipiente de confinamento podem ter um efeito profundo na gravidade da explosão de poeira, afetando o grau de turbulência, como o derramamento de grãos de uma grande altura depósito vazio caixa de idade. ASTM E1226, *Método de teste padrão para explosibilidade de nuvens de poeira*, um método de teste para medir o aumento de pressão e a taxa de aumento de pressão para poeira combustível, é realizado em um nível de turbulência padronizado.

22.9.5* Umidade. Em geral, o aumento do teor de umidade das partículas de poeira aumenta a energia mínima necessária para a ignição e a temperatura de ignição da suspensão de poeira. O aumento inicial na energia de ignição e temperatura é baixo, mas, à medida que o valor limite da concentração de umidade se aproxima, a taxa de aumento na energia de ignição e

Copyrig ht Incêndio Nacional Proteção Associação n
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

temperatura fica alta. Acima dos valores-limite de umidade, as suspensões de poeira não se inflamam. No entanto, existem alguns materiais reativos à água, como metais, que podem ser mais reativos e queimar mais rapidamente em teores moderados de umidade do que quando secos. O teor de umidade do ar circundante, no entanto, tem pouco efeito sobre a reação de propagação após a ignição.

22.9.6 Temperatura Mínima e Energia de Ignição para Pó.

22.9.6.1 Explosões de poeira foram provocadas por chamas abertas, materiais fumegantes, filamentos de lâmpadas, soldagem e corte, arcos elétricos, descargas elétricas estáticas, faíscas de fricção, superfícies aquecidas e aquecimento espontâneo.

22.9.6.2 As temperaturas de ignição para a maioria das poeiras variam de 320°C a 590°C (600°F a 1100°F). As poeiras em camadas, em geral, têm temperaturas de ignição mais baixas do que as mesmas poeiras suspensas no ar. A temperatura de ignição da nuvem de poeira pode ser medida usando ASTM E1491,*Método de teste padrão para temperatura mínima de autoignição de nuvens de poeira*. A temperatura de ignição da camada de poeira pode ser medida usando ASTM E2021,*Método de teste padrão para temperatura de ignição de superfície quente de camadas de poeira*.

22.9.6.3 Em geral, as energias mínimas de ignição (MIEs) são maiores para poeiras do que para combustíveis de gás ou vapor e podem se estender a altas energias. O relatório MIE mais baixo para poeiras está na faixa de 1 mJ a 10 mJ, superior à maioria dos gases ou vapores inflamáveis (~0,02 mJ–0,29 mJ). No entanto, a energia de ignição das poeiras pode ser de ordem de magnitude maior com algumas poeiras com MIEs acima de 1 J ou 1 kJ. O MIE pode ser medido usando ASTM E2019,*Método de teste padrão para energia de ignição mínima de uma nuvem de poeira no ar*.

22.9.6.4 Explosões de Poeira Híbrida.A presença de gases e vapores inflamáveis, mesmo em concentrações inferiores ao limite inferior de inflamabilidade (LFL) dos gases e vapores inflamáveis, aumenta a violência de uma combustão pó-ar. A mistura de vapor de poeira resultante é chamada de mistura híbrida e é discutida em Eckhoff, *Explosões de poeira nas indústrias de processo*. Em certas circunstâncias, as misturas híbridas podem ser deflagráveis, mesmo que a poeira esteja abaixo do MEC e o vapor esteja abaixo do LFL. Além disso, poeiras determinadas como não inflamáveis por fontes de ignição fracas podem às vezes ser inflamadas quando fazem parte de uma mistura híbrida. Um exemplo de mistura híbrida é uma mistura de metano, pó de carvão e ar.

22.9.7 Explosões Múltiplas. Explosões de poeira em cenários industriais geralmente ocorrem em uma série. A ignição inicial e a explosão são na maioria das vezes menos severas do que as explosões secundárias subsequentes. No entanto, a primeira explosão coloca poeira adicional em suspensão, o que resulta em explosões adicionais. O mecanismo para isso é que as vibrações acústicas e estruturais e a frente de explosão de uma explosão se propagarão mais rápido do que a frente de chama, levantando poeira à sua frente e arrastando-a no ar. Em instalações como elevadores de grãos, essas explosões secundárias geralmente progridem de uma área para outra ou de um prédio para outro.

22.10* Backdraft (Explosões de Fumaça).

22.10.1 Quando os incêndios ocorrem dentro de salas ou estruturas relativamente herméticas, é comum que os incêndios fiquem sem oxigênio. Nesses casos, altas concentrações de partículas e aerossóis aquecidos no ar e outros gases inflamáveis podem ser gerados devido à combustão incompleta. Esses combustíveis aquecidos se acumularão em uma estrutura onde não há oxigênio para permitir a combustão e ventilação insuficiente para permitir que eles escapem.

22.10.2 Quando esse acúmulo de combustíveis se mistura com o ar, como pela abertura de uma janela ou porta, eles podem inflamar e queimar com rapidez suficiente para produzir danos de baixa ordem, embora geralmente com menos de 13,8 kPa (2 psi) de sobrepressão em condições convencionais. estruturas. Estes são chamados de backdrafts (explosões de fumaça).

22.11 Não confinado Explosões de nuvens de vapor. Um livre A explosão da nuvem de vapor é o resultado da liberação de gás, vapor ou névoa na atmosfera, formando uma vapor-ar nuvem dentro limites inflamáveis do combustível e, posteriormente, inflamar-se. Um elemento essencial de um não confinado explosão de nuvem de vapor é a aceleração da frente de chama a velocidades que produzem uma onda de choque. A principal característica do evento é o dano potencial da onda de choque dentro e além do limite físico da nuvem de vapor inflamável devido aos fenômenos de deflagração ou detonação.

Δ **22.11.1**A geração de turbulência à frente e dentro da frente de chama é o mecanismo que resulta na aceleração da chama frente . Congestionamento de obstáculos repetidos no caminho da chama pode aumentar significativamente a geração de turbulência na frente de chama, o que aumenta a taxa de combustão. Superfícies confinantes na região congestionada limitam a expansão da chama em certas direções, causando uma diminuição na taxa global de expansão da frente de chama, o que aumenta a pressão local, temperatura e taxa de combustão. A liberação de energia em uma deflagração é limitada pelas propriedades do combustível e pelo tamanho e extensão da zona congestionada, fora da qual a velocidade da chama desacelera rapidamente e não contribui mais para a geração de pressão. Em certos casos em que a velocidade da chama é superior à velocidade do som na mistura não queimada, pode ser necessário considerar os gases não queimados imediatamente fora da zona de congestionamento, pois podem contribuir para a energia na onda de choque.

22.11.2 As propriedades do combustível afetam a velocidade da chama e a sobrepressão alcançada em uma explosão de nuvem de vapor não confinada. Combustíveis mais reativos, como hidrogênio, etileno e acetileno, atingem velocidades de chama muito mais altas do que os combustíveis de menor reatividade. A amônia e o metano estão entre os combustíveis de baixa reatividade. Propano, butano e outros alcanos de cadeia mais longa estão entre os combustíveis de reatividade média.

22.11.3 As ondas de explosão produzidas por uma deflagração não se movem em velocidades supersônicas e, portanto, não são ondas de choque. Em vez disso, deflagrações lentas geralmente produzem ondas de choque com uma taxa relativamente lenta de aumento de pressão, que é menos prejudicial do que uma onda de choque de pressão e impulso comparáveis. Uma onda de choque com um aumento instantâneo da pressão é produzida a partir de uma detonação.

•

22.11.4 Não confinado explosões de nuvens de vapor geralmente ocorreu em plantas de processamento químico, onde geralmente estão envolvidas grandes quantidades de combustível (milhares de libras ou mais). No entanto, o congestionamento de fontes naturais (ou seja, árvores, vegetação) é conhecido por acelerar as chamas e causar sobrepressões significativas.

22.12* Explosivos.Explosivos são qualquer composto químico, mistura ou dispositivo, cujo objetivo principal é funcionar por explosão. Os explosivos são categorizados em dois tipos principais: explosivos baixos e explosivos altos (não confundir com dano de ordem baixa ou dano de ordem alta e detonação de ordem baixa ou detonação de ordem alta).

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

22.12.1 Explosivos Baixos.

22.12.1.1 Explosivos baixos são caracterizados por deflagração (onda de pressão de explosão subsônica) ou uma taxa de reação relativamente lenta e o desenvolvimento de baixa pressão quando iniciado. Explosivos baixos comuns são pólvora sem fumaça, pós flash, combustíveis sólidos para foguetes e pólvora negra. Explosivos baixos são projetados para funcionar pelos efeitos de empurrão ou elevação dos gases de reação quente produzidos rapidamente.

22.12.1.2 Deve-se notar que alguns explosivos baixos (ou seja, pó sem fumaça de base dupla) podem atingir a detonação em circunstâncias onde o confinamento é adequado para produzir velocidade de reação suficiente, quando a fonte de iniciação é muito forte, ou onde ocorrem instabilidades na combustão.

22.12.2 Altos Explosivos.

22.12.2.1 Altos explosivos são caracterizados por um mecanismo de propagação de detonação. Os altos explosivos comuns são dinamites, gel de água, trinitrotolueno (TNT), nitrato de amônio e óleo combustível (ANFO), explosivo de pesquisa e desenvolvimento (RDX), e tetranitrato de pentaeritritol (PETN) . Os altos explosivos são projetado para produzir efeitos de estilhaçamento em virtude de sua alta taxa de aumento de pressão e pressão de detonação extremamente alta [da ordem de 6.900.000 kPa (1.000.000 psi)]. Essas altas pressões localizadas são responsáveis pela formação de crateras e danos localizados (assentos) perto do centro da explosão.

22.12.2.2 Os efeitos produzidos por explosões de fase difusa (ou seja, combustível-ar) e explosivos sólidos são muito diferentes. Em uma explosão de fase difusa, os danos estruturais na estrutura confinante original tenderão a ser uniformes e omnidirecionais (a menos que ocorra uma aceleração significativa da chama devido a combustíveis muito reativos, como hidrogênio, acetileno e etileno, turbulência gerada pela geometria do confinamento). embarcação, ou altos níveis de congestionamento desenvolvidos durante a deflagração), e pode haver evidência de queimadura, abrasão ou bolhas. Em contraste, a taxa de combustão de um explosivo de fase condensada é extremamente rápida em comparação com a velocidade do som. Portanto, a pressão não se equaliza através do volume da explosão e pressões extremamente altas são geradas perto do explosivo. A pressão e o nível de dano resultante decaem rapidamente com a distância do centro da explosão. No local da explosão do combustível em fase condensada, deve haver evidência de efeitos de esmagamento, fragmentação e estilhaçamento produzidos pelas pressões mais altas. Isso frequentemente se manifesta por um "assento" pronunciado. Longe da fonte da explosão, geralmente há muito pouca evidência de queima intensa ou escaldante, exceto onde fragmentos quentes ou tições de fogo caíram em materiais combustíveis.

22.13 Investigação de Incidentes Explosivos.A investigação de incidentes envolvendo explosivos requer treinamento especializado. Explosivos são estritamente regulamentados por leis locais e federais, portanto, a maioria dos incidentes com explosivos será investigada por autoridades policiais ou agências reguladoras. Sugere-se que apenas investigadores com formação adequada se esforcem para conduzir tais investigações. Aqueles sem esse treinamento devem entrar em contato com a aplicação da lei ou outras agências para obter assistência.

22.14 Investigando a Cena da Explosão.

22.14.1 Geral. Os objetivos gerais da investigação do local da explosão não são diferentes daqueles de uma investigação regular de incêndio: determinar a origem, identificar o combustível e a fonte de ignição, descrever a sequência de ignição, determinar a causa e estabelecer a responsabilidade pelo incidente. UMA A abordagem sistemática para o exame da cena é pelo menos igual e possivelmente mais importante em uma investigação de explosão do que em uma investigação de incêndio. As cenas de explosão geralmente são maiores e mais perturbadas do que as cenas de incêndio. Sem uma abordagem sistemática e pré-planejada, as investigações de explosão tornam-se ainda mais difíceis ou impossíveis de conduzir de forma eficaz.

22.14.1.1 Incidentes típicos de explosão podem variar de uma pequena bomba em uma residência a uma grande explosão de processo envolvendo uma instalação inteira. Embora os procedimentos investigativos descritos em 22.14.1.2 a 22.14.4 sejam mais abrangentes para os grandes incidentes, os mesmos princípios devem ser aplicados aos pequenos incidentes, com a devida simplificação.

22.14.1.2 Quando o dano é muito extenso e inclui muitos danos estruturais, um especialista em dinâmica de explosão e um especialista em estrutura devem ser consultados no início da investigação para ajudar nas questões complexas envolvidas.

22.14.2 Protegendo a Cena.O primeiro dever do investigador é proteger a cena da explosão. Os socorristas da explosão devem estabelecer e manter o controle físico da estrutura e áreas circundantes. Pessoas não autorizadas devem ser impedidas de entrar na cena ou tocar em detritos de explosão distantes da própria cena porque a evidência crítica de uma explosão (seja acidental ou criminosa) pode ser muito pequena e pode ser facilmente perturbada ou movida por pessoas que passam. A evidência também é facilmente captada nos sapatos e rastreada. A segurança adequada da cena também tende a evitar danos adicionais a pessoas não autorizadas ou a curiosos que possam tentar entrar em uma área insegura.

22.14.2.1 Estabelecendo a Cena. Como regra geral, é desejável que o perímetro externo da cena do incidente seja estabelecido em $1_1/_2$vezes a distância do pedaço de detritos mais distante encontrado. Pedaços significativos de detritos de explosão podem ser lançados a grandes distâncias ou em edifícios ou veículos próximos, e essas áreas devem ser incluídas no perímetro da cena. Se forem encontrados pedaços adicionais de detritos, o perímetro da cena deve ser alargado. Pode ser mais prático que a documentação e a coleta de detritos no local sejam implementadas em condições de distâncias extremas da explosão.

22.14.2.2 Obter Informações Fundamentais. Antes de iniciar qualquer pesquisa, todas as informações relevantes sobre o incidente devem ser obtidas. Essas informações devem incluir uma descrição do local do incidente e dos sistemas ou operações envolvidos e das condições e eventos que levaram ao incidente. Os locais de quaisquer combustíveis e oxidantes presentes e quais condições anormais ou perigosas existiam que poderiam explicar o incidente precisam ser determinadas. Qualquer informação pertinente sobre materiais e causas suspeitos de explosivos será de interesse e também ajudará na busca.

22.14.2.2.1 Ao desenvolver a evidência, o investigador deve examinar relatos de testemunhas, registros de manutenção, registros operacionais, manuais, boletins meteorológicos, relatórios de incidentes anteriores e outros registros relevantes. Mudanças recentes em equipamentos, procedimentos e condições de operação podem ser especialmente significativas.

22.14.2.2.2A obtenção de desenhos de pré-explosão ou fotografias do edifício ou processo melhorará muito a documentação da cena.

22.14.2.3 Estabelecer um padrão de busca de cena.O investigador deve estabelecer um padrão de busca de cena. Com a ajuda de

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

membros da equipe de investigação, a cena deve ser revistada do perímetro externo para dentro em direção à área de maior dano. A determinação final do local de origem da explosão (epicentro) deve ser feita somente após o exame de toda a cena.

22.14.2.3.1O próprio padrão de pesquisa pode ser em forma de espiral, circular ou grade. Muitas vezes, as circunstâncias particulares da cena e o número de pesquisadores disponíveis ditarão a natureza do padrão. Em qualquer caso, as áreas atribuídas do padrão de pesquisa devem se sobrepor para que nenhuma evidência seja perdida na borda de qualquer área de pesquisa. Muitas vezes, é útil pesquisar áreas mais de uma vez. Quando esse padrão de pesquisa for concluído, um pesquisador diferente deve ser usado para repetir a pesquisa para ajudar a garantir que a evidência não seja negligenciada.

22.14.2.3.2O número de pesquisadores reais dependerá do tamanho físico e da complexidade da cena. O investigador responsável deve ter em mente, no entanto, que muitos pesquisadores muitas vezes podem ser tão contraproducentes quanto poucos. Os pesquisadores devem ser informados sobre os procedimentos adequados para identificar, registrar, fotografar e marcar e mapear a localização das evidências. Procedimentos consistentes são imperativos sempre que houver vários pesquisadores envolvidos.

22.14.2.3.3A localização da evidência pode ser marcada com marcas de giz, tinta spray, bandeiras, estacas ou outros meios de marcação. Depois de fotografar, a evidência pode ser marcada, movida e protegida.

22.14.2.3.4 Evidências no centro ou perto de uma explosão estão frequentemente entre as mais úteis para uma investigação. No entanto, danos próximos ou dentro da área de explosão podem ser significativos e as evidências podem se degradar com o tempo e a exposição ao clima. A busca na área da explosão o mais cedo possível com segurança pode levar à coleta de evidências que podem se degradar ou se perder com o tempo. Tais evidências incluem amostras químicas e metalúrgicas, registros em papel, padrões de fuligem, dados eletrônicos e posições de leve materiais.

22.14.2.4 Segurança no Local de Explosão. Todas as recomendações de segurança para investigação de incêndio listadas no capítulo Segurança também se aplicam à investigação de explosões. Além disso, existem algumas considerações especiais de segurança em uma cena de explosão.

22.14.2.4.1 Estruturas que sofreram explosões são frequentemente mais danificadas estruturalmente do que edifícios meramente queimados. A possibilidade de desabamento de piso, parede, teto, telhado ou prédio inteiro é grande e deve ser sempre considerada.

22.14.2.4.2 No caso de explosões de gás combustível ou poeira, as explosões secundárias são a regra e não a exceção. Os primeiros respondedores precisam permanecer alertas para essa possibilidade. Vazamentos de gás ou poças de líquidos inflamáveis precisam ser protegidos antes do início da investigação. Materiais tóxicos no ar ou em superfícies de materiais precisam ser neutralizados. Recomenda-se o uso de equipamentos de segurança individual adequados.

22.14.2.4.3 Cenas de explosão que envolvem bombas ou explosivos adicionam perigos. Os investigadores devem estar atentos a dispositivos adicionais e explosivos não detonados. O modus operandi de alguns bombardeiros ou incendiários inclui o uso de dispositivos explosivos secundários especificamente direcionados para a aplicação da lei ou para o pessoal do corpo de bombeiros que responderá ao incidente do bombardeio.

22.14.2.4.4 Uma busca completa da cena deve ser realizada para quaisquer dispositivos secundários antes do início do pós-operatório. investigação da explosão. Se dispositivos explosivos não detonados ou explosivos forem encontrados, é imperativo que eles não sejam movidos ou tocados. A área deve ser evacuada e isolada, e as autoridades de descarte de explosivos devem ser convocadas.

22.14.3 Avaliação Inicial da Cena.

22.14.3.1 Geral. Uma vez estabelecida a cena da explosão, o investigador deve fazer uma avaliação inicial do tipo de incidente com o qual está lidando. A avaliação inicial também inclui a segurança da cena. A segurança da cena geralmente impede as atividades de investigação até que os perigos sejam tornados seguros e o nível de equipamento de proteção individual tenha sido estabelecido. (*Consulte o Capítulo 13*.) Se a qualquer momento durante a investigação o investigador determinar que a explosão foi alimentada por explosivos ou envolveu um dispositivo explosivo, o investigador deve interromper a investigação da cena, proteger a cena e entrar em contato com a agência de aplicação da lei apropriada.

22.14.3.2 Identificar Explosão ou Incêndio. Uma tarefa inicial na avaliação inicial é determinar se o incidente foi um incêndio, uma explosão ou ambos. Pode ser um processo demorado para determinar que tipo de evento ocorreu e qual ocorreu primeiro. Muitas vezes, a evidência de uma explosão não é óbvia, por exemplo, quando uma explosão fraca de um combustível gasoso está envolvida.

22.14.3.2.1O investigador deve procurar sinais de uma condição de sobrepressão existente dentro da estrutura, incluindo deslocamento ou abaulamento de paredes, pisos, tetos, portas e janelas, telhados, outros membros estruturais, pregos, parafusos, linhas de serviço público, painéis e caixas . Fragmentação localizada e danos de pressão devem ser observados como atribuíveis à reação explosiva do combustível em fase condensada.

22.14.3.2.2O investigador deve procurar e avaliar a natureza e extensão dos danos causados pelo calor à estrutura e seus componentes e decidir se podem ser atribuídos apenas ao fogo ou à propagação de uma frente de chama.

22.14.3.3 Danos ao Documento. Danos de explosão podem ser usados para ajudar a classificar o tipo, quantidade e mistura do combustível envolvido. Os danos devem ser documentados antes que a cena seja perturbada e conforme a cena é alterada para descobrir ou obter acesso às áreas. Em residências comuns ou estruturas comerciais, o investigador pode achar útil determinar se a natureza do dano indica danos de ordem alta ou baixa. *(Consulte a Seção 22.3.)*

22.14.3.4 Explosão assentada ou não assentada.O investigador deve determinar se a explosão foi sentada ou não. Isso ajudará a classificar o tipo de explosão (por exemplo, detonação em fase condensada, explosão mecânica, combustível difuso, etc.).*(Consulte a Seção .)* *22,6*

22.14.3.5 Identifique o Tipo de Explosão.O investigador deve identificar o tipo de explosão envolvida (por exemplo, mecânica, combustão, outra reação química ou BLEVE).

22.14.3.6 Identificar Potencial Tipo Geral de Combustível.

22.14.3.6.1O investigador deve identificar quais tipos de combustível estavam potencialmente disponíveis no local da explosão, identificando a condição e a localização dos serviços de utilidade, incluindo gases combustíveis e fontes de outros combustíveis, como poeiras ou líquidos inflamáveis.

22.14.3.6.2O investigador deve analisar a natureza do dano em comparação com os padrões de dano típicos disponíveis a partir do seguinte:

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

(1) Gases
(2) Vapores líquidos
(3) Poeiras
(4) Explosivos
(5) Backdrafts
(6) BLEVEs

22.14.3.7 Estabelecer a Origem. O investigador deve tente desde cedo estabelecer a origem da explosão, o local onde ocorreu a ignição. A origem pode não ser a área de maior dano. A origem pode incluir uma cratera ou outra área localizada de danos graves no caso de uma explosão assentada. No caso de explosão difusa de combustível, a origem será o local onde a mistura inflamável entrou em contato com a fonte de ignição competente no momento da ignição. Em caso de explosão difusa de combustível dentro de uma estrutura, a menor área de origem identificável pode ser o volume ou sala confinante. Para muitas explosões, também é necessário entender como a nuvem de gás ou mistura inflamável se acumula dentro da estrutura de uma determinada fonte de vazamento. O tamanho, forma e concentração e distribuição dentro da estrutura podem ser muito importantes na determinação da origem.

22.14.3.8 Estabelecer Fonte de Ignição.

22.14.3.8.1 O investigador deve tentar identificar a fonte de ignição envolvida. Às vezes, isso pode ser muito difícil. O exame deve ser feito para fontes potenciais, como superfícies quentes, arco elétrico, eletricidade estática, chamas abertas, faíscas, produtos químicos, etc., onde misturas ar-combustível estão envolvidas. Experimentos especializados ou ferramentas de Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD) podem ser usados para avaliar a localização de fontes de ignição com base nos danos observados e na dinâmica inicial da explosão.

22.14.3.8.2 Quando explosivos estão envolvidos, a fonte de iniciação pode ser um detonador ou outro dispositivo pirotécnico. Os fios e os componentes do dispositivo geralmente sobrevivem, mas encontrar e identificar esses componentes requer um exame detalhado da cena e dos detritos.

22.14.4 Avaliação detalhada da cena. Armado com informações gerais da avaliação inicial da cena, o investigador pode agora começar um estudo mais detalhado dos danos e detritos da explosão. Como em qualquer investigação de incidente de incêndio, o investigador deve registrar sua investigação e descobertas por meio de anotações precisas, fotografia e diagramação. É importante usar técnicas adequadas de coleta e preservação.

22.14.4.1 Identificar Efeitos de Danos de Explosão. O investigador deve fazer um exame e análise detalhados da explosão específica ou dano de sobrepressão. Artigos danificados devem ser identificados como tendo sido afetados por uma ou mais das seguintes forças típicas de explosão:

(1) Sobrepressão de explosão e onda (Frente de pressão de explosão) - fase positiva
(2) Pressão de explosão e onda (Frente de pressão de explosão) - fase negativa
(3) Impacto do fragmento
(4) Energia térmica
(5) Choque no solo
(6) Cargas de arrasto dinâmicas (vento de explosão)

22.14.4.1.1 O investigador deve examinar e classificar o tipo de dano presente *(ver Seção)* *22,3*, se foi quebrada, dobrada, quebrada ou achatada, e também procurar mudanças na natureza do dano. Por exemplo, à medida que a distância aumenta de uma deflagração ou detonação, a pressão diminuirá. A redução na pressão mudará o tipo de dano de estilhaçamento e estilhaçamento para empurrão, levantamento e achatamento. Sobrepressões significativas e ondas de choque podem ser geradas por deflagrações ou detonações.

22.14.4.1.2 O investigador deve fazer um exame e análise detalhados da explosão específica ou dano de sobrepressão. Artigos danificados devem ser identificados como tendo sido afetados por um ou mais dos efeitos nocivos de explosões: sobrepressão e onda de explosão, cargas de arrasto dinâmico, impacto de fragmento, efeitos térmicos e efeitos de choque no solo.

22.14.4.1.3 A cena deve ser examinada cuidadosamente e fragmentos e materiais estranhos devem ser recuperados, bem como detritos do próprio assento. Fragmentos podem exigir análise de laboratório forense para sua identificação para determinar se são fragmentos do recipiente ou recipiente original ou partes de um dispositivo explosivo.

22.14.4.1.4 Diagrama de Campo de Detritos. Um diagrama detalhado do campo de detritos, como mostrado na Figura 22.14.4.1.4, denotando o companheiro rial, tamanho, massa, direção, distância, característica física e identidade podem ser úteis para determinar a origem da explosão.

22.14.4.1.5 Mesa 22.14.4.1.5(a) e Tabela 22.14.4.1.5(b) fornecem exemplos de lesões e danos ao edifício, respectivamente para vários níveis de sobrepressão relatados. Esses dados são da sobrepressão de pico aplicada ao exterior da estrutura. Os efeitos da sobrepressão da explosão no interior da estrutura não precisam ser tão grandes para produzir danos semelhantes. O nível real de lesões e danos ao edifício pode variar da Tabela 22.14.4.1.5 (uma) e Tabela 22.14.4.1.5(b) devido a diferenças no tamanho, saúde, e idade das pessoas, projeto estrutural e condição dos prédios e idade dos dados relatados nas tabelas.

22.14.4.1.6 Deve-se notar que a estimativa de danos estruturais de uma explosão é um tema muito complexo. Um tratamento completo envolve a máxima pressão e impulso da explosão, bem como o período natural e as características de resistência da estrutura confinante. Geralmente, pode-se esperar um pico de sobrepressão de 7 kPa a 14 kPa (1 psi a 2 psi) para causar a falha da maioria dos conjuntos estruturais leves, como portas, revestimento de madeira não reforçada, painéis de aço corrugado ou paredes de blocos de alvenaria, e as janelas convencionais podem quebrar a menos de 3,4 kPa (0,5 psi). Em comparação, sobrepressões muito mais altas podem ser toleradas quando o projeto estrutural é reforçado, particularmente com materiais de boa ductilidade (por exemplo, aço).

22.14.4.2 Identificar Dano de Fogo Pré-Explosão e Pós-Explosão. Os danos causados por fogo ou calor devem ser identificados como tendo sido causados por um incêndio pré-existente ou pelo efeito térmico da explosão. Os detritos que foram lançados para longe do ponto de origem devem ser examinados para determinar se foram queimados. Detritos desta natureza que são queimados podem ser um indicador de que um incêndio precedeu a explosão.

22.14.4.2.1 Provavelmente, o sinal mais comum de uma condição de sobrepressão é o vidro da janela lançado a alguma distância das janelas da estrutura. O resíduo de fumaça ou fuligem em fragmentos de vidro de janela ou outros detritos estruturais revela que a explosão seguiu um incêndio por algum tempo, enquanto pedaços de vidro ou detritos perfeitamente limpos lançados a grandes distâncias da estrutura podem indicar uma explosão anterior ao incêndio ou que o fogo não afetou o vidro antes da explosão.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

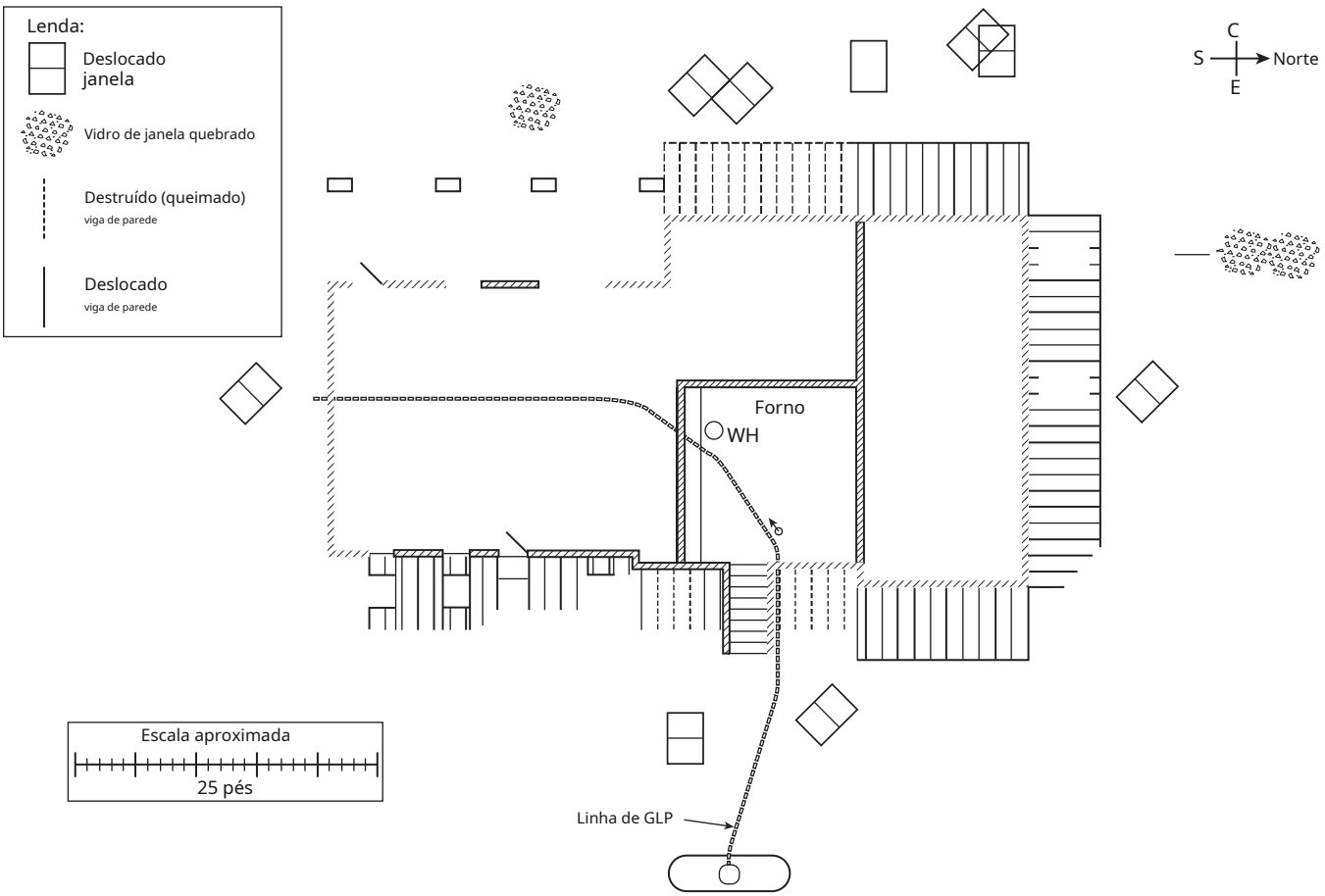


FIGURA 22.14.4.1.4 Um diagrama de campo de detritos simples de uma explosão de gás de habitação.

22.14.4.2.2 o direção do fluxo do investigador fundido e os detritos podem resolidificado a posição ou orientação do dizer t os detritos no t tempo de exposição ao calor.

22.14.4.3 Localizar e Identificar Artigos de Prova. Investigar, tores devem localizar identificar, anotar, registrar, fotografar e diagrama qualquer um dos de provas histricas. Por causa disso e artigos ling natureza de propulsões, o investigador deve ter em mente exp que pi significativo elementos de evidência podem ser encontrados em variedade de locais, diversas áreas como fora da estrutura explodida, s ded na estrutura embutido ou outros e r estrutural m em bers de o e das paredes, em ou explodiu em vegetação próxima, dentro de estruturas ou veículos, ou e adjacentes embebidas nestas estruturas adjacentes. No caso de incidentes de bombardeio ou incidentes envolvendo a explosão de tanques, aparelhos ou equipamentos, peças significativas do restos de provas podem ter perfurado os corpos das vítimas ou ser contidos em suas roupas.

22.14.4.3.1 A roupa de qualquer pessoa ferida em uma eu exposição deve ser obtida e preservada para exame e possível análise. O investigador deve garantir que as fotos sejam r tiradas dos ferimentos e u que qualquer m material removido de as vítimas durante o tratamento médico u são preservadas d. Isso é verdade se a pessoa suive ou não.

22.14.4.3.2 Os investigadores devem observar a condição e a posição de quaisquer componentes estruturais danificados e deslocados, como paredes, tetos, pisos, telhados, fundações, colunas de apoio portas, diques, calçadas, calçadas e pátios.

22.14.4.3.3 Os investigadores devem observar a condição e a posição de qualquer conteúdo do edifício danificado e deslocado, como móveis, eletrodomésticos, equipamentos de aquecimento ou de cozinha, equipamentos de fabricação, roupas das vítimas e objetos pessoais.

22.14.4.3.4 Os investigadores devem observar a condição e a posição de qualquer danificado e d está localizado ut equipamentos de segurança, combustível g como metros e régulators, fue eu ga como tubulações e tanques, trico caixas e eu ter, e conduítes e condutores elétricos, dispositivos calor ng tanques de óleo, par ts de ex plosivos ou recipientes de combustível.

22.14.4.3.5 Se é baliviar ed que o gás fugitivo do gás combustível sistema s é envolvido em um incidente de explosão, o ng relevante porta as do pipi sistema em deve ser examinado e mento ed, e se necessário ensaio, documentado. Para exame e comunicação estrutura comercial es, este documentação residencial e leve deveria d incluem o custodiado mer lateral de serviço no caso de comunicação natural natural g como e o tanque ou cilindro de armazenamento caso de Gás LP, A exame no país e a documentação deve desterrar eu também ncluir qualquer un a tubulação, a tubulação interna da casa, equipar nt, un da u pea equipamentos, incluindo válvulas e acessórios. documente s tu eu a Isso inclui fotografia e notas, bem como com gra u s.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Tabela 22.14.4.1.5(a) Critérios de Lesão Humana (Inclui Lesão por Vidro Voador e Efeitos Diretos de Sobrepressão)

Sobrepressão (psi)	Prejuízo	Comentários	Fonte
0,6	Limiar para lesões por estilhaços de vidro* Limiar	Com base em estudos com ovelhas e cães Com base	uma
1,0–2,0	para laceração da pele por estilhaços de vidro	em dados do Exército dos EUA	b
1,5	Limiar para múltiplas penetrações na pele de vidro voador (pele nua)*	Baseado em estudos com ovelhas e cães	uma
2,0–3,0	Limiar para ferimentos graves de vidro voador	Com base em dados do Exército dos EUA Dados	b
2.4	Limiar para ruptura do tímpano	conflitantes sobre ruptura do tímpano Dados	b
2,8	10% de probabilidade de ruptura do tímpano A	conflitantes sobre ruptura do tímpano	b
3,0	sobrepressão lançará uma pessoa ao chão	Uma fonte sugeriu uma sobrepressão de 1,0 psi para este efeito	c
3.4	1% de ruptura do tímpano	Não é uma lesão grave Com base em	d
4,0–5,0	Ferimentos graves de vidro voador perto de 50% probabilidade	dados do Exército dos EUA	b
5,8	Limiar para penetração na parede do corpo de vidro voador (pele nua)*	Baseado em estudos com ovelhas e cães	uma
6.3	50% de probabilidade de ruptura do tímpano Ferimentos	Dados conflitantes sobre ruptura do tímpano Com base	b
7,0–8,0	graves por estilhaços de vidro perto de 100% probabilidade	em dados do Exército dos EUA	b
10,0	Limiar de hemorragia pulmonar	Não é uma lesão grave [aplica-se a uma explosão de longa duração [acima de 50 m/seg (164 pés/seg)]; 20–30 psi necessários para ondas de duração de 3 m/s (9 pés/s)	d
14,5	Limiar de fatalidade para efeitos de explosão direta	Fatalidade principalmente por hemorragia	b
16	50% de ruptura do tímpano	pulmonar Algumas das lesões no ouvido seriam	d
17,5	10% de probabilidade de fatalidade por explosão direta efeitos	graves Dados conflitantes sobre mortalidade	b
20,5	50% de probabilidade de fatalidade por explosão direta efeitos	Dados conflitantes sobre mortalidade	b
25,5	90% de probabilidade de fatalidade por explosão direta efeitos	Dados conflitantes sobre mortalidade	b
27	1% de mortalidade	Uma alta incidência de lesões pulmonares graves [aplica-se a um explosão de longa duração (acima de 50 m/s)]; 60–70 psi necessários para ondas de duração de 3 m/s	d
29	99% de probabilidade de fatalidade por explosão direta efeitos	Dados conflitantes sobre mortalidade	b

Para unidades SI, 6,9 kPa = 1 psi.

* Interpretação das tabelas de dados apresentadas na referência. Fonte a = Fletcher, Richmond e Yelverton, 1980.

Fonte b = F. Lees, Loss Prevention in the Process Industries, 1996.

Fonte c = Brasie e Simpson, 1968.

Fonte d = Departamento de Transportes dos EUA, 1988.

22.14.4.4 Identificar vetores de força. Os investigadores devem identificar, diagramar, fotografar e anotar os fragmentos de detritos que indicam a direção e a força relativa da explosão. Tenha em mente que a força necessária para quebrar uma parede é mais do que a necessária para simplesmente desalojá-la ou deslocá-la. A força necessária para quebrar uma janela é maior do que a necessária para explodir uma janela intacta. Quanto maior a força, maior a distância que pedaços semelhantes de detritos serão lançados do epicentro.

22.14.4.4.1 O investigador deve registrar, diagramar e fotografar distâncias de mísseis e direções de deslocamento variáveis para detritos semelhantes, como vidro de janela. Mísseis maiores e mais massivos devem ser medidos e pesados para comparação das forças necessárias para impulsioná-los.

22.14.4.4.2 A distância e a direção de evidências significativas do epicentro aparente da explosão podem ser críticas. A localização de todas as peças significativas deve ser completamente documentada no diagrama da cena da explosão, juntamente com notas quanto à distância e direção. Este procedimento permite ao investigador reconstruir o deslocamento de vários componentes.

22.14.4.4.3 Outros indicadores direcionais podem estar presentes em alguns casos. Explosões de gás combustível podem exibir efeitos de impacto de dano térmico em artigos no caminho da frente de chama. A roupa e a pele do pessoal também podem apresentar padrões direcionais. Explosões de poeira podem apresentar fenômenos semelhantes e também podem incluir partículas de poeira queimadas ou não queimadas embutidas nos objetos de impacto.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Tabela 22.14.4.1.5(b) Critérios de Danos à Propriedade

Sobrepressão (psi)	Dano	Fonte
0,03	Quebra ocasional de grandes janelas de vidro já sob pressão	uma
0,04	Ruído alto (143 dB). Falha no vidro do boom sônico	uma
0,1	Quebra de pequenas janelas, sob tensão	uma
0,15	Pressão típica para falha de vidro	uma
0,30	"Distância segura" (probabilidade 0,95 nenhum dano sério além desta valor)	uma
	Limite de mísseis	
	Alguns danos nos tetos da casa	
	10% vidro da janela quebrado	
0,4	Pequeno dano estrutural	a, c
0,5–1,0	Quebra de janelas de vidro, danos ocasionais nos caixilhos das janelas. Uma fonte relatou falha de vidro a 1 kPa (0,147 psi)	a, c, d, e
0,7	Danos menores às estruturas da casa	uma
1,0	Demolição parcial de casas, tornando inabitável	uma
1,0–2,0	Quebra de tapume de amianto corrugado	a, b, d, e
	Falha de painéis de alumínio e aço corrugado	
	Falha dos painéis de revestimento de madeira (construção de habitação padrão)	
1.3	Estrutura de aço do edifício revestido ligeiramente distorcida	uma
2,0	Colapso parcial das paredes e telhados das casas	uma
2,0–3,0	Quebra de painéis de parede de concreto não armado ou blocos de concreto [10,3 kPa (1,5 psi) de acordo com outra fonte]	a, b, c, d
2.3	Limite inferior de danos estruturais graves 50%	uma
2,5	destruição da alvenaria da casa	uma
3	Construção de estrutura de aço distorcida e afastada das fundações Colapso	uma
3,0–4,10	de edifícios de painéis de aço auto-estruturados	a, b, c
	Ruptura de tanques de armazenamento de óleo Falha de	
	encaixe — tanques utilitários de madeira	
4,0	Revestimento de edifícios industriais leves rompidos	uma
4,8	Falha de estruturas de concreto armado Falha por	e
5,0	rotura – postes de madeira Destruição quase	a, b
5,0–7,0	completa de casas Vagões de trem carregados	uma
7,0	capotou	uma
7,0–8,0	Falha de cisalhamento/flexão de painéis de parede de tijolo	a, b, c, d
	[20,3 cm a 30,5 cm (8 pol. a 12 pol.) de espessura, não reforçado]	
	Lados de edifícios de estrutura de aço soprados	d
	Capotamento de vagões carregados	b, c
9,0	Vagões de trem carregados completamente	uma
10,0	demolidos Provável destruição total de edifícios	uma
30,0	Torres de aço	b, c
88,0	derrubadas por Cratera	e

Para unidades SI, 6,9 kPa = 1 psi.

Fonte a = F. Lees, Loss Prevention in the Process Industries, 1996.

Fonte b = Brasie e Simpson, 1968.

Fonte c = Departamento de Transportes dos EUA, 1988.

Fonte d = Força Aérea dos EUA, 1983.

Fonte e = McRae, 1984.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

22.15 Analisar Origem (Epicentro). Depois de identificar os vetores de força, o investigador deve traçar de trás para as áreas menos danificadas, seguindo o caminho geral dos vetores de força de explosão. Este processo é conhecido como análise dinâmica de explosão. Isso pode ser realizado com mais eficiência traçando em um diagrama da estrutura explodida as várias direções do movimento de detritos e, se possível, uma estimativa da força relativa necessária para o dano ou movimento de cada pedaço significativo de detritos, conforme indicado na Figura 22.15. UMA diagrama dimensional é desejável nos casos em que se prevê uma análise de engenharia dos efeitos dos danos.

22.15.1A análise da dinâmica da explosão é baseada no movimento de detritos para longe do epicentro da explosão em um padrão aproximadamente esférico e na força decrescente da explosão à medida que a distância do epicentro aumenta. Figura 22.15 ilustra uma origem geral para a explosão na cozinha.

Δ **22.15.2**Muitas vezes, é necessário mais de um diagrama de dinâmica de explosão. O primeiro diagrama pode mostrar uma área relativamente grande que pode indicar uma área ou sala específica para estudos adicionais como origem (como em Figura 22.15). Um segundo diagrama em menor escala pode então ser construído para analisar a dinâmica de explosão da própria sala ou compartimento de origem. Este diagrama em menor escala é especialmente útil quando se trata de uma explosão sentada.

22.15.3 Muitas vezes, especialmente ao lidar com explosões não assentadas, como explosões fugitivas de gás combustível, o investigador pode ser incapaz de identificar a origem (epicentro) com mais precisão do que para uma sala ou área específica.

22.15.4A análise da dinâmica da explosão é muitas vezes complicada pela evidência de uma série de explosões, cada uma com seu próprio epicentro. Esta situação exige uma comparação detalhada dos vetores de força. O movimento de detritos mais sólidos, como paredes, pisos e telhados, geralmente é menor nas explosões subsequentes do que na primeira. A primeira explosão forte tende a ventilar a estrutura, permitindo que mais da fase de pressão positiva das explosões subsequentes seja liberada.

22.15.5 Essa descoberta é verdadeira, no entanto, apenas quando as explosões secundárias são da mesma ou menor força que a primeira. Explosões de poeira são uma exceção notável a esse fenômeno, com explosões subsequentes sendo frequentemente mais poderosas que as primeiras.

22.16 Analisar a Fonte de Combustível. Uma vez identificada a origem ou epicentro da explosão, o investigador deve determinar o combustível. Esta determinação é feita por uma comparação da natureza e tipo de dano aos combustíveis conhecidos disponíveis no local.

22.16.1 Todas as fontes de combustível disponíveis devem ser consideradas e eliminadas até que um combustível possa ser identificado como atendendo a todos os critérios de danos físicos, bem como quaisquer outros dados significativos. Por exemplo, se o epicentro da explosão for identificado como uma cratera de concreto pulverizado de 1,8 m (6 pés) no centro do piso, o gás natural fugitivo pode ser eliminado como combustível, e apenas os combustíveis que podem criar explosões assentadas devem ser eliminados. considerado.

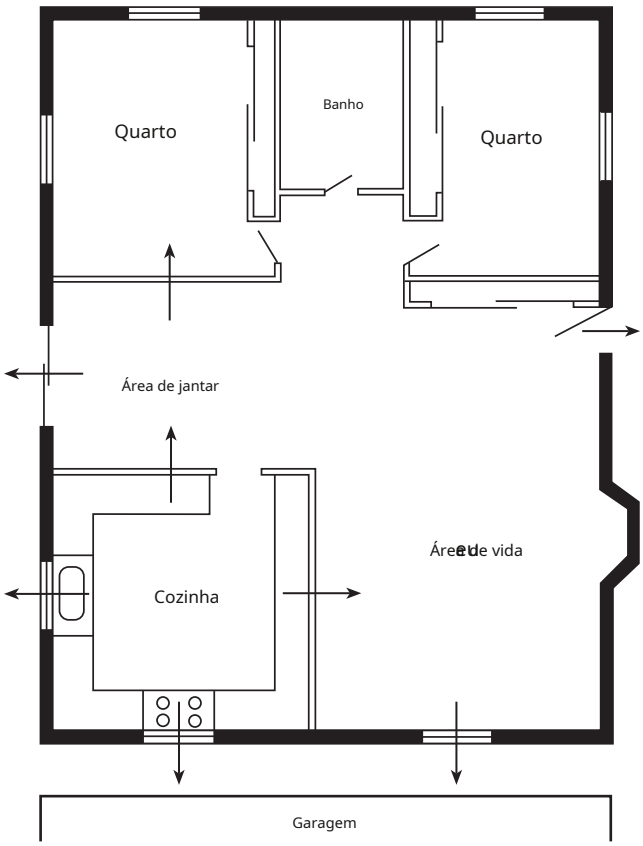


FIGURA 22.15 Diagrama mostrando o deslocamento de paredes, portas e janelas devido à explosão.

22.16.2A análise química de amostras de detritos, fuligem, solo ou ar pode ser útil na identificação do combustível. Com explosivos ou combustíveis líquidos, cromatografia gasosa, espectroscopia de massa ou outros testes químicos de amostras coletadas adequadamente podem identificar sua presença.

22.16.3 Amostras de ar colhidas nas proximidades da área de origem podem ser usadas para identificar gases ou vapores de combustíveis líquidos. Por exemplo, o "gás natural" comercial é uma mistura de metano, etano, propano, nitrogênio e butano. A presença de etano em uma amostra de ar pode mostrar que o "gás natural" comercial estava lá em vez de gás natural de "pântano, pântano ou esgoto", do qual o metano é o único componente inflamável.

22.16.4 Uma vez que um combustível é identificado, o investigador deve determinar sua fonte. Por exemplo, se o combustível for identificado como um gás mais leve que o ar e a estrutura for atendida por gás natural, o investigador deve localizar a fonte de gás que provavelmente estará no epicentro ou abaixo dele, possivelmente de um servidor com vazamento. linha de gelo ou aparelho a gás com defeito.

22.16.5 Todas as tubulações de gás, inclusive da rede pública ou tanques de armazenamento de GLP, até e através do regulador e medidor de serviço, até e incluindo todos os aparelhos, devem ser examinados e testados quanto a vazamentos, se possível.*(Consulte a NFPA 54 e o Manual do Código Nacional de Gás Combustível.)*A menos que tenha sido determinado que o uso de Gases Combustíveis para testes seria seguro, o teste de vazamento dentro de um prédio que sofreu um incêndio ou explosão de gás e que permanece essencialmente intacto deve ser realizado usando ar ou gás inerte (por exemplo, carbono dióxido, nitrogênio ou hélio).

22.16.5.1 Em nenhum caso o oxigênio deve ser usado como meio de teste.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

22.16.5.2O vazamento deve ser localizado por meio de um detector de gás aprovado, um fluido de detecção de vazamento não corrosivo ou outros métodos de detecção de vazamento aprovados. Fósforos, velas, chamas abertas ou outros métodos que forneçam uma fonte de ignição não devem ser usados.*(Consulte NFPA 54.)*

22.16.6A verificação de odor deve ser parte de qualquer investigação de explosão envolvendo, ou potencialmente envolvendo, gás(es) combustível(is), especialmente se houver indicações de que o vazamento de gás não foi detectado pelas pessoas presentes. Sua presença deve ser verificada. Tubos de coloração podem ser usados em campo, ou amostras de gás podem ser coletadas para análise laboratorial e a cromatografia gasosa pode ser usada como teste de laboratório para resultados mais precisos.

22.17 Analisar a Fonte de Ignição. Quando a área de origem e o combustível são identificados, os meios de ignição devem ser analisados. Esta análise é muitas vezes a parte mais difícil da investigação geral da explosão, especialmente com gases combustíveis fugitivos, porque múltiplas fontes de ignição competentes podem estar presentes. No caso de múltiplas fontes de ignição possíveis, o investigador deve levar em consideração todas as informações disponíveis, incluindo declarações de testemunhas. Deve ser feita uma avaliação cuidadosa de todas as fontes de ignição possíveis. Os fatores a serem considerados incluem o seguinte:

(1) Energia mínima de ignição do combustível
(2) Energia de ignição da fonte potencial de ignição
(3) Temperatura de ignição do combustível
(4) Temperatura da fonte de ignição
(5) Localização da fonte de ignição em relação ao combustível
(6) Presença simultânea do combustível e da fonte de ignição no momento da ignição
(7) Relatos de testemunhas de condições e ações imediatamente antes e no momento da explosão

22.18 Analisar para Estabelecer Causa.

22.18.1 Geral. Tendo identificado a origem, combustível e fonte de ignição, o investigador deve analisar e determinar o que uniu o combustível e a ignição na origem. As circunstâncias que reuniram esses elementos naquele tempo e lugar são a causa. Isso envolve uma análise cuidadosa da provável sequência de ignição.

22.18.1.1 Parte dessa análise pode incluir considerações de como a explosão poderia ter sido evitada, como a não conformidade com os códigos ou padrões existentes. Deve-se notar que, devido aos efeitos destrutivos do fogo e das explosões, a causa nem sempre pode ser determinada.

22.18.1.2 Muitas técnicas são sugeridas em 22.18.2 Através dos 22.18.6 para auxiliar no estabelecimento da causalidade. A escolha da(s) técnica(s) utilizada(s) dependerá das circunstâncias únicas do incidente.

22.18.2 Análise da Linha do Tempo. Com base nas informações de fundo coletadas (por exemplo, declarações e logs), uma sequência de eventos deve ser tabulada para o tempo anterior à explosão e durante a explosão. Consistências e inconsistências com teorias de causação podem então ser examinadas e uma hipótese de "melhor ajuste" estabelecida.

22.18.3 Análise do Padrão de Danos.Vários tipos de padrões de danos, principalmente detritos e danos estruturais, devem ser documentados para análise posterior.

22.18.3.1 Análise de Detritos.

22.18.3.1.1 Os investigadores devem identificar, diagramar, fotografar e anotar os fragmentos de detritos que indicam a direção e a força relativa da explosão. Em geral, quanto maior a energia explosiva, mais longe serão lançados pedaços semelhantes de detritos do centro da explosão. No entanto, diferentes características de arrasto e sustentação (ou seja, aerodinâmica) de vários formatos de fragmentos tenderão a favorecer algumas peças indo mais longe. Além disso, os detalhes da construção afetam o lançamento de detritos, incluindo massa de várias superfícies, resistência das conexões, área de janelas e portas, salas abaixo do nível e outros detalhes.

22.18.3.1.2A distância e a direção de evidências significativas do centro aparente da explosão podem ser críticas. A localização de todas as peças significativas deve ser completamente documentada no diagrama da cena da explosão, juntamente com notas quanto à distância e direção. Este procedimento permite ao investigador reconstruir as trajetórias de vários componentes. Em alguns casos, é desejável pesar e fazer medições geométricas de mísseis significativos, especialmente os grandes. Essas medições podem então ser usadas em uma análise de engenharia mais completa de trajetórias.

22.18.3.2 Análise de Danos Estruturais Relativos. Os investigadores devem diagramar os danos nas áreas ao redor do local da explosão. A análise de danos às estruturas circundantes pode ser usada para estimar as cargas de explosão e desenvolver um mapa de contorno de pressão. Tal análise fornecerá pistas adicionais para a propagação da explosão e pode ser usada como entrada adicional para uma análise de engenharia mais completa.

22.18.4* Correlação do Tipo de Explosão e Energia com Danos Incorridos.Existem vários métodos que os analistas usam para correlacionar o grau de dano e a distância do projétil com o tipo e a quantidade de combustível envolvido. Devido às grandes diferenças na dinâmica química entre explosivos sólidos e deflagrações de gás/vapor, não é possível correlacionar diretamente a quantidade de combustível envolvida em um com o peso do explosivo usado no outro. Materiais de fase condensada que detonam podem ser comparados com dados de explosão de alta explosividade, mas podem ocorrer diferenças no desempenho. Equivalências de peso para explosivos comuns de fase condensada podem ser encontradas na literatura.

22.18.5 Análise de Itens e Estruturas Danificados. Freqüentemente, a determinação da causa em incidentes de explosão requer uma abordagem multidisciplinar para relacionar os danos aos combustíveis envolvidos. O uso de especialistas especiais pode ser necessário.

22.18.6 Correlação de Efeitos Térmicos. Uma coleção de artefatos exibindo danos causados pelo calor de um evento explosivo pode fornecer evidências de uma bola de fogo ou fogo durante a sequência de eventos. Esses artefatos podem ser mais uma prova de que o evento de explosão pode ter envolvido um BLEVE, um incêndio a jato de combustível (flare) ou outro fenômeno, dependendo do caráter desses artigos. A análise especializada dos efeitos dos danos térmicos pode ser realizada por uma pessoa treinada nesta área. A partir deste material, um diagrama isotérmico (ou seja, mapa de dano térmico) pode ser desenvolvido.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

Capítulo 23 Incêndios Incendiários

23.1* Introdução. A definição para *fogo incendiário* pode ser encontrado no Capítulo 3 *(ver 3.3.121).*

23.2 Indicadores de Incêndio Incendiário. Há uma série de condições relacionadas à origem e propagação do fogo que podem fornecer evidências físicas de uma causa de incêndio incendiário.

23.2.1 Incêndios Múltiplos. Incêndios múltiplos são dois ou mais incêndios separados, não relacionados e que queimam simultaneamente. O investigador deve procurar descobrir quaisquer conjuntos adicionais de incêndio ou pontos de origem que possam existir. Para concluir que existem vários incêndios, o investigador deve determinar que qualquer incêndio "separado" não foi uma consequência natural do incêndio inicial.

23.2.1.1 Incêndios em salas diferentes, incêndios em diferentes andares sem fogo de conexão ou incêndios separados dentro e fora de um edifício são exemplos de incêndios múltiplos. Uma busca do edifício de incêndio e suas áreas circundantes deve ser realizada para determinar se há vários incêndios.

23.2.1.2 Incêndios separados que não são causados por múltiplas ignições deliberadas podem resultar do seguinte:

(1) Fogo espalhado por condução, convecção ou radiação
(2) Fogo espalhado por marcas voadoras
(3) propagação do fogo por impacto direto da chama
(4) O fogo se espalha pela queda de materiais em chamas (ou seja, queda) como cortinas
(5) O fogo se espalha através de poços, tais como tubulações ou dutos de ar condicionado
(6) O fogo se espalhou dentro das cavidades da parede ou do piso dentro da "construção de balão"
(7) Fiação elétrica sobrecarregada
(8) Falhas do sistema utilitário
(9) Relâmpago
(10) Ruptura e lançamento de recipientes de aerossol

23.2.1.3 Vários pontos de origem aparentes também podem resultar da queima contínua em partes remotas de um edifício durante a supressão de incêndio e revisão geral, particularmente quando o colapso do edifício ou colapso parcial do edifício está envolvido.

23.2.1.4 Quanto mais cedo um incêndio for extinto, mais fácil será identificar vários pontos de origem. Uma vez que o envolvimento de sala inteira ou extensão de sala a sala tenha ocorrido, a identificação de vários incêndios se torna mais difícil e um esgotamento completo ou "buraco negro" pode impossibilitar a identificação.

23.2.1.5 Se houve um incêndio anterior no edifício, deve-se tomar cuidado para não confundir danos anteriores com uma situação de incêndio múltiplo.

23.2.1.6 Reconstrução do local do incêndio *(consulte a Seção 18.7)*, um aspecto importante do exame da cena do incêndio, é especialmente importante quando há suspeita de vários incêndios.

23.2.1.7 Um exame cuidadoso do local do incêndio pode revelar conjuntos de incêndio adicionais que se destinam a acender incêndios adicionais, particularmente no mesmo tipo de área. Por exemplo, se o investigador observa ou descobre uma área de origem em um armário, é prudente examinar outros armários para incêndios adicionais ou conjuntos de incêndios. O investigador pode ser obrigado a obter autoridade legal para realizar uma busca em áreas não afetadas ou envolvidas no incêndio descoberto. *(Ver 12.3.3.3 e 12.3.3.4.)*

23.2.2 Reboques. Um reboque é um combustível introduzido deliberadamente ou manipulação de combustível(s) existente(s) usado(s) para ajudar na propagação de um incêndio de uma área para outra. Os reboques podem ser usados para conectar conjuntos de incêndio separados. Os combustíveis usados para reboques podem ser líquidos inflamáveis, sólidos ou combinações destes. Dependendo do tipo de combustível usado, partes do trailer podem sobreviver ao fogo. Os trailers são frequentemente indicados por padrões de incêndio alongados, sem condições, como envolvimento total da sala, o que pode obscurecer ou destruir padrões.

23.2.2.1 A confirmação da presença de um reboque é uma indicação convincente de que o incêndio foi incendiário.

23.2.2.2 Materiais como roupas, papel, palha e líquidos inflamáveis são frequentemente usados. Remanescentes de materiais sólidos frequentemente são deixados para trás e devem ser coletados e documentados.

23.2.2.3 Líquidos inflamáveis podem deixar padrões lineares, principalmente quando os incêndios são extintos precocemente. A energia radiante da extensão de chamas ou gases quentes através de corredores ou escadas também pode produzir padrões lineares. Tal como acontece com os aceleradores sólidos suspeitos, as amostras de possíveis aceleradores líquidos devem ser coletadas e analisadas. *(Consulte a Seção 17.5.)*

23.2.2.4 Muitas vezes, quando a área do piso é limpa de detritos para examinar os danos, padrões longos, largos e retos serão encontrados mostrando áreas de danos extensos pelo calor, ligados em cada lado por áreas não danificadas ou menos danificadas. Esses padrões têm sido frequentemente interpretados como trailers. Embora essa conclusão seja possível, a presença de móveis, estoque, balcões ou armazenamento pode resultar nesses padrões lineares. Esses padrões também podem resultar do impacto do fogo em áreas desgastadas de pisos e revestimentos de piso. Objetos de formato irregular no piso, como roupas ou roupas de cama, podem fornecer proteção ao piso, resultando em padrões que podem ser interpretados incorretamente.

23.2.2.5 Por exemplo, a própria gasolina derramada para ajudar no incêndio é um acelerador. É o uso deliberado da gasolina para espalhar o fogo de um local para outro que faz com que o fluxo de gasolina seja um trailer. Levar gasolina de uma sala para outra e subir a escada constitui a colocação de um trailer. Encharcar um prédio com gasolina do porão ao telhado ou em uma área ampla não constitui a colocação de um trailer; em vez disso, considera-se usar um acelerador. Assim, percebe-se que o combustível não constitui um reboque, mas sim a forma como o combustível ou acelerador é utilizado. Esta distinção é semelhante ao requisito de "uso" na definição de um acelerador. A ação de queima não tem efeito sobre a existência de um trailer. Gasolina, trapos ou jornais podem ser usados como trailers, mas eles queimam de maneira diferente. O padrão que é deixado por um trailer é uma evidência do trailer; o padrão não é o trailer. Se um incendiário colocar um reboque, mas for detido antes da ignição, ainda há um reboque.

23.2.3 Falta de Carga Prevista de Combustível ou Fontes de Ignição. Quando o dano do fogo na origem é inconsistente com a carga de combustível conhecida ou relatada, taxas limitadas de liberação de calor ou fontes de ignição potencialmente acidentais limitadas, o fogo pode ser incendiário. Um exemplo de todos os três é uma queimadura isolada no nível do chão em uma sala grande e vazia. Exemplos de áreas de carga de incêndio limitadas incluem corredores e escadas. As escadas, embora geralmente tenham cargas de incêndio limitadas, podem promover uma rápida propagação do fogo, permitindo que as chamas ou gases quentes se desloquem verticalmente para outras áreas. Esta ação pode causar danos graves nas superfícies expostas da escada. Exemplos adicionais de áreas com fontes de ignição potencialmente acidentais limitadas incluem armários, espaços de rastreamento e sótãos.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

23.2.4 Carga ou Configuração Incomum de Combustível. Se a investigação revelar a presença de uma carga de combustível extraordinariamente grande na área de origem, ou uma carga de combustível na área de origem que normalmente não seria esperada nessa área ou não seria esperada na configuração em em que foi encontrado, o fogo pode ser incendiário. Um exemplo de configuração incomum é quando móveis, estoque ou conteúdo são deliberadamente empilhados ou empilhados em uma configuração para estimular o desenvolvimento rápido ou completo do fogo. Um exemplo de uma carga de combustível incomumente grande é quando acúmulos de lixo, detritos ou caixas de papelão são deliberadamente introduzidos em uma sala ou espaço para incentivar um maior envolvimento do fogo.

23.2.5 Lesões por Queimaduras. A forma e a extensão das queimaduras podem fornecer pistas sobre a origem, causa ou propagação do fogo. Ferimentos por queimadura podem ser sofridos durante a criação de um incêndio incendiário. O investigador deve verificar se as queimaduras da vítima do incêndio e a natureza e extensão das lesões são consistentes com a hipótese investigativa sobre a causa e a propagação do fogo. O investigador deve verificar os hospitais locais para a identificação de quaisquer pessoas admitidas ou tratadas por queimaduras.

23.2.6 Dispositivos Incendiários. *Dispositivo incendiário* é um termo usado para descrever uma ampla gama de mecanismos usados para iniciar um incêndio incendiário. Em alguns casos, o incendiário pode ter usado mais de um dispositivo incendiário. Freqüentemente, restos do combustível usado serão encontrados com o dispositivo de ignição. Se houver suspeita de incêndio incendiário, o investigador deve procurar outros conjuntos de incêndio que possam ter queimado ou não funcionaram.

AVISO: Quando um dispositivo incendiário é descoberto que não foi ativado, *não o mova!* Tais dispositivos devem ser manuseados por pessoal especialmente treinado para descarte de munições explosivas. Tocar ou mover tais dispositivos é extremamente perigoso e pode resultar em ignição ou explosão.

23.2.6.1 Dispositivos de Atraso. Temporizadores ou dispositivos de atraso podem ser empregados para permitir que o incendiário tenha a oportunidade de deixar a cena e possivelmente estabelecer um álibi antes da ignição. Dispositivos de atraso comuns incluem velas, cigarros e temporizadores mecânicos ou elétricos.

23.2.6.2 Presença de Líquidos Inflamáveis na Área de Origem. O uso ou presença de líquidos inflamáveis é geralmente referido como um *acelerador líquido* quando usado em conjunto com um fogo incendiário.

23.2.6.2.1 A presença de líquidos inflamáveis pode indicar que um incêndio foi incendiário, especialmente quando os líquidos inflamáveis são encontrados em áreas em que normalmente não são esperados. Recipientes de líquidos inflamáveis em uma garagem de automóveis podem não ser incomuns, mas um recipiente de líquidos inflamáveis encontrado em um quarto pode ser incomum. Em ambos os casos, a presença de líquidos inflamáveis perto da área de origem deve ser totalmente investigada.

23.2.6.2.2 "Padrões irregulares" *(ver 6.3.20.7.2)* pode indicar a presença de um líquido inflamável. Se o investigador observar padrões associados a um acelerador de líquido, ele também poderá observar os restos de um recipiente usado para armazenar o líquido. O investigador deve garantir que as amostras sejam coletadas de qualquer área onde haja suspeita de presença de líquidos inflamáveis.

23.2.7 Avaliação do Crescimento do Fogo e Danos do Fogo. Os investigadores podem formar uma opinião de que a velocidade de crescimento do fogo ou a extensão dos danos foi maior do que seria esperado para os combustíveis "normais" que se acredita estarem presentes e para a configuração do edifício. No entanto, essas opiniões são subjetivas. Incêndio o crescimento e os danos estão relacionados a um grande número de variáveis, e as suposições feitas pelo investigador são baseadas no treinamento e na experiência individual desse investigador. Se for usada linguagem subjetiva, o investigador deve ser capaz de explicar especificamente por que o fogo foi "excessivo", "não natural" ou "anormal".

23.2.7.1 Exemplos de Dispositivos Incendiários. Exemplos de alguns dispositivos incendiários e as evidências que podem estabelecer sua presença ou uso são os seguintes:

(1) Livros de fósforos de papel e cigarros dos quais se encontrem na área de origem o riscador da caixa de fósforos, filtros de cigarros, cinzas remanescentes de cigarros e os materiais combustíveis inflamados pelos fósforos ou cigarros

(2) Velas cuja cera e restos de qualquer material combustível inflamado pelas velas possam ser encontrados na área de origem

(3) Sistemas de fiação ou aparelhos de aquecimento elétrico para iniciar um incêndio, que pode ser evidenciado por indicações de adulteração ou modificação do sistema de fiação, pelo movimento ou disposição de aparelhos produtores de calor para locais próximos a materiais combustíveis, ou por evidência de combustão - materiais insufláveis colocados sobre ou perto de aparelhos geradores de calor

(4) Bombas de fogo, ou coquetéis molotov, que deixam evidências na forma de líquido inflamável, produtos químicos ou compostos usados dentro deles, os recipientes quebrados ou intactos e pavios *(Figura 23.2.7.1)*

(5) Dispositivo incendiário cera de parafina-serragem, que pode ser evidenciado por restos de cera impregnados com serragem (por exemplo, lenha artificial)

23.2.7.2 O que um investigador pode considerar como "excessivo", "não natural" ou "anormal" pode realmente ocorrer em um incêndio acidental, dependendo da geometria do espaço, das características do combustível e da ventilação do compartimento. *(ver 5.5.4)*. Alguns combustíveis plásticos que são difíceis de queimar a céu aberto podem queimar vigorosamente quando submetidos à radiação térmica de outros materiais em chamas na área. Este tipo de queima pode ocorrer nas condições durante ou após o flashover.

23.2.7.3 O investigador é fortemente advertido contra o uso de opiniões subjetivas para apoiar uma determinação de causa incendiária na ausência de evidência física.

23.2.7.4* Aceleradores Exóticos. Misturas de combustíveis e Classe 3 ou Oxidantes de classe 4 *(veja NFPA 400)* pode produzir um excesso fogo quente e pode ser usado para iniciar ou acelerar um incêndio. Alguns desses oxidantes, dependendo de várias condições, podem auto-



ΔFIGURA 23.2.7.1 Restos de "Coquetel Molotov" ou Fogo Bombear.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

inflamar e causará o mesmo tipo de crescimento de fogo. As misturas de termite também produzem incêndios extremamente quentes. Esses aceleradores geralmente deixam resíduos que podem ser visualmente ou quimicamente identificáveis. A presença de restos dos oxidantes não constitui por si só um incêndio intencional.*(Consulte 5.7.4.1.5.)*

23.2.7.4.1 Os aceleradores exóticos foram hipotetizados como tendo sido usados para iniciar ou acelerar alguns incêndios de rápido crescimento e foram referidos nestes casos particulares como*aceleradores de alta temperatura (HTA).* Os indicadores de aceleradores exóticos incluem uma taxa extremamente rápida de crescimento do fogo, chamas brilhantes (particularmente no início do fogo) e aço ou concreto derretidos. Um estudo de 25 incêndios suspeitos de estarem associados a ATS durante o período de 1981-1991 revelou que não havia comprovação científica conclusiva do uso de tal ATS.

23.2.7.4.2 Em qualquer incêndio em que a taxa de crescimento do fogo seja considerada extremamente rápida, outras razões para isso devem ser consideradas além do uso de um acelerador, exótico ou outro. Essas razões incluem ventilação, táticas de supressão de incêndio e o tipo e configuração dos combustíveis.

23.2.7.5 Existem modelos matemáticos de crescimento do fogo que podem fornecer assistência, se usados adequadamente, na avaliação da precisão potencial dessas observações subjetivas.

23.3 Indicadores de Potencial Não Diretamente Relacionados à Combustão. Esses indicadores geralmente são condições ou circunstâncias que, por si só, não estão diretamente relacionadas à causa do incêndio ou explosão, mas que podem ser usadas pelo investigador para desenvolver hipóteses de ignição, selecionar testemunhas para entrevista, desenvolver suspeitos, e desenvolver caminhos para uma investigação mais aprofundada. Os indicadores desta seção são aqueles que tendem a mostrar que alguém tinha conhecimento prévio do incêndio.

23.3.1 Locais Remotos com Visão Bloqueada ou Obscura. Um incêndio em um local isolado ou onde a vista está escondida da observação pode indicar um incendiário que não queria ser visto ou pego. Incêndios em tais locais também permitiriam que o fogo se desenvolvesse antes de ser descoberto. Exemplos incluem situações em que as janelas são pintadas ou o papel cobre as janelas sem nenhuma razão aparente além de esconder o fogo. O fato de a origem do incêndio estar em um local remoto, ou em um local de difícil observação, não deve, por si só, ser interpretado como indicativo de conhecimento prévio.

23.3.2 Entrada Forçada.A evidência de entrada forçada pode ser descoberta pelo investigador. Fechaduras de portas quebradas, janelas e outros pontos de entrada devem ser documentados e examinados quanto a possíveis evidências físicas. O investigador é advertido de que os socorristas e o pessoal de supressão podem forçar a entrada como parte de sua resposta ao incêndio. A entrada forçada pode ser evidência de roubo. Também pode ser encenado pelo proprietário ou ocupante na tentativa de enganar os investigadores.

23.3.3 Incêndios Próximos a Equipamentos e Aparelhos de Serviço. Um incêndio próximo a equipamentos a gás ou elétricos, eletrodomésticos ou lareiras pode ter a intenção de fazer com que o fogo pareça ser de um acidente. O investigador deve examinar o fornecimento de combustível ou as conexões de serviço para determinar se eles estavam soltos ou desconectados e, em seguida, deve determinar se ocorreu adulteração ou sabotagem do equipamento ou aparelhos. Se o investigador não tiver conhecimento suficiente sobre o equipamento ou aparelho, ele deve ser examinado por pessoal qualificado.

23.3.4 Remoção ou Substituição do Conteúdo Antes do Incêndio. Ao longo da investigação, o investigador pode acreditam que antes do incêndio, o conteúdo de um edifício foi removido ou substituído por itens de menor valor ou de maior valor.

23.3.4.1 Substituição. Quando o investigador acredita que o conteúdo foi substituído, deve ser feito um inventário o mais completo possível do conteúdo antes da liberação do edifício. O inventário da estrutura pré-incêndio deve ser obtido e corroborado por meio de depoimentos de testemunhas, fatura e recibo de inventário, etc. A prova de perda do seguro e o arquivo de subscrição fornecerão uma lista do que foi alegado estar presente. Se forem encontrados conteúdos anormais para a ocupação, isso pode ser outro indicador de que alguém teve conhecimento prévio do incêndio. Os itens e conteúdos que podem ser substituídos dependem da ocupação do edifício ou espaço. Considere os seguintes exemplos:

(1) Ocupação residencial - móveis, roupas
(2) Ocupação industrial/comercial – máquinas, equipamentos, estoque, mercadorias
(3) Veículos - pneus, baterias

23.3.4.2 Remoção. Cenas de incêndio ou edifícios de incêndio que são desprovidos do conteúdo "normal" razoavelmente esperado, ou identificado por meio de depoimentos de testemunhas, na estrutura antes do incêndio devem ser investigados e explicados. Em geral, os itens removidos são itens valiosos, como equipamentos audiovisuais, eletrônicos pessoais, equipamentos fotográficos, estoque, equipamentos ou itens difíceis de substituir, incluindo arquivos, registros comerciais e assim por diante. Outros itens que podem ser removidos antes de um incêndio podem ser aqueles que incriminam um incendiário.

23.3.4.3 Ausência de Objetos Pessoais Antes do Incêndio.A ausência de itens pessoais, insubstituíveis ou difíceis de substituir deve ser investigada. Exemplos desses itens incluem joias, fotografias, prêmios, certificados, troféus, arte, animais de estimação, equipamentos para esportes e hobbies e assim por diante. Além disso, a remoção de documentos importantes (por exemplo, apólice de seguro contra incêndio, registros comerciais, registros fiscais) antes do incêndio deve ser investigada e explicada.

23.3.5 Entrada Bloqueada ou Obstruída.

23.3.5.1A entrada para uma estrutura ou para a propriedade pode ser bloqueada ou obstruída para impedir os bombeiros de extinguir o fogo. As obstruções à propriedade podem incluir árvores caídas, barricadas nas ruas ou elementos de construção que impeçam o acesso de veículos de bombeiros, como colunas de alvenaria, cercas e portões.

23.3.5.2 As obstruções à estrutura podem incluir o que parecem ser medidas de "segurança", como janelas e portas fechadas com tábuas, "grades de segurança" e correntes e fechaduras.

23.3.6 Sabotagem à Estrutura ou Sistemas de Proteção Contra Incêndio.

23.3.6.1 Introdução. Sabotagem refere-se a dano ou destruição intencional da estrutura física do edifício, ou dano intencional a um sistema ou sistema de proteção contra incêndio componentes.

23.3.6.1.1 Um incendiário muitas vezes tem a intenção de desenvolver condições que levarão à destruição rápida e completa do edifício ou de seu conteúdo. Para cumprir este objetivo, o incendiário pode sabotar a estrutura (montagem resistente ao fogo) ou os sistemas de proteção contra incêndio.

23.3.6.1.2 Os investigadores devem determinar se a falha de componentes estruturais ou sistemas de proteção contra incêndio foi resultado de sabotagem deliberada ou outros fatores, como

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

construção, falta de manutenção, desligamento de sistemas para manutenção, projeto inadequado ou falha de equipamento ou montagem estrutural.

23.3.6.2 Danos aos Conjuntos Resistentes ao Fogo.O projeto resistente ao fogo, realizado através da construção de vários conjuntos com classificação de resistência ao fogo (por exemplo, paredes, tetos e pisos) e a proteção adequada das aberturas (por exemplo, portas corta-fogo, janelas e persianas e amortecedores de incêndio), destina-se a separar as porções de uma estrutura em "compartimentos" ou "áreas de incêndio" que confinam um incêndio dentro do "compartimento" no qual o fogo se originou, impedindo o movimento de fumaça e fogo para outras partes do edifício.

23.3.6.2.1 As penetrações em conjuntos resistentes ao fogo podem ser uma indicação de que o incendiário tentou espalhar o fogo de uma área para outra. O investigador deve tentar determinar se as penetrações ocorreram com a intenção de espalhar o fogo. As penetrações da construção com classificação de resistência ao fogo podem ser o resultado de uma construção inicial ruim, reformas, fiação de serviço ou cabos, ou podem ser o resultado de atividades de combate a incêndio, como ventilação ou revisão geral.

23.3.6.2.2 As portas abertas são o método mais comum de propagação do fogo através de uma estrutura. A sabotagem de portas corta-fogo ou de fumaça (por exemplo, portas de cunha abertas) ou persianas corta-fogo podem aumentar a propagação do fogo e da fumaça por toda a estrutura. A sabotagem das portas das escadas pode aumentar ainda mais a rápida propagação do fumo e do fogo. No entanto, frequentemente essas portas são mantidas ou mantidas abertas pelos ocupantes do edifício para melhorar a ventilação ou o acesso durante as operações regulares do edifício. O investigador deve determinar se as portas e outras proteções de abertura foram abertas intencionalmente pelo incendiário ou foram abertas como um uso operacional normal do edifício.

23.3.6.3 Danos aos Sistemas de Proteção Contra Incêndio. Os sistemas de proteção contra incêndio incluem detecção de calor, fumaça ou chama; sistemas de alarme e sinalização; sistemas de sprinklers e tubos verticais; sistemas especiais de extinção, como os que usam dióxido de carbono, espuma ou halon; e rede de água privada e hidrantes.

23.3.6.3.1A sabotagem de sistemas ou componentes de proteção contra incêndio pode atrasar a notificação aos ocupantes e ao corpo de bombeiros e pode impedir o controle ou extinção do incêndio. Tal sabotagem destina-se a permitir que o fogo se desenvolva plenamente e crie uma maior destruição.

23.3.6.3.2A sabotagem pode incluir a remoção ou cobertura de detectores de fumaça; obstruindo aspersores; desligando as válvulas de controle; roscas prejudiciais em tubos verticais, conexões de mangueiras ou hidrantes; e obstruir ou colocar detritos nas conexões siamesas do corpo de bombeiros ou hidrantes.

23.3.6.3.3 Outro tipo de sabotagem, embora mais sutil, é acender vários incêndios*(Veja 23.2.1)*. Além do aumento destruição de incêndios adicionais, vários incêndios podem ter o efeito de sobrecarregar o sistema de supressão de incêndios além de suas capacidades de projeto. Pode ser necessária assistência para determinar as limitações de projeto do sistema de proteção contra incêndio.*(Consulte a Seção 15.5.)*

23.3.7 Abrir Janelas e Portas Externas. Janelas abertas e portas externas podem acelerar o crescimento e a propagação de um incêndio. Quando essas condições existem durante o tempo frio ou em violação da segurança normal do edifício, pode ser um indicador de que alguém tentou fornecer ventilação extra para o incêndio. O Windows pode ter sido quebrado para o mesmo propósito.

23.4 Outros Fatores Probatórios.

23.4.1 Durante o exame de cena, há outras evidências fatores tiários que devem ser registrados e examinados, que podem ser críticos para a origem e determinação da causa, bem como para identificar potenciais testemunhas e perseguir potenciais suspeitos se o investigador concluir que o fogo foi incendiário.

23.4.1.1 Esses fatores probatórios sobre a identificação de um suspeito de incendiário, ou o "motivo" ou oportunidade para o incêndio, não podem ser substituídos por uma investigação e determinação adequadamente conduzidas da origem e causa do incêndio.

Δ **23.4.1.2** Esses fatores probatórios podem ser usados pelo investigador. jacaré para desenvolver hipóteses de ignição, selecionar testemunhas para entrevistar, desenvolver suspeitos e desenvolver caminhos para Investigação aprofundada. No entanto, o investigador é advertido contra o uso da descoberta ou presença desses indicadores em formando opiniões ou tirar conclusões sobre a causa do fogo na ausência de outras provas.

23.4.2 Análise de Incêndios Incendiários Confirmados.É através da análise de incêndios incendiários confirmados que podem ser detectadas tendências ou padrões em comportamentos repetitivos de incêndio. A chave para esta análise é se o incêndio é repetitivo ou não. Esta análise pode auxiliar o investigador no desenvolvimento e identificação de possíveis suspeitos. Incêndio repetitivo, às vezes chamado*configuração de incêndio em série*ou*incêndio em série*, refere-se a uma série de três ou mais incêndios (incendiários), onde a ignição é atribuída ao indivíduo ou grupo agindo em conjunto. Existem três tendências principais que podem ser identificadas através da análise: áreas geográficas, ou "clusters"; frequência temporal; e materiais e métodos.

23.4.2.1* Áreas Geográficas, ou Clusters.Atividades repetitivas de atear fogo tendem a se agrupar dentro da mesma localização geográfica (ou seja, mesmo bairro) ou aglomerado. A localização de incêndios incendiários utilizando sistemas de reconhecimento de padrões assistidos por computador, como o Arson Information Management System (AIMS) ou olhando um mapa da área local, pode ajudar o investigador a identificar aglomerados.

23.4.2.2 Frequência Temporal. Incêndios incendiários provocados pelo mesmo indivíduo geralmente ocorrem durante o mesmo período do dia ou no mesmo dia da semana. Esta ocorrência pode ter vários motivos, incluindo o nível de atividade na área, a avaliação do incendiário sobre suas chances de sucesso ou a rotina do incendiário. Por exemplo, o incendiário pode passar o local (de ou para o trabalho ou de ou para um bar) durante um determinado período do dia ou em um determinado dia da semana.

23.4.2.3 Materiais e Método.O método e o material utilizado na ignição de incêndios incendiários variam de acordo com o agente do fogo. Geralmente, no entanto, uma vez que um incendiário inicia um comportamento repetitivo de incendiário, os materiais e o método tendem a permanecer semelhantes, assim como os locais dos incêndios incendiários.

23.4.3 Evidência de Outros Crimes, Ocultação de Crimes.

23.4.3.1 Um incêndio incendiário pode ser uma tentativa de ocultar outros crimes, como homicídios e roubos. Em outros casos, um roubo encenado pode ocorrer para disfarçar um incêndio incendiário. A questão do que ocorreu primeiro, o outro crime ou o incêndio, está mais relacionada ao motivo do incêndio e pouco tem a ver com a causa do incêndio.

23.4.3.2 Embora os motivos possíveis não determinem a causa de um incêndio (ou seja, se o motivo foi assaltar a estrutura e ocultar o roubo com um incêndio, ou atear um incêndio, mas torná-lo

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

aparecer como um roubo), os motivos podem levar o investigador a abordar a investigação (ou seja, a busca de provas) e os possíveis suspeitos de forma diferente.

23.4.4 Indicações de Estresse Financeiro.A investigação pode revelar indicadores de estresse financeiro. Esses indicadores podem incluir o seguinte: penhoras, penhoras, impostos não pagos, pagamentos de hipotecas em atraso, imóveis para venda (incapacidade de vender, propriedade não comercializável, etc.), má localização do negócio ou nova concorrência.

23.4.4.1O estresse financeiro também pode ser indicado por fatores associados ao uso ou tipo de ocupação do edifício. Para ocupações de negócios, os indicadores podem incluir períodos de declínio econômico, principalmente dentro desse setor; mudanças dentro de uma indústria, seja em produtos ou equipamentos; obsolescência de equipamentos; e nova concorrência dentro da indústria. Outros indicadores podem incluir fatores como a necessidade de realocação ou nova concorrência na mesma região geográfica ou área.

23.4.4.2 Exemplos de estresse financeiro para imóveis residenciais podem incluir proprietários que não podem receber aluguel ou que não podem alugar unidades vagas, controle de aluguel, necessidade de mudança do proprietário e perda em massa de empregos na região resultantes de cortes ou fechamentos industriais.

23.4.5 Existente ou Histórico de Violações de Código.

23.4.5.1 Intimamente relacionado, e possivelmente outra indicação de estresse financeiro, é a existência ou um histórico de violações do código de construção, segurança contra incêndio, habitação ou manutenção. Isso pode indicar a incapacidade financeira de manter o edifício ou a escolha intencional de deixar o edifício se deteriorar (recusa de reinvestir na estrutura).

23.4.5.2 Nos casos em que a deterioração de um edifício é intencional, outros indicadores relacionados com o stress financeiro, como o sobreseguro ou a incapacidade de vender o imóvel, podem ser descobertos durante a investigação.

23.4.6 Proprietário com Incêndios em Outras Propriedades. Se uma estrutura for propriedade de pessoas que sofreram incêndios incendiários em outras propriedades, especialmente se tiverem recebido seguro como resultado desses incêndios, existe a possibilidade de sofrerem outro incêndio incendiário.

23.4.7 Sobresseguro. Outro indicador intimamente relacionado ao estresse financeiro é o sobreseguro. O sobreseguro é uma condição em que a cobertura do seguro é maior do que o valor da propriedade em um estado de apólice valorizado ou em que existem várias apólices de seguro na propriedade.

23.4.8 Oportunidade Cronometrada. Oportunidade cronometrada refere-se aos indicadores de que um incendiário cronometrava o incêndio para coincidir com condições ou circunstâncias que auxiliam as chances de destruição bem-sucedida do alvo (propriedade) ou para utilizar essas condições ou circunstâncias para aumentar as chances de não ser apreendido.

23.4.8.1 Incêndios Durante Condições Naturais Severas. Incêndios durante períodos de condições naturais extremas, como inundações, tempestades de neve, furacões ou terremotos, podem atrasar a resposta do corpo de bombeiros ou prejudicar as capacidades de combate a incêndios. Outras condições naturais a serem observadas são tempestades elétricas, períodos de ventos fortes, baixa umidade e temperaturas congelantes ou extremamente altas.

23.4.8.2 Incêndios durante distúrbios civis. Este é um tipo de fogo oportunista. Outros indicadores, como estresse financeiro, muitas vezes acompanham este indicador.

23.4.8.2.1 Além disso, os incêndios incendiários durante a agitação civil geralmente não envolvem dispositivos ou materiais de ignição elaborados, embora às vezes sejam usadas "bombas incendiárias" ou aceleradores líquidos. Mais frequentemente, os materiais disponíveis são utilizados como combustível inicial.

23.4.8.2.2 Um padrão semelhante pode se desenvolver quando*incêndios repetitivos*ou uma série de incêndios incendiários ocorrem na mesma área geográfica. *(Veja 23.4.2.1.)* Os proprietários ou ocupantes podem tentar atear fogo e ter a causa atribuída a outro incendiário. Nesses casos, o investigador pode descobrir uma diferença no método (como hora do dia, dias da semana, local do incêndio), nos materiais (como combustíveis diferentes) usados ou na fonte de ignição que não se encaixa no estabelecido. padrão de incêndio.*(Ver 23.4.2.)*

23.4.8.3 Corpo de Bombeiros Indisponível. Incêndios podem ser acionados em momentos em que o corpo de bombeiros não está disponível. Exemplos incluem chamar deliberadamente um alarme falso para afastar o corpo de bombeiros da área ou iniciar o incêndio enquanto há um incêndio em andamento ou quando o corpo de bombeiros está envolvido em um desfile ou outra função comunitária.

23.4.9* Motivos para Comportamento de Incêndio.

23.4.9.1 Geral. Os indicadores de motivação não devem ser incluídos ou substituídos como elementos analíticos da cena do incêndio com a finalidade de determinar ou classificar a causa do incêndio. O uso adequado de indicadores de motivo no processo de investigação de incêndio é identificar possíveis suspeitos somente após a origem e a causa do incêndio terem sido determinadas e o incêndio ter sido classificado como incendiário.

23.4.9.1.1*Motivo*é definido como um impulso ou impulso interno que é a causa, razão ou incentivo que induz ou estimula um comportamento específico. A identificação do motivo do infrator é um elemento chave na análise do crime. A análise do crime é um método de identificação de traços de personalidade e características exibidas por um infrator desconhecido. É a identificação e análise dos traços de personalidade que eventualmente levam à classificação de um motivo. Uma vez identificado um possível motivo, o investigador pode começar a avaliar possíveis suspeitos do fogo incendiário.

23.4.9.1.2 Comportamentos relacionados às classificações de motivo podem não ser exclusivos de uma classificação de motivo, mas podem parecer sobrepor categorias e ser semelhantes para diferentes motivos. Nesses casos, é importante obter informações adicionais que possam esclarecer os comportamentos.

23.4.9.1.3 Além da identificação de um motivo, devem ser consideradas outras análises que possam auxiliar na determinação da existência de um incendiário serial. Através da análise de incêndios incendiários confirmados, podem ser detectadas tendências ou padrões em comportamentos repetitivos de incêndio. As três principais tendências que podem ser identificadas são agrupamento geográfico, frequência temporal e métodos e materiais.*(Consulte 23.4.1.)*

23.4.9.2 Motivo versus Intenção.Há uma distinção importante a ser feita entre motivo e intenção.*Intenção*refere-se ao propósito ou deliberação das ações da pessoa ou, em alguns casos, omissões. Também se refere ao estado de espírito que existe no momento em que a pessoa age ou deixa de agir. A intenção é geralmente necessária para mostrar a prova do crime. A demonstração de intenção geralmente significa que alguns passos substantivos foram dados para perpetuar o ato.*Motivo*é a razão pela qual um indivíduo

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

indivíduo ou grupo pode fazer alguma coisa. Refere-se ao que causa ou move uma pessoa a agir ou não agir e o estímulo que causa ação ou inação. O motivo geralmente não é um elemento obrigatório de um crime. Por exemplo, uma pessoa com indícios de "dificuldade financeira" pode experimentar um incêndio em sua propriedade segurada que é aceso ao adormecer com um cigarro aceso. Embora essa pessoa possa ter motivos para causar um incêndio, essa pessoa não pretendia causar um incêndio. Assim, nenhum elemento de intenção existia.

23.4.9.3* Classificações de Motivo.

23.4.9.3.1 Introdução. As classificações discutidas neste capítulo são aquelas identificadas em Douglas et al.,*Manual de Classificação de Crimes*(MCC). O CCM utiliza um sistema de diagnóstico que visa padronizar a terminologia e classificar formalmente as características críticas dos perpetradores e das vítimas dos três principais crimes violentos: homicídio, incêndio criminoso e agressão sexual.

23.4.9.3.1.1O CCM identifica os fatores analíticos que foram identificados como elementos essenciais para classificar o motivo de uma infração. Esses fatores incluem informações sobre a vítima, a cena do crime e a natureza da troca vítima-ofensor. Nem todas as informações estarão, ou deveriam estar, presentes em todos os casos. A intenção é fornecer ao investigador de incêndio o máximo de informações possível.

23.4.9.3.1.2 Os comportamentos que podem identificar um possível motivo e, portanto, um possível suspeito, aplicam-se se o incêndio for o resultado de uma ocorrência única ou de várias ocorrências, como com um incendiário repetitivo ou em série. Existem três classificações de comportamento de incêndio repetitivo. Estes são identificados como incêndio em série, incêndio em massa e incêndio em massa. A terminologia usada na classificação de um incendiário repetitivo é semelhante à terminologia usada em assassinos.*Incêndio em série*envolve um infrator que ateia três ou mais incêndios, com um período de reflexão entre os incêndios. *Spree incendiário*envolve um incendiário que ateia três ou mais incêndios em locais separados sem período de resfriamento emocional entre os incêndios.*Incêndio em massa*envolve um infrator que ateia três ou mais incêndios no mesmo local ou local durante um período limitado de tempo.

23.4.9.3.1.3O Centro Nacional para a Análise de Crimes Violentos (NCAVC) identificou as seis classificações de motivos como as mais eficazes na identificação das características do infrator para o comportamento incendiário, como segue:

(1) Vandalismo
(2) Excitação
(3) Vingança
(4) Ocultação de crimes
(5) Lucro
(6) Extremismo

23.4.9.3.2 Vandalismo.O incêndio motivado por vandalismo é definido como um incêndio malicioso ou malicioso que resulta em danos à propriedade. Alvos comuns incluem instalações educacionais e estruturas abandonadas, mas também incluem incêndios de lixo e incêndios de grama. As categorias de incêndio de vandalismo incluem danos intencionais e maliciosos e pressão de colegas ou grupos.

23.4.9.3.2.1 Prejuízos Intencionais e Maliciosos.São incêndios incendiários que não têm motivo aparente ou que aparentemente são provocados ao acaso e não têm finalidade identificável. São incêndios frequentemente atribuídos a juvenis ou adolescentes.

23.4.9.3.2.2 Pressão de pares ou grupos.O reconhecimento ou a pressão dos pares às vezes é considerado uma razão para o incêndio, particularmente entre os jovens.

23.4.9.3.3* Excitação.O incendiário motivado pela excitação pode desfrutar da excitação que é proporcionada pelo incêndio real ou pelas atividades em torno dos esforços de supressão do fogo, ou pode ter uma necessidade psicológica de atenção. O ofensor motivado pela excitação é muitas vezes um incendiário em série. Este incendiário geralmente permanece no local durante o incêndio e muitas vezes fica em posição para responder ou visualizar o incêndio e as atividades ao redor. Os alvos do incendiário motivados pela excitação variam de pequenos incêndios de lixo e grama a prédios ocupados.

23.4.9.3.3.1O incendiário motivado pela excitação inclui as seguintes subcategorias.

(A) Busca de emoção. Acender um incêndio proporciona a esse ofensor sentimentos de excitação e poder. O incendiário em busca de emoção é muitas vezes um incendiário repetitivo, que incendeia compulsivamente para satisfazer algum desejo ou necessidade psicológica.

(B) Busca de atenção. Esses incendiários têm a necessidade de se sentirem importantes e ateiam fogo para satisfazer uma necessidade psicológica.

(C) Reconhecimento. Esses incendiários às vezes são descritos como o incendiário do herói ou da vaidade. Esses incendiários geralmente permanecem no local do incêndio para alertar outras pessoas, relatar o incêndio ou ajudar nos esforços de combate ao incêndio. Eles gostam ou podem buscar o reconhecimento e elogios que recebem por seus esforços. Típico entre esses incendiários são os guardas de segurança e bombeiros. Ocasionalmente, esses incendiários podem até assumir a responsabilidade de atear o fogo.

(D) Gratificação ou Perversão Sexual. Estes são incendiários que ateiam fogo como meio de liberação sexual. O firesetter nesta categoria é considerado raro.

23.4.9.3.3.2 Os incendiários que buscam atenção, reconhecimento e gratificação sexual raramente tentam ou pretendem prejudicar as pessoas, mas esses incendiários podem desconsiderar a segurança de espectadores ou ocupantes inocentes. No entanto, o infrator em busca de emoção, cuja compulsão exige o sentimento inerente de satisfação, muitas vezes causará um grande incêndio ou uma série de incêndios. Os incêndios normalmente envolvem estruturas, mas quando a vegetação está envolvida, esses incêndios também são grandes.

23.4.9.3.4* Vingança.

23.4.9.3.4.1O incendiário motivado pela vingança retalia por alguma injustiça real ou percebida. Um aspecto importante é que um sentimento de injustiça é percebido pelo ofensor. O evento ou circunstância percebida pode ter ocorrido meses ou anos antes da atividade de incêndio. Um incêndio pelo ofensor motivado por vingança pode ser um evento único e bem planejado ou pode representar um incêndio em série, com pouco ou nenhum planejamento prévio. Os criminosos em série podem dirigir a sua retaliação a indivíduos, instituições ou à sociedade em geral.

23.4.9.3.4.2 As subcategorias de desencadeamento de vingança incluem retaliação pessoal, social, institucional e de grupo.

(A) Retaliação Pessoal.O evento desencadeante desse motivo pode ser uma discussão, uma briga, uma afronta pessoal ou qualquer evento percebido pelo ofensor para justificar uma retaliação. Os alvos favoritos incluem o veículo, a casa ou os bens pessoais da vítima. A localização específica e os materiais envolvidos no incêndio podem ser um fator significativo na identificação do infrator. Incendiar roupas ou outros pertences pessoais é visto como um

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

mais afronta pessoal à vítima do que simplesmente atear fogo em uma área comum. O local do incêndio também pode ser vandalizado. Esses incêndios podem ser um evento único ou um ato de incêndio criminoso em série.

(B) Retaliação Social. Esse ofensor geralmente sofre de um sentimento de inadequação, solidão, perseguição ou abuso. O infrator da retaliação social geralmente não fica satisfeito com um único incêndio ou mesmo com uma série de incêndios. Portanto, esse criminoso em série provavelmente causará muito mais incêndios do que outros incendiários motivados por vingança.

(C) Retaliação Institucional. Essa classificação de infrator tem como alvo instituições como instituições religiosas, médicas, governamentais e educacionais, ou corporações. O incendiário pode ser um funcionário insatisfeito, um ex-funcionário, um cliente ou um paciente.

(D) Retaliação do Grupo. Os alvos da retaliação em grupo podem ser grupos religiosos, raciais, fraternos ou outros, incluindo gangues. Pichações, símbolos ou marcações e outros atos de vandalismo podem acompanhar o incêndio.

23.4.9.3.5* Ocultação do Crime.Esta categoria envolve o atear fogo que é uma atividade criminosa secundária ou colateral, perpetrada com a finalidade de ocultar a atividade criminosa primária. Em alguns casos, no entanto, o incêndio pode realmente fazer parte do crime pretendido, como vingança. Muitas pessoas acreditam erroneamente que um incêndio destruirá todas as evidências físicas na cena do crime. Categorias para incêndio de ocultação de crime incluem ocultação de assassinato ou roubo e destruição de registros ou documentos.

(A) Ocultação do assassinato. Nesse cenário, ocorre um incêndio na tentativa de ocultar o fato de que um homicídio foi cometido, destruir provas forenses que possam identificar o infrator ou ocultar a identidade da vítima.

(B) Ocultação de roubo. Este é um incêndio que é iniciado na tentativa de ocultar o fato de que um roubo ocorreu ou destruir evidências forenses que possam identificar o infrator.

(C) Destruição de Registros ou Documentos. Este é um incêndio que visa registros ou documentos. Esses incêndios podem envolver arquivos inflamados ainda em suas pastas ou uma origem dentro de um arquivo. Pode envolver combustíveis comuns localizados em uma posição de exposição aos arquivos, como uma lixeira movida ao lado dos arquivos. Suspeitos em potencial nesses incidentes envolvem aqueles que têm algum interesse nos documentos ou registros que foram visados.

23.4.9.3.6* Lucro.Incêndios com fins lucrativos envolvem aqueles com fins materiais ou monetários, direta ou indiretamente. O ganho direto pode vir de fraude de seguros, eliminação ou intimidação da concorrência empresarial, extorsão, remoção de estruturas indesejadas para aumentar o valor da propriedade ou escapar de obrigações financeiras.

23.4.9.3.6.1A ampla categoria de fraude é frequentemente identificada como um motivo de incêndio criminoso. No entanto, a fraude é classificada como uma subcategoria na categoria de lucro. Os incêndios motivados por fraude podem incluir propriedades comerciais ou residenciais. Incêndios de fraude comercial podem ser iniciados ou organizados por um proprietário para destruir equipamentos antigos ou antiquados, destruir registros para evitar impostos ou auditorias ou com o objetivo de obter dinheiro de seguro. Os incêndios podem ser iniciados por um concorrente para obter vantagem de mercado ou por agentes do crime organizado para fins de extorsão, esquemas de proteção ou intimidação. Fraude residencial pode incluir um proprietário com a intenção de fraudar uma seguradora ou um inquilino fraudando um proprietário ou uma agência de assistência social. Aumento de impostos, deterioração física (e reparos exigidos por lei, como por agências de aplicação do código), desocupação ou incapacidade de alugar, ou medidas legais de controle de aluguel podem ser razões para um proprietário considerar queimar a estrutura.

23.4.9.3.6.2 Existem várias subcategorias que identificam ainda a fraude como motivo. Isso inclui fraude para cobrar seguro, fraude para liquidar propriedade, fraude para dissolver um negócio e fraude para ocultar uma perda ou liquidar estoque. As outras categorias incluem emprego, desembaraço de encomendas/propriedades e concorrência.

23.4.9.3.7* Extremismo.O incêndio motivado por extremistas está comprometido com uma causa social, política ou religiosa. Os incêndios têm sido usados como arma de protesto social desde o início das revoluções. Os incendiários extremistas podem trabalhar em grupos ou individualmente. Além disso, devido aos aspectos de planejamento e à seleção de seus alvos, os incendiários extremistas geralmente têm um grande grau de organização, o que se reflete no uso de dispositivos de ignição ou incendiários mais elaborados. As subcategorias de incendiários extremistas são terrorismo e tumultos/distúrbios civis.

(A) Terrorismo. Os alvos estabelecidos pelos terroristas podem parecer aleatórios; entretanto, os locais-alvo são geralmente selecionados com algum grau de significância política ou econômica. Os alvos políticos geralmente incluem escritórios do governo, jornais, universidades, sedes de partidos políticos e instalações militares ou policiais. Os terroristas políticos também podem ter como alvo diversas propriedades, como instalações de pesquisa com animais ou clínicas de aborto. Os alvos econômicos podem incluir escritórios comerciais, instalações de distribuição de fornecedores de serviços públicos (por exemplo, usinas de geração atômica), bancos ou empresas que possam ter um impacto adverso sobre o meio ambiente. Incêndios ou explosões tornam-se um meio de criar confusão, medo ou anarquia. O terrorista pode incluir o fogo como apenas uma de uma variedade de armas, juntamente com explosivos, usados para promover seu objetivo.

(B) Motim/Distúrbio Civil. Incêndios intencionais durante tumultos ou distúrbios civis podem ser acompanhados de vandalismo e saques. Vale a pena notar que todos os incêndios iniciados durante períodos de agitação civil podem não ser o resultado do incendiário extremista, mas podem ser provocados por outros, como proprietários, esperando que o fogo seja atribuído ao incendiário extremista e às circunstâncias que cercam o distúrbio civil .

Capítulo 24 Mortes e Lesões por Incêndio e Explosão

24.1 Geral.A cada ano, milhares de pessoas ficam feridas ou morrem em incidentes relacionados a incêndios e explosões. A investigação de mortes e lesões relacionadas a incêndio e explosão requer a utilização de habilidades especializadas que normalmente não são usadas durante investigações de incêndio de rotina. Essas habilidades podem incluir subconjuntos de toxicologia, patologia e comportamento humano, entre outros. Os dados de mortes e lesões de vítimas de incêndio podem fornecer informações relacionadas à natureza e desenvolvimento de um incêndio.

24.2* Mecanismos de Morte e Lesões.Os produtos de combustão decorrentes de um incêndio são muitos, e seus efeitos em indivíduos saudáveis variam; no entanto, nenhum deles é isento de efeitos toxicológicos. A inalação desses produtos ou o contato com a pele ou os olhos pode resultar em efeitos biológicos deletérios, como irritação imediata dos olhos e trato respiratório ou efeitos sistêmicos que influenciam outras funções do organismo. Esses produtos de combustão incluem monóxido de carbono, cianeto de hidrogênio, dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio, ácidos halogênios (ácidos clorídrico, fluorídrico e bromídrico), acroleína,

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

benzeno, partículas (cinzas, fuligem) e aerossóis (moléculas orgânicas complexas resultantes de produtos de pirólise).

24.2.1* Monóxido de Carbono. O monóxido de carbono (CO) é produzido em algum nível em praticamente todos os incêndios. Todos os combustíveis à base de carbono (por exemplo, madeira, produtos de papel, plásticos) produzem monóxido de carbono como resultado da combustão incompleta. Durante a queima de combustíveis orgânicos, o CO é inicialmente formado e posteriormente oxidado a dióxido de carbono (CO_2). Em mal ventilado incêndios ou em incêndios onde os produtos iniciais da combustão se misturam com gases mais frios (como em incêndios latentes), conversão de CO em CO_2 pode ser interrompido, e o CO pode se tornar um produto importante de combustão. Em incêndios bem ventilados, o nível de CO produzido pode ser de apenas algumas centenas de partes por milhão (ou seja, 0,02%). No entanto, em incêndios pouco ventilados, fumegantes ou pós-flashover, podem ser produzidas concentrações de CO de 1% a 10% (10.000 ppm a 100.000 ppm). Concentrações elevadas de CO também podem se desenvolver durante a supressão de incêndios.

24.2.1.1* O monóxido de carbono atua como um depressor do sistema nervoso central. Quando inalado, o CO se liga à hemoglobina no sangue, criando a carboxihemoglobina ($COHb$). A afinidade de O monóxido de carbono para a hemoglobina é aproximadamente 240-250 vezes maior do que a afinidade do oxigênio pela hemoglobina. Portanto, o sangue pode acumular níveis perigosos de $COHb$ a partir de mesmo baixas concentrações de CO no ar.

24.2.1.2 Embora o monóxido de carbono tenha efeitos asfixiantes, é mais poderoso que um asfixiante. O monóxido de carbono não só reduz a capacidade de transporte de oxigênio do sangue, como se liga à hemoglobina, mas também causa um deslocamento na curva de dissociação que afeta a capacidade do sangue de liberar oxigênio ligado aos tecidos. O CO liberado para as células interfere na respiração celular, causando incapacitação e morte. A ligação do monóxido de carbono à hemoglobina é reversível. O monóxido de carbono pode ser eliminado do corpo respirando ar fresco ou oxigênio. Em casos de altos níveis de carboxihemoglobina, no entanto, as câmaras hiperbáricas são usadas para acelerar a eliminação do tóxico do corpo. A taxa de eliminação de monóxido de carbono do corpo, portanto, depende da concentração de oxigênio no ar e da pressão. Por exemplo,

24.2.1.3* Como a carboxihemoglobina é tão estável, pode ser facilmente medida no sangue de vítimas de incêndio, mesmo muito tempo após a morte. O nível fatal médio de CO no sangue é amplamente aceito como 50% de $COHb$. No entanto, vítimas de incêndio morreram de CO exposição com um COH sanguíneo b nível tão baixo quanto 20 por cento e tão alto quanto 90 por cento. Vítimas com menos do que 20 por cento $COHb$ provavelmente morreu por outras causas, como falta de oxigênio, parada cardíaca ou queimaduras térmicas. Em contraste, as vítimas com $HOCb$ concentrações de 40 por cento ou mais provavelmente morreram de monóxido de carbono sozinho ou em combinação com outros fatores (como idade, álcool ou doença cardíaca) ou podem simplesmente ter sido incapacitados o suficiente por envenenamento por monóxido de carbono para serem incapazes de fugir do fogo.

24.2.1.4* Ao avaliar o significado do COH de uma vítima b nível, deve-se notar que o monóxido de carbono é produzido endogenamente no corpo devido à heme da hemoglobina para a bile pigmentos no fígado. O CO também pode entrar no corpo a partir de fontes ambientais e habituais. Um teste de 3022 amostras de sangue de transfusão para $COHb$ níveis descobriram que 65 por cento estavam abaixo 1,5 por cento, 26,5 por cento estavam entre 1,5 por cento e 5 por cento, 6,7 por cento estavam entre 5 por cento e 10 por cento, e 0,3 por cento estavam acima de 10 por cento. Um fumante pode ser exposto a níveis de CO na faixa de 400 a 500 ppm durante a duração média de 6 minutos que leva para fumar um cigarro. Como tal, os fumantes geralmente têm um $HOCb$ faixa de 3 por cento-8 por cento com uma linha de base média de 4 por cento. Fumantes pesados (mais de 2 maços por dia) podem atingir níveis tão altos quanto 15%. Os não-fumantes têm em média aproximadamente 1% de $COHb$ em seu sangue.

24.2.1.5* O $COHb$ O nível de sobrevivente do incêndio começa a diminuir assim que a pessoa é removida do ambiente do incêndio. A taxa na qual o CO é eliminado do corpo depende da concentração de oxigênio do ar que está sendo respirado. A concentração de CO no sangue ($COHb$ saturação) será diminuída pela metade ($COHb$ meia-vida), por exemplo, reduzindo o $COHb$ de 45 por cento para 22 por cento em 250 minutos para 320 minutos em O ambiente 2 níveis no ar (21 por cento). $COHb$ a meia-vida é de aproximadamente 45 minutos a 90 minutos quando uma concentração de oxigênio próxima a 100% é administrada durante o tratamento médico de emergência. O tratamento com oxigênio hiperbárico pode reduzir a $HCOb$ meia-vida para aproximadamente 20-30 minutos.

24.2.1.6* Ao determinar o significado do COH da vítima b nível, o investigador deve considerar os efeitos de qualquer tratamento médico que a vítima recebeu antes de sucumbir aos seus ferimentos. Indivíduos que receberam ressuscitação pulmonar ou estavam respirando e administraram oxigenoterapia antes da morte terão uma HCO menor b nível do que estava presente quando eles foram removidos do ambiente do fogo. Portanto, o conhecimento do tempo decorrido entre a retirada do fogo e a morte e a duração e o tipo de oxigenoterapia utilizada, por exemplo, sem reinalação, cânula nasal, câmara hiperbárica, antes da coleta de sangue são dados importantes a serem coletados.

24.2.1.7* Estudos mostraram que 60 por cento ou mais vítimas de incêndio morrem de envenenamento por monóxido de carbono. Por causa do transporte de CO, a maioria dessas pessoas encontra-se fora da sala de origem. A maioria dos incêndios não produz níveis letais de CO até que o fogo se torne controlado pela ventilação (a exceção são os incêndios latentes). Assim, as vítimas de inalação de monóxido de carbono são normalmente encontradas fora da sala de origem, a menos que o fogo tenha resultado de uma ignição local pouco ventilada ou latente. No entanto, durante o flashover, lesões térmicas e falta de oxigênio podem causar a morte antes de concentrações substanciais de $COHb$ são desenvolvido. O mesmo pode ocorrer se a vítima estiver envolvida em um incêndio envolvendo gases ou vapores combustíveis. O investigador deve estar ciente de vários possíveis fatores contributivos que levam à morte resultante de um incêndio. O investigador também deve considerar a mobilidade de uma vítima antes da incapacitação ou morte durante a exposição ao fogo antes de concluir que estava ou não na área de origem ou não.

24.2.2* Cianeto. O cianeto de hidrogênio (HCN), além do monóxido de carbono, é outro tóxico importante produzido em incêndios. O gás cianeto de hidrogênio é produzido durante a combustão de lã, nylon e plásticos, como poliuretano e ABS, que são comumente encontrados em móveis domésticos e acabamentos de interiores. HCN pode agir sozinho ou em combinação com CO para causar incapacitação e morte. O HCN pode contribuir para as mortes por inalação de fumaça, incapacitando rapidamente as vítimas do incêndio, impedindo-as de escapar.

24.2.2.1* O papel do cianeto nas mortes por incêndio foi destacado em vários incêndios históricos, como o Happy Land de 1990.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Social Club Fire em Nova York, o DuPont Plaza Hotel Fire em 1986 em Porto Rico, o Maury County Jail Fire em 1977 no Tennessee e o Ramada Inn Central Fire em 1983 no Texas. Quando o HCN é inalado durante a respiração, é rapidamente absorvido pelo sangue. As capacidades de difusão do cianeto são mais significativas do que as do CO, o que explica os rápidos efeitos letais do tóxico.

24.2.2.2 Enquanto o monóxido de carbono afeta a ligação do oxigênio à hemoglobina, o cianeto afeta a utilização do oxigênio. Uma vez que se difunde no corpo por inalação, o cianeto afeta a respiração celular, interferindo na última etapa da cadeia de transporte de elétrons, o citocromo c oxidase. Essa interferência celular dificulta o transporte de elétrons necessários para formar água e as moléculas resultantes de ATP necessárias para a produção de energia. Como resultado, o ciclo de Kreb cessa, causando acidose metabólica, anóxia histotóxica, paralisia do centro respiratório no cérebro e, finalmente, morte.

24.2.2.3 Embora o cianeto seja mais comumente medido no sangue, existem técnicas disponíveis para quantificação de cianeto em várias outras amostras biológicas, como fígado, cérebro, pulmão, rim e conteúdo estomacal. Os investigadores devem ter cuidado, no entanto, que a distribuição de cianeto para esses vários órgãos e a estabilidade do cianeto nesses órgãos são variáveis. O cianeto não apresenta a mesma estabilidade que o monóxido de carbono em amostras post-mortem. As mudanças dominantes e mais consistentemente relatadas na concentração de cianeto consistem em diminuições com o tempo em cadáveres inteiros e em espécimes post-mortem de sangue e outros tecidos. Em alguns casos, no entanto, as concentrações de cianeto aumentaram ao longo do tempo devido à produção bacteriana na amostra.

24.2.2.4*A taxa na qual o cianeto muda em amostras biológicas depende de quatro critérios principais. Esses critérios incluem a concentração da amostra no momento da morte, o período de tempo entre a morte e a remoção da amostra do cadáver, o período de tempo após a remoção antes do teste toxicológico e o armazenamento (por exemplo, refrigerado, congelado, ambiente) e condicionamento (adição de conservantes) da amostra. O investigador deve tentar reunir esta informação, pois será importante na interpretação geral da concentração de cianeto da vítima. A adição de 1% a 2% de fluoreto de sódio à amostra demonstrou ajudar na redução das mudanças na concentração de cianeto ao longo do tempo.

24.2.2.5*Níveis incapacitantes de cianeto estão entre 2,0 a 2,5 µg/mL, e os níveis letais são relatados como 3,0 µg/mL ou mais no sangue total. Em termos de partes por milhão, aproximadamente 280 ppm de exposição causarão morte imediata e 100 ppm resultarão em morte após uma hora de exposição. Níveis de cianeto endógeno inferiores a 0,26 mg/L são encontrados em adultos normais e saudáveis devido ao metabolismo da vitamina B12 (cianocobalamina). Portanto, os níveis de cianeto encontrados em vítimas de incêndio são geralmente pelo menos uma ordem de magnitude maior (ou seja, 2–3 mg/L) do que o nível normal.

24.2.2.6*Pesquisas indicam que os efeitos do CO e do cianeto são pelo menos aditivos e podem ser sinérgicos. O efeito aditivo é refletido no uso de modelos de dose efetiva fracionada (ou seja, uma dose efetiva fracionada de 100 por cento) que assumem, por exemplo, se uma vítima tem 30 por cento de COH_b (60 por cento de uma dose letal típica) e 1,2 mg/l de HCN (40 por cento de uma dose letal típica), que a combinação é geralmente considerada letal.

24.2.3 Outros Gases Tóxicos. Existem muitos gases tóxicos encontrados em ambientes de incêndio que podem causar irritação e inchaço (edema) suficientes para interferir na respiração. O cloreto de hidrogênio e a acroleína são dois gases irritantes comumente encontrados em incêndios. O cloreto de hidrogênio (HCl) pode ser produzido durante a combustão de plásticos de cloreto de polivinila (PVC). A acroleína é produzida durante a combustão da madeira e de outros produtos celulósicos. O investigador deve considerar o efeito dos gases irritantes na capacidade da vítima de se mover pelo compartimento de incêndio ou sair da estrutura.

24.2.4 Hipertermia.A hipertermia é a condição de superaquecimento do corpo. As vítimas expostas ao ambiente quente de um incêndio, incluindo alto teor de umidade, estão sujeitas a incapacidade ou morte devido à hipertermia, especialmente se a pessoa estiver ativa. A duração do tempo e o tipo de exposição podem levar a hipertermia simples ou hipertermia aguda.

24.2.4.1*A hipertermia simples resulta de exposições prolongadas (tipicamente mais de 15 minutos) a ambientes quentes onde a temperatura ambiente é muito baixa para causar queimaduras. Tais condições variam de 80°C a 120°C (180°F a 250°F), dependendo da umidade relativa, e geralmente resultam em um aumento gradual da temperatura central do corpo. A alta umidade torna mais difícil para o corpo dissipar o excesso de calor por evaporação e, assim, acelera o processo de aquecimento. Temperaturas do núcleo do corpo acima de aproximadamente 43°C (109°F) são geralmente fatais em minutos, a menos que sejam tratadas.

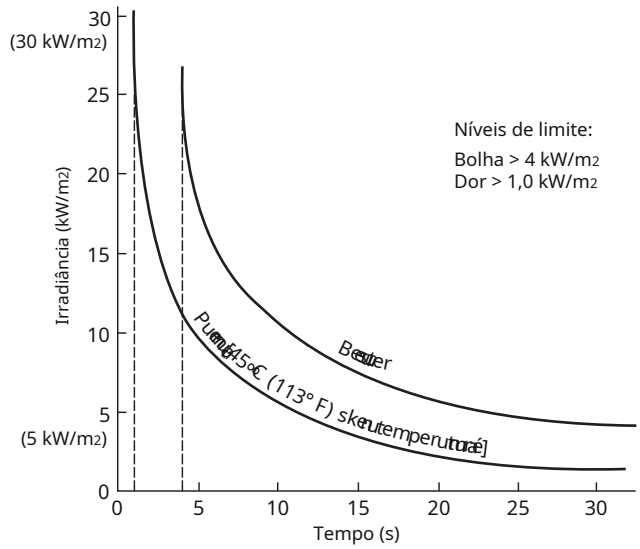
24.2.4.2A hipertermia aguda envolve a exposição a altas temperaturas por curtos períodos de tempo (menos de 15 minutos). Este tipo de hipertermia é acompanhado por queimaduras. No entanto, quando a morte ocorre logo após a exposição ao calor intenso, a causa da morte é geralmente considerada como um aumento da temperatura do sangue, e não por queimaduras.

24.2.5* Queimaduras na Pele.Quando a temperatura da pele atinge aproximadamente 45°C (110°F), a dor ocorrerá e um aumento adicional na temperatura causará queimaduras térmicas. As queimaduras térmicas podem resultar da exposição ao calor condutivo, convectivo ou radiativo. Os pesquisadores descobriram que um bloco de latão a 60 ° C (140 ° F) aplicado diretamente na pele causava dor em 1 segundo de contato, queimaduras de espessura parcial em 10 segundos e queimaduras de espessura total em 100 segundos. Roupas, especialmente tecidos celulósicos mais pesados, como jeans ou lona, podem transmitir calor suficiente por condução para causar queimaduras na pele, mesmo que o tecido não apresente queimaduras ou carbonização. Quando a pele foi exposta ao calor convectivo, a dor e o aparecimento de queimaduras ocorreram em temperaturas do ar acima de 120°C (250°F).

24.2.5.1*Quando o aquecimento radiante aumenta a temperatura da pele, quanto maior o fluxo radiante, mais rápido ocorrerá o dano. Por exemplo, um fluxo de calor de 2 kW/m^2causará dor após uma exposição de 30 segundos, enquanto um fluxo de calor de 10 kW/m^2causará dor após apenas 5 segundos. Um fluxo de 2 kW/m^2não causará bolhas, enquanto 10 kW/m^2bolhas em 10 a 12 segundos.*(Veja a figura 24.2.5.1.)*Um fluxo de calor radiante de 20 kW/m^2, normalmente associado com flashover, é suficiente para inflamar roupas ou causar queimaduras graves ou morte por breve exposição térmica. Calor radiante, suficiente para causar queimaduras, pode ser refletido em algumas superfícies. O calor pode ser transferido através da roupa, causando queimaduras na pele subjacente, sem qualquer dano facilmente identificável à roupa.

24.2.5.2 Queimaduras induzidas por produtos químicos ou contato com líquidos quentes (escaldaduras) podem não ser distinguíveis daquelas induzidas por gases quentes ou chamas.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA


30
(30 kW/m2)
25
20
15
10
5
(5 kW/m2)
0
Irradiância (kW/m2)
0
5
10
15
20
25
30
Tempo (s)
Níveis de limite:
Bolha > 4 kW/m2
Dor > 1,0 kW/m2
Pele nua
Pele nua
45°C (113° F) sken
temperatura
Pele nua
Pele nua
Pele nua

onda certa. Partes do corpo ou suas roupas podem ser impulsionadas por grandes distâncias e devem ser pesquisadas e documentadas.

24.2.10.2 Lesões por estilhaços. Estilhaços (fragmentos sólidos) que se deslocam em alta velocidade do epicentro de uma explosão podem causar amputações, desmembramentos, lacerações ou perfurações semelhantes a facadas, trauma contuso localizado, como ossos quebrados e esmagados, e danos nos tecidos moles. Contusões, abrasões e lacerações causadas pelo impacto de estilhaços são chamadas de pontilhados no corpo.

24.2.10.3 Lesões Térmicas. As lesões térmicas associadas a frentes de chamas de explosão (e não os seguintes incêndios, que geralmente acompanham explosões de baixa ordem) são geralmente do tipo de primeiro e segundo graus devido à sua duração muito curta. Queimaduras de terceiro grau também podem ser encontradas nessas situações, mas com muito menos frequência. Essas queimaduras podem ser fatais. A breve exposição à frente da chama em expansão de alta temperatura causa queimaduras nas superfícies expostas da pele. Muitas vezes, mesmo uma fina camada de roupa pode proteger a pele subjacente de lesões. Roupas de tecido sintético podem ser derretidas pela exposição a chamas de deflagrações, onde tecidos de algodão só podem ser queimados. Frequentemente, as queimaduras podem ser localizadas no lado do corpo que está voltado para a frente da chama em expansão.

24.2.10.4 Lesões por Colapso de Edifícios. Os efeitos sísmicos das explosões se manifestam mais perigosamente no colapso de edifícios e seus elementos estruturais. Lesões e mortes resultantes de tais ocorrências são semelhantes ao que pode ser encontrado por danos de construção de ondas de pressão de explosão. O desmoronamento de edifícios pode causar traumatismos contusos, lacerações, fraturas, amputações, contusões e abrasões.

24.3* Consumo do Corpo pelo Fogo.O investigador deve estar ciente de que, em alguns casos, o corpo faz parte da carga de combustível de uma sala em chamas. É por isso que os padrões de queimadura no corpo e qualquer consumo dele devem ser considerados no contexto de toda a cena e não isoladamente. A exposição ao fogo resulta em uma progressão previsível de efeitos para o corpo e seus componentes. O corpo reage ao calor e partes do corpo podem se mover em uma resposta previsível devido à contração ou destruição das forças contrárias dos músculos e ligamentos. Além das roupas, existem quatro principais componentes combustíveis do corpo; pele, gordura, músculo e osso. A diferença significativa entre esses componentes é o teor de umidade.

24.3.1 Pele.A pele vai mudar de cor, formar bolhas, desidratar e rachar à medida que responde ao calor. A divisão da pele não se estende até o músculo, mas expõe a camada de gordura subjacente. A pele não é um bom combustível, mas queima quando desidratada e exposta a calor suficiente.

24.3.2 Músculo. Durante a exposição ao fogo, o tecido muscular encolhe devido à desidratação. Esse encolhimento causa flexão. A flexão ocorre nos dedos, mãos, pulsos, cotovelos, ombros, dedos dos pés, tornozelos, joelhos e quadris. Essa flexão pode produzir a chamada atitude pugilística ou postura pugilística. A postura agachada com os braços, pernas e dedos flexionados não é resultado de nenhuma atividade física pré-fogo (como autodefesa ou fuga), mas é um resultado direto do fogo. As fraturas ósseas podem resultar de tal contração muscular ou como resultado de extensa exposição direta ao calor e às chamas. O tecido muscular não é um bom combustível, mas queimará quando desidratado e exposto a calor suficiente.

24.3.3 Osso.O osso vivo encolherá, fraturará e mudará de cor quando aquecido. Enquanto sua superfície sofre degradação para uma forma escamosa ou pulverulenta, ela não oxida facilmente em óxido de cálcio. Os ossos danificados podem ser frágeis e podem fraturar durante a recuperação e transporte do corpo. Embora não seja facilmente combustível, o osso aumenta a carga de combustível fornecendo medula e tecido. O crânio pode fraturar (normalmente ao longo das linhas de sutura) ou desintegrar-se quando aquecido. Em corpos significativamente queimados, é comum o consumo de extremidades e o consumo parcial ou total da calota craniana.

24.3.4 Gordura.A gordura animal tem um calor de combustão (ΔHc) superior a 30 MJ/kg. Pode ser desidratado por uma chama modesta e depois derretido ou processado para sustentar a combustão. Os corpos humanos não entram em combustão espontânea. Sob certas condições, a gordura de um corpo pode sustentar um pequeno, mas persistente fogo flamejante. Se a gordura do corpo puder ser absorvida pelo carvão rígido de estofados, roupas, roupas de cama ou tapetes, as chamas podem ser sustentadas pela ação de absorção da gordura no material como uma lâmpada a óleo. As chamas então promovem a desidratação e a combustão dos tecidos musculares e órgãos internos e reduzem os ossos a uma massa escamosa por um período de muitas horas. O fogo assim sustentado é pequeno o suficiente para que outros combustíveis nas proximidades não possam inflamar por aquecimento radiante ou convectivo.

24.4 Alterações Postmortem.O corpo falecido sofrerá mudanças físicas como reação à exposição ao calor e à morte. O investigador pode encontrar lividez e rigor mortis como mudanças físicas pós-morte do corpo.

24.4.1 Lividez. Após a morte, a circulação do sangue pelos vasos e capilares cessa e o sangue começa a se depositar, devido à gravidade, nas porções mais baixas disponíveis do corpo. Este processo ocorre ao longo de um período de horas. A sedimentação do sangue produz uma coloração roxa ou vermelha nos tecidos, chamada de lividez ou livor mortis. Nas primeiras horas após a morte, se o corpo for movido e sua posição alterada, a lividez desaparece de uma área e se desenvolve na nova área mais baixa. Após 6 a 9 horas, a lividez torna-se fixa e não muda mais se o corpo for movido. As áreas de lividez podem aparecer vermelhas se a vítima morreu com um HOC significativo$_b$nível, por causa da cor vermelha brilhante
sangue com um alto COH$_b$saturação. A presença, ausência e padrão de áreas de lividez podem ajudar a estabelecer a posição do corpo após a morte e podem revelar se ele foi movido ou reposicionado após a morte.

24.4.2 Rigor Mortis. Durante um período de horas após a morte, mudanças químicas no tecido muscular fazem com que ele e as articulações fiquem rígidas no lugar. Isso se chama rigor mortis. Desenvolve-se primeiro nas mãos e nos pés, envolvendo progressivamente os membros, o tronco e a cabeça. Seu início depende da temperatura do corpo (e seu ambiente) e da atividade física da vítima pouco antes da morte. Após 12 a 24 horas, o rigor passa, deixando as articulações e os músculos flexíveis. A perda do rigor prossegue das extremidades para o tronco e cabeça durante um período de várias horas. Atividade muscular extrema logo antes da morte e altas temperaturas ambientais podem acelerar o início (e muitas vezes a perda) do rigor. Patologistas forenses experientes podem usar o início progressivo e a perda de rigor para ajudar a estabelecer uma hora aproximada da morte.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

24.5 Investigando Cenas de Incêndio com Fatalidades.Há uma série de considerações a serem feitas antes da investigação de um incêndio fatal. O planejamento prévio para garantir que os procedimentos apropriados sejam seguidos durante a investigação pode ter um impacto significativo na duração e no sucesso da investigação. A notificação da autoridade, a documentação do local e a recuperação do corpo são aspectos importantes da investigação de morte por incêndio. A colaboração com o corpo de bombeiros e a comunidade médica forense é essencial para garantir que a investigação seja conduzida de forma adequada e todos os dados factuais e evidências sejam protegidos e protegidos.

24.5.1 Notificação. Nas investigações de morte, existem requisitos legais e processuais para notificar as autoridades, incluindo polícia, legista, legista e laboratório forense. Esses procedimentos podem variar de jurisdição para jurisdição e podem envolver agências civis e criminais. É da responsabilidade do investigador compreender estes requisitos antes de iniciar a sua investigação.

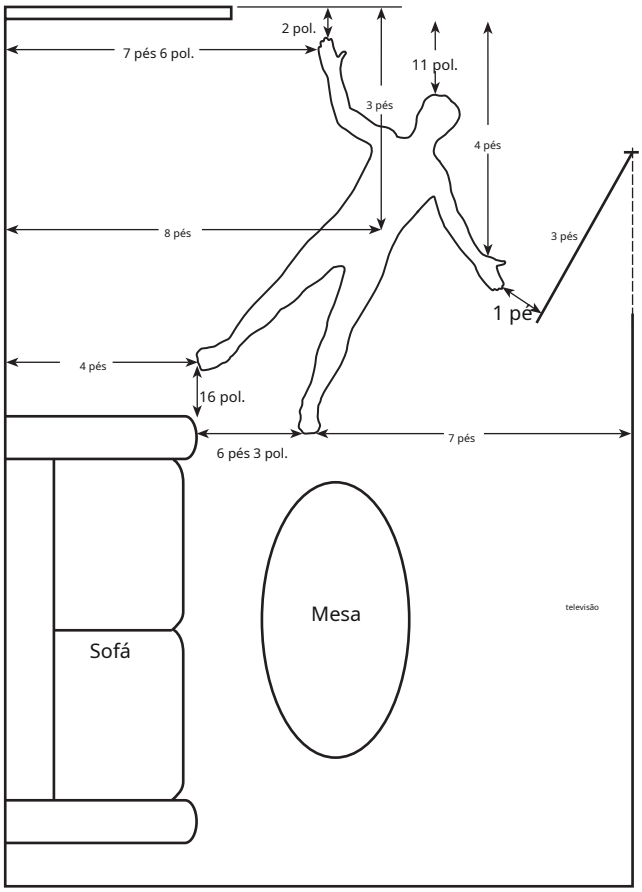
24.5.2 O Corpo de Bombeiros. No processo de extinção de um incêndio, evidências valiosas podem ser perturbadas. O pessoal de combate a incêndios deve estar ciente de que o uso de mangueiras com bocal de jato direto ou padrões de bocal pode desestabilizar evidências frágeis, como um corpo carbonizado. Assim que um corpo for descoberto, e for determinado que a vítima está fora do atendimento médico, o corpo de bombeiros não deve mover o corpo. Pode ser considerado vantajoso remover um corpo para que as operações não sejam impedidas, mas é benéfico para toda a investigação de morte por incêndio se o corpo for deixado no local até que possa ser devidamente documentado e examinado. Todo esforço deve ser feito para minimizar as operações de combate a incêndio nas proximidades da vítima, incluindo tráfego de pedestres, mangueiras e equipamentos. Se houver alguma chance de ressuscitação, no entanto, a sobrevivência da vítima deve ter prioridade. Apenas condições de emergência severas, como colapso iminente do edifício ou incêndio incontrolável nas proximidades, devem forçar a remoção prematura do corpo.

24.5.3 Investigação da Equipe. Uma investigação de óbito adequada é um esforço de equipe e pode envolvero investigador, ho detecção de micídio tivo, e co roneiro ou médico examinador. Todas as partes es deve ser preparados para trabalhar lado a lado no local para garantir que todas as evidências críticas sejam recuperadas, independentemente de a morte ser acidental ou não. Se houver indícios de crime ou se o corpo estiver muito queimado, o investigador pode precisar da assistência especial de um criminalista (cientista forense) com experiência na cena do crime, um odontologista forense ou um antropólogo forense.

24.5.4 Segurança.A investigação de uma fatalidade envolve um trabalho em torno e com um corpo, em uma cena possivelmente contaminada por aquele corpo. Corpos queimados podem estar em uma condiçãot Isso expõe a cena e os investigadores a partes do corpo e fluidos corporais. Os investigadores devem tomar todas as precauções de segurança adequadas para lidar com um potencial risco biológico. O investigador deve ser ciente dos requisitos exclusivos para uma cena de risco biológico para incluir equipamentos de proteção individual apropriados, procedimentos de contaminação, procedimentos de descarte e marcação de todas as evidências que possam ser um risco biológico.

24.5.5 Documentação da Cena. Assim que como condição íons permitem, a documentação fotográfica do bo seu dy ou bo peças dy e entorno deve ser transportada sozinha, Fora. Vide o gravações pode não fornecer detalhes adequados mas pode ser usado como um suplemento. Se o corpo tem que ser movido por ed devido t o emergência considerações, algumas fotografias podem ser faça isso e diferença entre uma investigação bem sucedida e f aura. Abeto e padrões ou efeitos de explosão na roupa e no corpo podem ser importantes evidência. Devem ser tiradas fotografias de todas as superfícies expostas do corpo antes que os detritos sejam perturbados e novamente durante o exame e as operações de estratificação. O corpo deve ser fotografado enquanto estiver sendo movido, para registrar quaisquer alterações ocorridas durante o processo de remoção. Nesta situação, a documentação suplementar em vídeo pode ser benéfica. O corpo também deve ser fotografado uma vez dentro do saco do corpo. Após a retirada do corpo, o local onde foi encontrado deve ser fotografado. As roupas do corpo são mais bem coletadas no exame pós-cena do corpo, de preferência na autópsia. Se as roupas do corpo precisarem ser coletadas no local para preservar evidências, como a possível presença de líquido inflamável, devem ser tiradas fotografias do corpo antes de ser despido, bem como após a remoção das roupas.

24.5.5.1 Diagramas e esboços devem complementar as fotos. Medições e esboços devem ser realizados antes do movimento do corpo. Os diagramas podem mostrar detalhes ocultos. Eles podem registrar as dimensões dos recursos da cena e podem documentar as distâncias entre o corpo (e suas extremidades) e móveis, paredes, portas, janelas e outros recursos.*(veja a Figura 24.5.5.1).* O contorno do corpo deve ser registrado em um diagrama e pode ser traçado no chão com giz, fita adesiva ou barbante para que possa ser consultado em etapas posteriores do exame da cena.



Nota: Sem escala. Para unidades SI, 1 pol. = 2,54 cm; 1 pé = 0,3 m.

FIGURA 24.5.5.1 Diagrama mostrando a localização do corpo em Relação com Quarto e Mobiliário.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

24.5.5.2O corpo é único na cena do incêndio, pois sua posição final pode ser radicalmente diferente de sua posição no início do incidente. Embora muitos itens em um incêndio possam ser realocados durante o evento devido ao colapso do edifício ou atividade de supressão, apenas o corpo tem a capacidade de se mover ativamente durante o evento. A vítima pode ter se envolvido em iniciar o incêndio, fugir do local, atividade de supressão de incêndio, atividade de resgate ou refúgio do fogo. Pode haver evidências relacionadas à atividade e movimento da vítima que devem ser registradas no diagrama. Freqüentemente, a deposição de fuligem no compartimento pode fornecer uma indicação do caminho da viagem ou das ações da vítima antes de ser superada. Portas, janelas e paredes devem ser avaliadas quanto a marcas de mãos, marcas de unhas, fragmentos de roupas, sangue, pele descamada, ou indicações da localização inicial da vítima e movimento subsequente. O investigador deve tomar cuidado, no entanto, que as marcações nas paredes não são o resultado das operações de busca do corpo de bombeiros.

24.5.6 Documentação da Vítima.A localização, distribuição e grau de queimaduras ou outras lesões devem ser mostrados em um diagrama corporal como mostrado na Figura A.16.3.2(b) Campo de Vítimas. Essa documentação dos padrões de queima pode ajudar o investigador a determinar as atividades e a localização das vítimas durante o incêndio. Grandes traumas físicos e ferimentos no corpo, como tiros, fraturas, traumas contusos e ferimentos por faca, devem ser vistos e documentados. Um exame detalhado do trauma e das feridas deve ocorrer na autópsia.

24.5.7 Recuperação de Órgãos e Provas. Em um incêndio fatal, a busca por evidências tende a se concentrar no corpo. A evidência crítica é frequentemente recuperada ao alcance do braço do corpo. O corpo é um ponto de referência conveniente, mas deve-se lembrar que as evidências podem estar em outros lugares nas proximidades, portanto, uma busca cuidadosa deve ser feita em toda a sala ou área. Para auxiliar na busca, esta área pode ser demarcada em setores. Um sistema de grade pode ser desenvolvido para conduzir a investigação, dividindo a cena em áreas específicas, conforme mostrado na Figura 24.5.7. o a pesquisa em cada grade precisa ser documentada e as evidências de cada grade identificadas. A geometria da cena pode determinar o sistema de grade. Outros métodos de busca incluem buscas em faixas ou áreas. Independentemente do método usado, as áreas de pesquisa atribuídas devem se sobrepor para garantir uma cobertura completa.

24.5.7.1 Estratificação de Detritos.A sequência de eventos da morte e incêndio ou explosão pode ser revelada pela sequência de camadas nos destroços (teto, móveis, corpo, revestimento do piso, etc.) e observando onde ocorreu o dano do fogo. Um corpo não queimado encontrado em um sofá não queimado sob um teto desmoronado é muito diferente de um corpo queimado encontrado em um sofá queimado com um teto desmoronado em cima.

24.5.7.2 Peneiramento de Detritos.A busca prossegue através das camadas de detritos à medida que são encontrados. Os detritos de cada setor podem ser removidos para um local onde uma busca mais detalhada pode ser realizada por outros pesquisadores peneirando através de uma série de telas de peneiramento. Essas telas são tipicamente feitas de 1 polegada, 0,50 polegada, 0,25 polegada em malha de arame montada em estruturas de madeira ou metal. A cena deve ser documentada fotograficamente durante cada fase de remoção da camada.

24.5.7.3 Remoção do Corpo. Examinar os detritos em um caminho para o corpo e ao redor do corpo antes de removê-lo pode evitar a destruição de evidências potenciais durante a remoção do corpo. Quando o corpo é removido, o corpo deve ser colocado em um saco de corpo novo, não usado e selado. Todos os detritos associados ou aderidos ao corpo devem ser transportados no saco de corpo e preservados para evidências de vestígios, voláteis, armas, projéteis,



FIGURA 24.5.7 Um exemplo de uma sala que foi Marcado em setores.

e similar. A área sob o corpo deve então ser cuidadosamente revistada em busca de evidências que se soltaram enquanto o corpo estava sendo movido. Qualquer evidência que tenha se soltado do corpo, com exceção de partes do corpo que devem ser colocadas no saco de cadáver, deve ser mantida em recipientes apropriados para evidências.

24.5.7.4 Vestuário da Vítima. Nos casos em que há suspeita de autoimolação ou a vítima foi exposta a um líquido inflamável, o investigador deve preservar as roupas da vítima. Nos casos em que a vítima foi transportada para o hospital, o investigador deve notificar a equipe do hospital que todas as roupas devem ser retidas como prova. A coleta da roupa deve ser realizada o mais rápido possível após a remoção. Nos casos em que líquido inflamável ou inflamável possa estar presente na roupa, os procedimentos apropriados de retenção de evidências devem ser seguidos.

24.5.8 Coleta de Outras Evidências Físicas. Existem outros tipos de evidências físicas que precisam ser consideradas.

24.5.8.1 Quando possível, o investigador deve estar presente quando o exame post-mortem (autópsia) for realizado. Isso ajudará a garantir a documentação completa, que pode incluir lesões, inalação de fumaça e toxicologia. Além disso, o investigador pode ser capaz de responder a perguntas que surgem durante o exame. Patologistas e médicos legistas podem ter conhecimento limitado de química do fogo, dinâmica do fogo ou efeitos de explosão. Nesses casos, o investigador pode aconselhar

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

condições de incêndio nas proximidades do corpo. O investigador deve garantir que as evidências físicas, como quaisquer objetos estranhos, incluindo balas, cápsulas, resíduos de explosivos, facas e outras armas encontradas com o corpo, bem como fluidos corporais, impressões digitais registradas e registros dentários, sejam adequadamente coletados, preservados e preservados. analisado.

24.5.8.2* Animais que morrem em um incêndio podem fornecer informações valiosas. Exames post-mortem semelhantes que podem ser realizados em humanos também podem ser realizados em animais.

24.6 Investigando Cenas de Incêndio com Ferimentos. As lesões sofridas por um indivíduo exposto a um incêndio podem constituir uma evidência física importante. Lesões por incêndio podem levar à morte horas, dias ou até semanas após o evento. Muitas das técnicas investigativas discutidas na Seção também são aplicáveis em locais de incêndio com feridos; no entanto, há considerações adicionais que devem ser feitas ao investigar cenas de incêndio em que os ocupantes foram feridos.

24.6.1* Leis de Notificação. Muitas jurisdições têm leis de denúncia que exigem que o pessoal médico ou de emergência notifique a polícia ou os bombeiros quando uma pessoa que sofre de queimaduras significativas é tratada. Essas leis são padronizadas após as leis de notificação de ferimentos por arma de fogo e foram consideradas bem-sucedidas na identificação de vítimas de agressão e abuso, bem como autores de incêndios criminosos que são queimados na execução de seu crime.

24.6.2 Documentação da Cena. Ocupantes com ferimentos graves podem não ser capazes de fornecer declarações sobre suas observações até semanas ou meses após o incidente do incêndio. Portanto, é importante coletar informações sobre a localização do ocupante na estrutura durante o incêndio a partir de indicadores na estrutura.

24.6.2.1 Mesmo que a pessoa ferida tenha sido removida do fogo, padrões de fuligem, demarcação de calor e áreas protegidas ainda podem existir na área onde foram descobertos. Diagramas, esboços e fotografias devem ser tirados de qualquer área onde se encontrem contornos de fuligem. Esta área deve ser diagramada como se o corpo ainda estivesse em sua localização original.

24.6.2.2 A localização da vítima ferida quando descoberta pode não ser a localização da vítima durante todo o incidente. A cena deve ser examinada em busca de evidências relacionadas à localização da vítima antes do incêndio e quanto ao movimento durante o incêndio. As evidências podem incluir itens como fragmentos de roupas queimados, sangue ou até mesmo pele queimada e descamada. Esses itens devem ser totalmente documentados com fotografias e medidas para diagramas.

24.6.3 Documentação da Vítima. A documentação deve incluir diagramas de distribuição de queimaduras e fotografias. As fotos devem ser tiradas o mais rápido possível após a lesão, de preferência, antes que um tratamento significativo esteja em andamento. O tratamento médico e a cura afetarão a aparência; portanto, as fotos tiradas mais tarde no processo de cicatrização podem ser difíceis de interpretar. A remoção de tecido cicatricial formado sobre feridas de queimadura em cicatrização, enxertos de pele e incisões feitas para aliviar a pressão e permitir flexibilidade podem fazer com que as áreas de queimadura pareçam diferentes (melhor ou pior) do que as queimaduras originais.

24.6.4 Cronograma da Vítima. Além do desenvolvimento de uma linha do tempo dos eventos de incêndio, o investigador deve desenvolver uma linha do tempo dos ocupantes. A linha do tempo dos ocupantes deve incluir a hora em que a pessoa ferida foi descoberta, a hora em que a pessoa ferida foi removida do local, a hora em que a pessoa ferida iniciou o transporte e a hora em que o ferido chegou ao centro médico. O investigador deve fazer esforços especiais, quando possível, para reunir informações relacionadas ao tipo de tratamento que o paciente recebeu durante o transporte para o hospital e enquanto estiver no hospital. Essas informações sobre o tratamento devem incluir o horário e o tipo de medicamento administrado, o horário e o tipo de oxigenoterapia e o horário em que a amostragem e as medições toxicológicas foram realizadas. *(Veja as linhas do tempo no capítulo sobre Análise de Falhas e Ferramentas Analíticas.)*

24.6.5 Evidência Física. As roupas de pessoas feridas em incêndios ou explosões provavelmente serão removidas pelo pessoal de emergência ou pelo pessoal do pronto-socorro e podem ser descartadas. As roupas, incluindo roupas externas, roupas íntimas, sapatos e meias, devem ser coletadas e preservadas. Se houver suspeita de envolvimento de líquidos inflamáveis ou explosivos, pode haver resíduos nas roupas. As roupas devem ser recolhidas e conservadas de acordo com as informações fornecidas nos capítulos de Evidências Físicas e Investigação de Incêndios e Explosões para análise posterior.

24.7 Mortes e Lesões por Explosão. A documentação de um incidente de explosão onde ocorreram ferimentos e/ou mortes requer muitas das mesmas técnicas discutidas nas Seções 24.4 e 24.5 com algumas considerações adicionais. Ao examinar vítimas de explosões, o investigador deve tomar extremo cuidado para examinar as partes do corpo, roupas e detritos associados para encontrar, documentar e preservar itens de evidência, como roupas e quaisquer objetos estranhos encontrados.

24.7.1 Coleta de Evidência Física de Explosões. A evidência física de uma explosão pode se estender além do próprio corpo. Tais evidências podem ser visíveis a olho nu (por exemplo, manchas de sangue) ou podem ser microscópicas (por exemplo, cabelos ou fibras). Esta evidência pode ser encontrada em coisas como roupas ou móveis. Todas as evidências de estilhaços devem ser coletadas independentemente do tamanho diminuto ou da aparência sem sentido, pois o significado do item pode não ser determinado até que seja examinado por um laboratório.

24.7.1.1 Como no caso de ferimentos por incêndio, as roupas das pessoas feridas em uma explosão provavelmente serão removidas pelo pessoal de emergência ou pelo pessoal do pronto-socorro e podem ser descartadas. As roupas, incluindo roupas externas, roupas íntimas, sapatos e meias, devem ser coletadas e preservadas. Essas roupas podem conter resíduos explosivos, estilhaços ou padrões de estilhaços. Os itens de vestuário podem indicar a atividade do usuário no momento da explosão. A vestimenta deve ser recolhida e preservada para análise posterior de acordo com os Capítulos de Evidências Físicas e Explosões.

24.8 Investigação de Lesões Pós-Cena.

24.8.1 Queimaduras. Evidências de queimaduras são frequentemente registradas em relatórios médicos usando termos com os quais o investigador deve estar familiarizado.

24.8.1.1* Grau de Queimaduras. O grau de queimadura descreve a profundidade e a gravidade da lesão da seguinte forma: Descrições alternativas de graus de queimadura na pele são queimaduras superficiais, parciais e de espessura total.

(1) Primeiro grau: apenas pele avermelhada (como simples queimadura de sol)
(2) Segundo grau: bolhas
(3) Terceiro grau: danos de espessura total à pele
(4) Quarto grau: dano ao tecido subjacente, carbonização

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

24.8.1.2 Área do Corpo (Distribuição). Os danos causados por queimaduras no corpo são frequentemente estimados pela comunidade médica usando a "regra dos noves", onde as principais áreas do corpo são representadas por incrementos de 9% (%). O corpo adulto é representado da seguinte forma:

(1) Chefe, 9%
(2) Peitoral, 18%
(3) Voltar, 18%
(4) Braço direito, 9%
(5) Braço esquerdo, 9%
(6) Perna direita, 18%
(7) Perna esquerda, 18%
(8) Genitais, 1%

A proporção da área corpo-superfície para crianças é diferente da dos adultos, especificamente, no que se refere à cabeça e extremidades inferiores. A cabeça de uma criança representa 18% de sua área total de superfície corporal e as pernas direita e esquerda de uma criança representam 13,5% da área total de superfície corporal. As partes restantes do corpo da criança (peito, costas, etc.) têm as mesmas áreas de superfície que um adulto.

24.8.1.3 Uma distribuição mais precisa da superfície da pele para a área do corpo, que reflete as verdadeiras proporções do corpo, e que às vezes é usada, é fornecida na Tabela 24.8.1.3.

24.8.1.4A área total queimada do corpo às vezes é usada como um preditor de capacidade de sobrevivência, conforme indicado na Figura 24.8.1.4. A sobrevivência ou não da vítima pode ditar uma investigação mais aprofundada. Este valor pode ser usado para avaliar a probabilidade de sobrevivência.

24.8.2 Evidência Médica de Inalação. Assim como as evidências médicas referentes a queimaduras na pele, as evidências médicas referentes à exposição por inalação a gases tóxicos e calor podem fornecer informações importantes para o investigador compreender as duas ações.

Tabela 24.8.1.3 Porcentagem da Área de Superfície Corporal

Parte do corpo	Infantil	Filho	Adulto
Frente da cabeça	9,5	8,5	3,5
Parte de trás da cabeça	9,5	8,5	3,5
Frente do pescoço	1	1	1
Parte de trás do pescoço	1	1	1
Peito e abdômen	13	13	13
Genitália	1	1	1
Costas e nádegas	17	17	17
Frente do braço e mão Parte	4,25	4,25	4,75
de trás do braço e mão	4,25	4,25	4,75
Frente da perna e pé Parte de	6,25	6,75	10
trás da perna e pé	6,25	6,75	10

Bebê: até 4 anos. Criança: 5 a 10 anos. Adulto: 11 anos ou mais.

do indivíduo ferido e o ambiente de incêndio ao qual o indivíduo foi exposto.

24.8.3 Exames e Documentação Hospitalar. Normalmente, após a entrada no hospital de um paciente com lesões relacionadas a incêndio, uma amostra de sangue deve ser coletada e analisada para a saturação percentual de carboxihemoglobina (porcentagem de COH_b), concentração de HCN, álcool no sangue, drogas e pH sanguíneo para auxiliar no diagnóstico e tratamento do indivíduo. Essas medições podem ser valiosas para avaliar as condições do indivíduo no local do incêndio e o ambiente do incêndio ao qual o indivíduo foi exposto. Em particular, o percentual de COH_b é um valioso indicador cator. No entanto, uma vez que o percentual de COH_b começa a diminuir assim que o indivíduo é retirado do ambiente de incêndio, é importante que a amostra de sangue seja coletada o mais rápido possível.

Corpo Área Queimado (%)	Idade (ano)																		
	0–4	5–9	10–14	15–19	20–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49	50–54	55–59	60–64	65–69	70–74	75–79	80 +		
93+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
88–92	0,9	0,9	0,9	83–87	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,9	0,9	0,9	78–82	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,8						0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1
73–77	0,7	0,7	0,8	68–72		0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1
0,6	0,6	0,7	63–67	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1	1	1	1	1	1
0,6						0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1	1	1	1	1	1
58–62	0,4	0,4	0,4			0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1	1	1	1	1
53–57	0,3	0,3	0,3			0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1	1	1	1	1
48–52	0,2	0,2	0,2			0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	1	1
43–47	0,2	0,2	0,2	38–		0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1	1	1
42	0,1	0,1	0,1	33–37	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1	1	1
0,1	0,1	28–32				0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1	1
	0	0	0	0		0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1	1
23-27	0	0	0	0		0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1
18–22	0	0	0	0		0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9
13-17	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7
8–12	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5
3–7	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4
0–2	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2	0,2

1 = 100% de mortalidade; 0,1 = 10% de mortalidade (de Bull, 1979).

FIGURA 24.8.1.4 Mortalidade por<u>Por cento</u> idade do Corpo Queimado e Idade.

Texto sombreado = Revisões. Δ = Exclusões de texto e revisões de figuras/tabelas. • = Exclusões de seção. *N* = Novo material. Edição de 2021

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

24.8.3.1A taxa na qual o CO é eliminado do corpo depende da concentração de oxigênio do ar inalado. A meia-vida do CO em vítimas sobreviventes é descrita como o período de tempo durante o qual a quantidade de CO no sangue diminui para metade do seu valor original. Valores típicos da literatura para a meia-vida do CO quando o ar (aproximadamente 21 por cento O_2) é inalado após exposição são de 3 a 5 horas. Valores de meia-vida com 100 por cento de O_2 terapia pode variar de 45 a 90 minutos. Assim como a captação, a taxa de eliminação depende do nível de atividade do indivíduo. Porque o tratamento e o tempo podem reduzir significativamente a porcentagem medida de HCO_b, o tempo da exposição ao fogo Certifique-se de que a amostragem do sangue para análise e o tratamento do indivíduo com oxigênio pela ambulância e pelos cuidadores do hospital antes da amostragem são informações importantes, que o investigador deve determinar. Os registros hospitalares podem fornecer informações sobre várias medições de HOC_bníveis retirado do paciente ao longo do tempo. Nesses casos, a HOC específica do paciente real$_b$meia-vida pode ser calculada quando preciso a documentação dos tempos de extração da amostra está disponível.

24.8.3.2 Outra informação importante para o investigador de incêndio é a condição das vias aéreas. A presença de fuligem ou dano térmico nas vias aéreas superiores fornece informações sobre o ambiente de incêndio ao qual o indivíduo foi exposto. Edema pulmonar e inflamação podem ser indicações de exposição a gases irritantes.

24.8.4 Acesso a Provas Médicas.O investigador de incêndio deve estar ciente das proteções legais aplicáveis em relação à confidencialidade dos registros médicos e os métodos apropriados para obter e proteger essas informações confidenciais.

24.9* Exame Patológico e Toxicológico de Morte por Incêndio. Sempre que ocorrer uma morte por incêndio, seja a morte imediata ou algum tempo após o incêndio, deve ser realizado um exame patológico e toxicológico da vítima.

24.9.1 O legista ou médico legista.A análise do legista ou do médico legista pode fornecer dados factuais valiosos que podem auxiliar na investigação de um incêndio ou explosão. Infelizmente, não existe um sistema padronizado para a realização de autópsias; portanto, a integridade do exame patológico e toxicológico e a extensão em que os dados factuais são coletados que beneficiarão o investigador podem variar de jurisdição para jurisdição. O legista ou médico legista pode não ter conhecimento sobre as informações apropriadas a serem coletadas para o investigador de incêndio. Portanto, o investigador deve solicitar que todos os dados e evidências específicos do incêndio sejam coletados durante a autópsia e análise toxicológica.

24.9.1.1O legista ou médico legista é encarregado de determinar a causa e a forma da morte da vítima. A causa da morte pode ser definida como o evento, lesão ou doença que causou a sequência de mudanças que, em última análise, provocaram a morte. Exemplos de causas de morte incluem inalação de fumaça, queimadura (incineração), tiro, trauma (explosão, colapso estrutural), mas pode ser ataque cardíaco ou doença (crônica ou aguda). A forma de morte descreve o curso geral dos eventos ou circunstâncias que provocaram a causa da morte (acidental, homicida, suicida, natural ou indeterminada).

24.9.1.2O investigador deve estar familiarizado com o sistema médico forense em sua comunidade, por exemplo, legista ou médico legista. A formação educacional e o nível de treinamento dos investigadores forenses da morte variam muito de jurisdição para jurisdição. Em um sistema legista, o investigador de óbitos não é ser médico e for eleito ou indicado para o cargo por entidade governamental. Na maioria dos sistemas de examinadores médicos, o investigador de óbitos deve ser um médico, normalmente um patologista, e é indicado para o cargo pelo departamento de saúde. Além disso, o laboratório toxicológico pode ser limitado em seus equipamentos analíticos e técnicas de análise; pode ser necessário enviar amostras para teste quando certos tóxicos não puderem ser medidos pelo laboratório interno.

24.9.1.3O investigador deve enfatizar a importância de realizar uma autópsia completa para o legista ou médico legista. Para efeitos de vítimas de incêndio, uma autópsia completa deve incluir uma inspeção detalhada do sistema respiratório e coleta de amostras biológicas de vários órgãos, caso sejam necessárias medições toxicológicas específicas do local ou duplicadas. No caso de uma autópsia completa não ser possível ou viável, no mínimo, uma análise toxicológica do sangue e/ou tecido da vítima deve ser realizada. Além disso, no mínimo, os locais e a gravidade da queimadura da vítima (por exemplo, queimaduras de 2º grau em 10% do abdome) devem ser documentados. A análise toxicológica do espécime da vítima deve ser realizada o mais rápido possível após a morte e coleta e deve incluir a quantificação de monóxido de carbono,

24.9.1.4 Coleta de Evidências Físicas. Quando possível, o investigador deve estar presente quando a autópsia for realizada, não apenas para garantir que as observações apropriadas sejam feitas, mas também para responder a quaisquer perguntas que surjam durante o exame. Patologistas e médicos legistas podem ter conhecimento limitado de química do fogo, dinâmica do fogo ou efeitos de explosão. Nesses casos, o investigador pode aconselhar sobre as condições de incêndio nas proximidades do corpo. O investigador deve garantir que as evidências físicas, como balas, cartuchos, resíduos explosivos, facas e outras armas encontradas com o corpo, bem como fluidos corporais, impressões digitais registradas e registros dentários, sejam adequadamente coletados, preservados e analisados. Dispositivos de notificação, como sistemas de detecção de fumaça, também devem ser coletados e preservados como evidência.

24.9.2 Identificação dos restos mortais.Há uma série de questões fundamentais que podem confrontar o investigador envolvido em uma morte relacionada a incêndio ou explosão. Estes podem incluir identificação de restos mortais, identificação da vítima, causa e forma de morte, atividade da vítima durante o incêndio e alterações post mortem. Embora a causa e o modo da morte sejam determinados pelo médico legista ou pelo médico legista, pode ser responsabilidade do investigador, em alguma jurisdição, identificar a vítima.

24.9.2.1 Restos Humanos vs. Animais. Em um corpo muito danificado, pode ser difícil determinar se os restos mortais são humanos ou animais. Alguns animais, como porcos, veados e até raças de cães grandes, têm a mesma massa de um humano adulto e podem ser confundidos com restos humanos (ou vice-versa). Restos carbonizados de crianças ou bebês são ainda mais difíceis de identificar, porque sua massa menor e calcificação reduzida permitem maior destruição térmica. Essa identificação crítica pode exigir os serviços de um antropólogo físico ou forense que esteja familiarizado com as características anatômicas de todas as espécies.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

24.9.2.2* Identificação Visual.A identificação das vítimas pode ser realizada por diversos meios, dependendo da extensão dos danos causados pelo fogo ao corpo. A identificação por observação visual não é confiável, porque a exposição mesmo a um fogo moderado induz o inchaço dos tecidos e o endurecimento da pele pelo encolhimento. As mudanças de cor no rosto e no cabelo podem dificultar a identificação de uma pessoa e, às vezes, até mesmo a estimativa de idade e raça. A observação visual deve ser usada apenas como ponto de partida.

24.9.2.3 Identificação por Vestuário e Objetos Pessoais. Roupas e objetos pessoais devem ser usados, como identificação visual, apenas como ponto de partida. É muito fácil que roupas, carteiras, anéis, relógios e outros objetos pessoais (até mesmo placas dentais) sejam substituídos por outra pessoa antes de um incêndio.

24.9.2.4 Identificação de impressão digital. Impressões digitais podem ser usadas com certeza quase completa se impressões de registros estiverem disponíveis para a pessoa que se acredita ser a vítima. Se mesmo uma pequena porção de pele não queimada da crista de fricção permanecer na ponta do dedo, isso pode ter características individuais suficientes para permitir a comparação.

24.9.2.5 Identificação por raios-X. Os raios X fornecem um dos meios mais seguros de identificar até mesmo corpos gravemente queimados. A massa da cabeça tende a proteger os dentes da maioria dos danos causados pelo fogo, e os raios X dentários podem ser garantidos mesmo que seja feita uma identificação provisória. Os maxilares devem ser ressecados e as radiografias feitas por um odontologista qualificado para replicar as posições e os ângulos de quaisquer radiografias antemortem clínicas disponíveis. A forma e a localização das obturações, pontes e implantes são então usadas para fazer a identificação. Em alguns casos, formas radiculares incomuns ou outras irregularidades foram usadas na ausência de trabalho dentário. Radiografias de outras partes do corpo podem revelar fraturas anteriores ou outras lesões ou procedimentos cirúrgicos que podem verificar uma identificação. Existem também implantes articulares feitos sob medida, próteses e até marca-passos que podem ser usados para identificar uma vítima.

24.9.2.6 Identificação de DNA.A tipagem sorológica ou de DNA pode ser realizada se houver amostras de comparação de DNA conhecidas, um perfil de DNA conhecido ou membros da família disponíveis para fornecer amostras de referência. Essas técnicas podem ser usadas mesmo em restos fragmentários, se não estiverem completamente carbonizados e são uma forma confiável de identificação.

24.9.3 Exame de Raio-X. As técnicas atuais de análise patológica, como raios-x, podem revelar informações sobre a vítima que não são óbvias durante um simples exame visual. Radiografias de todo o corpo e de todos os detritos associados podem ser benéficas. O exame de raios X pode detectar a presença de objetos estranhos no corpo, como balas, pontas de facas e componentes de dispositivos explosivos. Estes podem ser complementados com radiografias dentárias e radiografias detalhadas de características anatômicas (por exemplo, ossos quebrados, feridas e assim por diante). Dependendo da jurisdição, as radiografias podem não ser realizadas rotineiramente nas vítimas; portanto, pode ser necessário solicitar este procedimento.*[Veja a figura 24.9.3(a) e Figura 24.9.3(b).]*

24.9.4 Níveis de Monóxido de Carbono. Amostras de sangue e tecidos de vítimas de incêndio são mais comumente avaliadas quanto ao monóxido de carbono (CO) porque ele é simplesmente medido e pode fornecer uma indicação imediata da causa da morte. A porcentagem de hemoglobina que está saturada com o monóxido de carbono em oposição ao oxigênio é chamada de carboxihemoglobina ou COH_b. Os laboratórios toxicológicos normalmente relatam

níveis de monóxido em vítimas de incêndio como porcentagem (%) COH_b. Os níveis de carboxi-hemoglobina devem ser medidos para cada vítima de incêndio.

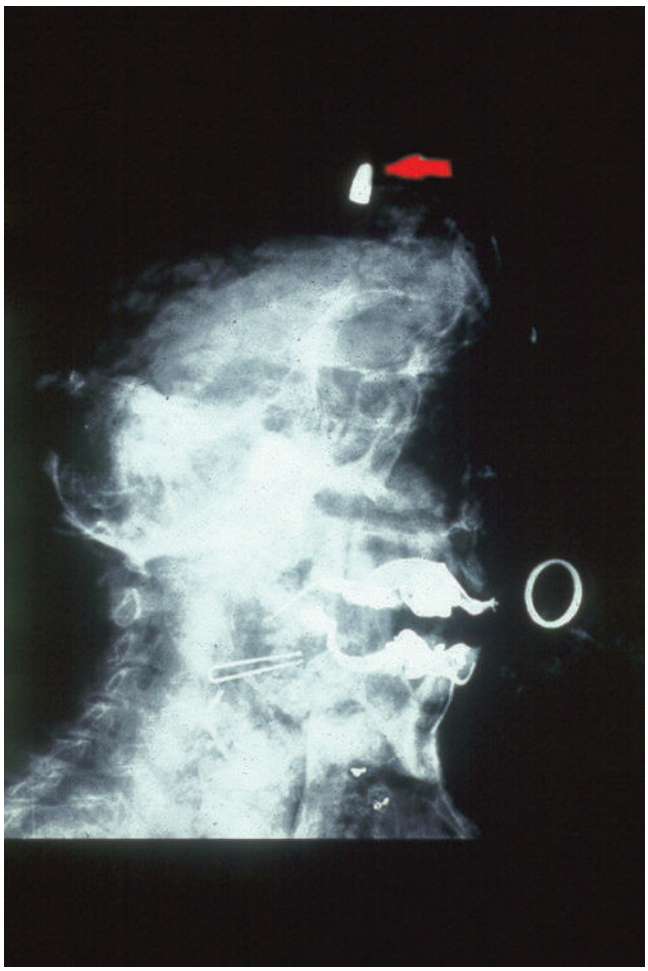


Δ FIGURA 24.9.3(a) Raio-X com bala na pelve.

24.9.4.1O monóxido de carbono causa uma coloração rosa-cereja na pele que pode não ser visível em indivíduos de pele escura ou indivíduos fortemente cobertos de fuligem. A coloração rosa-cereja pode ser visível na pele, lábios e mamilos, bem como no sangue líquido, em áreas de lividez post mortem e nos órgãos internos. A coloração nos órgãos internos permanecerá quando o órgão for preservado em formalina, quando o tecido normal ficar com uma cor marrom-acinzentada lamacenta.

24.9.5 Níveis de cianeto. Outro importante tóxico em mortes relacionadas ao fogo é o cianeto de hidrogênio (HCN). HCN pode agir sozinho ou em combinação com CO para causar incapacitação e morte. Ao contrário do CO, o HCN é inerentemente instável em amostras biológicas. As concentrações de HCN podem aumentar ou diminuir ao longo do tempo nas amostras, portanto, as amostras de vítimas de incêndio requerem técnicas especiais de preservação para garantir que os valores de cianeto medidos no momento da autópsia sejam compatíveis com os valores presentes no momento da morte. Alguns laboratórios toxicológicos não quantificam as concentrações de cianeto em vítimas de incêndio porque acreditam que não tem valor para suas análises ou não possuem o equipamento analítico adequado. As concentrações de cianeto, no entanto, podem ser valiosas para o investigador de incêndio. Sempre que possível, os níveis de cianeto no sangue devem ser medidos para cada vítima de incêndio.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



Δ **FIGURA 24.9.3(b)** **Raio-X mostra bala no topo do cérebro Cavidade.**

24.9.6 Presença de Outros Tóxicos.A identificação de outros produtos de combustão inalados como brometo de hidrogênio e cloreto de hidrogênio ou outro tóxico orgânico ou inorgânico pode ser valioso para o investigador. Além disso, os níveis de álcool, drogas terapêuticas ou drogas de abuso da vítima devem ser quantificados. Além disso, os hábitos de fumar, beber e usar drogas da vítima devem ser documentados, pois podem desempenhar um papel nos achados toxicológicos da HOC_be HCN ou pode provar
ser contribuinte para a morte.

24.9.7 Exposição a Fumaça e Fuligem.A evidência de fumaça ou fuligem nos pulmões, brônquios e traqueia, ou mesmo no esôfago, é um dos fatores mais significativos para confirmar que a vítima estava viva e respirando fumaça durante o incêndio. Este achado requer que a traqueia seja seccionada em todo o seu comprimento. A fuligem na boca ou nas aberturas nasais pode ser o resultado da fuligem que se deposita nas aberturas e não da respiração. Além disso, conhecer a posição do corpo quando encontrado pode ser fundamental para uma correta interpretação da fuligem nas vias aéreas. A fuligem também pode ser engolida e encontrada no esôfago e no estômago. O investigador deve solicitar que uma autópsia completa seja realizada em todas as vítimas de incêndio para estabelecer esses padrões de fatos. Dependendo da rapidez da exposição aos tóxicos da fumaça, as vítimas pode ter vomitado ou pode ter espuma emanando de sua boca devido a edema nos pulmões.*(Veja a figura 24.9.7.)*

Δ **24.9.8* Queimaduras.**As queimaduras podem ser induzidas por antemortem ou post-mortem da exposição ao calor radiante, convectivo ou condutivo no ambiente do incêndio. As queimaduras antemortem desencadeiam uma resposta vital, incluindo mudanças de cor e bolhas, que envolvem alterações celulares e químicas que podem ser detectadas após a morte. O investigador deve observar, no entanto, que as bolhas podem ocorrer naturalmente sob certas condições em corpos em decomposição. As queimaduras que ocorrem imediatamente antes da morte podem não ter tempo para exibir uma resposta vital e podem não ser distinguíveis das queimaduras post mortem. Em alguns casos, a extensão das queimaduras pode ser correlacionada com o nível de exposição ao calor. Uma variedade de pesquisas foi publicada na literatura científica do fogo que correlaciona a duração e a quantidade de partículas condutoras, convectivas, e exposição ao calor radiativo para o início da dor e a extensão das lesões térmicas da pele. A Sociedade de Engenheiros de Proteção contra Incêndios*Guia de engenharia para prever queimaduras na pele de 1º e 2º graus por radiação térmica*é um recurso útil na avaliação de lesões por queimaduras em vítimas.

24.9.9* Trauma Físico e Ferimentos.Grandes traumas físicos e ferimentos no corpo, como tiros, fraturas, traumas contundentes e ferimentos por faca, devem ser examinados e minuciosamente documentados. A evidência de tal trauma pré-incêndio normalmente sobrevive em um corpo queimado. As fraturas pré-fogo são distintas das fraturas induzidas termicamente do osso. As feridas pré-fogo terão uma aparência distinta e serão diferentes das fissuras induzidas termicamente na pele. Um exame detalhado do trauma e das feridas deve ocorrer e deve ser fotografado, incluindo close-ups com uma escala adequada no campo de visão. O sangue pode vazar dos ouvidos, nariz e boca como resultado do aquecimento. Sangue encontrado fora do corpo pode indicar trauma físico ante-mortem.

24.9.10 Conteúdo do Estômago. As atividades anteriores à morte e a possível hora da morte podem ser estabelecidas por meio da análise do conteúdo estomacal, que deve ser examinado quando indicado. A presença ou ausência de fuligem no esôfago e no conteúdo estomacal deve ser observada.

24.9.11 Temperatura interna do corpo. Em alguns casos, o legista ou legista pode usar a temperatura interna do corpo do cadáver para estabelecer a hora e o mecanismo da morte. A temperatura interna pode estar elevada devido a hipertermia, condição ante-mortem ou exposição post-mortem a

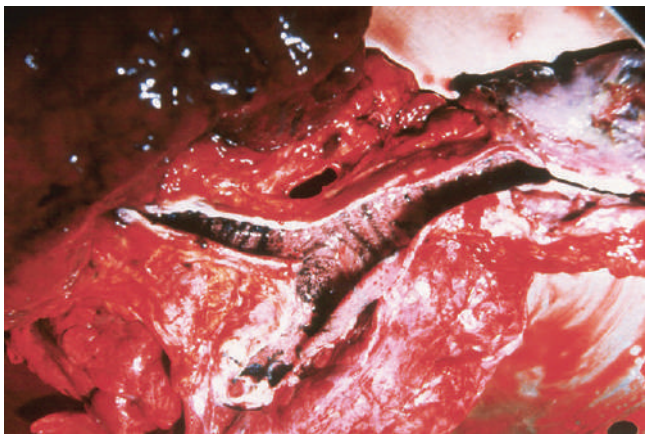


FIGURA 24.9.7 Fuligem nas Vias Aéreas ou Traquéia.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

calor radiante e convectivo, de modo que a temperatura interna do corpo deve ser analisada nesse contexto.

24.9.12 Condições Médicas Pré-Existentes. Condições médicas pré-existentes e seus medicamentos associados podem contribuir para o comportamento do indivíduo ou para a resposta fisiológica ao incidente de incêndio. Mobilidade limitada, visão prejudicada, audição prejudicada, sensibilidade diminuída a odores, capacidade respiratória diminuída e comprometimento cognitivo são apenas algumas das condições preexistentes que podem alterar um comportamento ou resposta fisiológica.

24.9.13 Morte Pré-Fogo. O exame médico pode determinar que o indivíduo morreu antes do incêndio. A autópsia mostraria uma falta geral de fuligem nas vias aéreas e baixo $COHb$ compatível com as condições ambientais. O investigador deve determinar a relação entre a morte e o incêndio.

24.9.14 Morte por Condição Médica. Há casos em que um indivíduo morrerá no decorrer de um incêndio, mas a causa da morte será de uma condição médica, como ataque cardíaco ou derrame, em vez de um efeito do fogo. Esta condição pode ter sido exacerbada pelas condições de fogo e fumaça, mas não foi a causa real da morte.

24.10 Análise de Dados. O investigador deve analisar os dados desenvolvidos a partir da investigação de morte ou lesão para correlacioná-los com os outros dados da investigação. Consulte o capítulo sobre Análise de Falhas e Ferramentas Analíticas para obter informações adicionais.

24.10.1 Desenvolvimento de Cronograma. Além do desenvolvimento de um cronograma de eventos de incêndio, o investigador deve desenvolver um cronograma de vítimas. A linha do tempo da vítima deve incluir a hora da descoberta da vítima, a hora da remoção e transporte da cena da vítima e a hora da chegada da vítima ao local de exame. O investigador deve envidar esforços especiais, quando possível, para reunir informações relacionadas ao momento da autópsia e análise toxicológica, bem como, as condições de armazenamento e preservação das amostras biológicas retiradas da vítima durante a autópsia. Devido aos efeitos putrefativos post-mortem e à produção endógena, esta informação pode tornar-se importante na interpretação dos achados patológicos e toxicológicos.

24.10.2 Atividade da Vítima. Deve-se tentar determinar a atividade da vítima antes, durante e após o início do incêndio ou explosão e no momento da morte, incluindo se a pessoa estava viva e consciente. Os fatores que podem ajudar o investigador a fazer essas determinações incluem o seguinte:

(1) Localização do corpo (na cama, na saída)
(2) Posição do corpo (na cadeira, escondido)
(3) Vestuário no corpo (pijama, roupa de trabalho)
(4) Queime padrões na roupa
(5) Padrões de queimadura no corpo
(6) Padrões de queimadura incluindo áreas protegidas sob o corpo
(7) Itens encontrados com o corpo (por exemplo, chaves, telefone, lanterna, extintor de incêndio, bens pessoais)
(8) Danos de explosão ao corpo (por exemplo, pressão, impacto e estilhaços)

24.10.3 Prejuízo da vítima pré-fogo. Álcool e prescrições e drogas ilícitas podem prejudicar a vítima. A deficiência pode diminuir a resposta a indicadores de incêndio, como fumaça, ruído, chamas ou ativação de alarme, resultando em atraso ou nenhuma notificação das condições adversas. Consulte o relatório toxicológico para obter informações pertinentes sobre álcool e drogas. O laudo toxicológico pode relatar o teor de álcool no sangue (TAS) em % etanol ou g/dL etanol. Como ponto de referência, 0,08 g/dL é considerado por alguns estados para indicar que um motorista é deficiente, embora estudos tenham relatado prejuízo ao álcool em concentrações sanguíneas ainda mais baixas. O investigador deve ter em mente que o efeito do álcool e das drogas é aditivo com monóxido de carbono (CO), cianeto de hidrogênio (HCN) e outros gases de incêndio, de modo que o nível total de comprometimento pode ser devido a uma combinação de pré-ignição e pós-ignição. -efeitos de ignição.

24.10.4 Histórico Médico. Condições pré-existentes, especialmente deficiências físicas relacionadas à visão, audição e mobilidade, podem ter um impacto substancial na capacidade da vítima de detectar e escapar de um incêndio. Normalmente, um médico legista coletará informações de registros médicos existentes para combinar com os achados da autópsia. O investigador pode realizar entrevistas com a família e associados da vítima para determinar se havia condições médicas não relatadas ou não descobertas na autópsia.

24.10.5 Padrão de Incêndio. Os padrões de danos nas roupas e no corpo devem ser considerados em contexto com os padrões totais de incêndio ou explosão na sala ou área. As inconsistências aparentes devem ser examinadas. Padrões de queimaduras nas roupas (por exemplo, queimaduras de cigarro) podem revelar uma história de envolvimento com incêndios anteriores. Padrões de queimaduras nas roupas ou no corpo podem indicar que foi feita uma tentativa de combater o fogo ou podem ser evidências de início de incêndio. A relação entre a morte e o incêndio deve ser investigada, pois nem todas as mortes relacionadas ao fogo são causadas diretamente pelo calor, chama ou fumaça. Exemplos incluem uma pessoa fumando um cigarro em um sofá que morre de ataque cardíaco, uma pessoa pulando de uma janela para escapar de um incêndio, trauma fatal por desabamento de prédio, suicídio e homicídio antes do incêndio.

24.10.6* Queimaduras. O critério geralmente aceito para o aparecimento de lesões térmicas radiantes em um compartimento de incêndio é uma temperatura aproximada da camada térmica de 200°C (400°F) ou um fluxo de calor de 2,5 kW/m_2 no chão. A temperatura e o fluxo desta camada são normalmente alcançado quando a camada está a aproximadamente 0,9 metros (3 pés) do teto. Esta informação em combinação com a modelagem de incêndio pode fornecer ao investigador informações valiosas sobre as atividades ou movimento das vítimas antes da incapacitação ou morte.

24.10.7 Vestuário. Os itens de vestuário podem indicar a atividade do usuário no momento do incêndio ou explosão. O material de que a roupa é feita e como ela é feita pode desempenhar um papel na sua inflamabilidade por fontes de chamas ou fumegantes (mangas compridas soltas, tecidos finos, etc.). Pode ser importante para o investigador determinar a inflamabilidade, as propriedades de queima (carvão, derretimento ou ambos) ou a taxa de liberação de calor da roupa envolvida.

24.10.8* Aplicações da Toxicologia na Investigação de Incêndios. Existe uma relação entre a natureza de um incêndio, ou seja, combustão lenta, chamas, pós-flashover, e a produção de gases tóxicos, como monóxido de carbono (CO) e cianeto de hidrogênio (HCN). Devido a essa relação, dados toxicológicos confiáveis de uma vítima de incêndio, em combinação com modelos de incêndio e outras ferramentas disponíveis, podem fornecer evidências úteis ao Investigador de Incêndio.

24.10.8.1 Técnicas de Análise Toxicológica. Existem inúmeras maneiras pelas quais as amostras biológicas podem ser analisadas quanto a substâncias tóxicas. Dependendo do tóxico específico a ser medido

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Com certeza, os laboratórios podem utilizar qualquer combinação de técnicas de espectrofotometria, cromatografia, imunoensaio e espectrometria de massa para triagem inicial e confirmação. Dependendo da preferência do laboratório e da validação do método, esses ensaios podem ser realizados em sangue, fígado, urina, baço ou vários outros órgãos e tecidos. Em corpos gravemente queimados, pode haver sangue limitado, então outros fluidos corporais ou amostras de tecidos podem ser usados. Alguns laboratórios toxicológicos documentam a amostra e o método que foi utilizado para a quantificação do tóxico em seus relatórios finais; no entanto, quando isso não for feito, o investigador deve consultar o toxicologista para obter essa informação e certificar-se de que ela foi documentada.

24.10.8.2 Modelos Fisiológicos. A relação entre as concentrações de exposição ao monóxido de carbono (CO) e os níveis resultantes de carboxiemoglobina (COHb) medidos em vítimas de incêndio pode ser estabelecida usando modelagem fisiológica. Dois modelos fisiológicos comuns usados em análises de morte relacionadas ao fogo são a equação de Stewart e a equação de Coburn-Forster-Kane (CFK).

24.10.8.2.1 A Equação de Stewart. A equação de Stewart descreve a absorção de CO em humanos e pode ser usada como uma ferramenta de investigação para estimar a quantidade de CO que uma vítima inalou durante um incêndio. A equação de Stewart fornece uma relação básica entre COHb, concentração de CO inalado, volume respiratório minuto (RMV) e duração da exposição. O RMV é definido como o volume de ar trocado pela respiração por minuto (geralmente variando de 8,5 L/min a 50 L/min, dependendo do nível de atividade). A equação de Stewart é mais adequada para exposições de alta concentração e curta duração ao monóxido de carbono. A equação de Stewart só deve ser utilizada quando a duração da exposição for de 1 hora ou menos e as concentrações de CO forem de 2.000 ppm ou mais; erros podem ser introduzidos se a equação for utilizada fora destes parâmetros. Nos casos em que as durações de exposição são superiores a uma hora e as concentrações de CO são inferiores a 2000 ppm, a equação CFK deve ser utilizada. Além disso, a equação de Stewart é destinada a adultos e não é dimensionada para crianças e bebês.

24.10.8.2.2* A equação de Stewart é apresentada da seguinte forma:

[24.10.8.2.2]

$$\%COHb = 3.317\times10^{-5}(ppm\ CO)^{1.036}(RMV)(t)$$

Onde:

%COHb = concentração de carboxihemoglobina no sangue (%)
ppm CO = concentração de exposição (ppm)
RMV = respiratório volume minuto (L/min)
t = duração da exposição (min)

24.10.8.2.3* Equação de Colburn Forster Kane (CFK). A equação de Coburn-Forster-Kane (CFK) descreve a absorção de CO em humanos e pode ser usada como uma ferramenta de investigação para estimar a quantidade de CO que uma vítima inalou durante um incêndio. Para calcular uma concentração de COHb, o modelo CFK requer uma entrada da concentração de CO produzida pelo fogo ao longo do tempo, além do peso da vítima e RMV. Os valores comuns de RMV usados na equação CFK são os mesmos usados na equação de Stewart. Existem outras variáveis dentro da equação CFK com entradas pré-definidas com base na fisiologia comum. Essas entradas podem precisar ser alteradas dependendo da fisiologia da vítima. Por exemplo, uma vítima que é fumante pode ter um nível basal de COHb mais alto do que um não fumante, o que exigiria um ajuste da $[COHb]_0$ valor. As entradas pré-definidas no modelo assumem fisiologia para um adulto. O investigador pode precisar de conhecimento especializado para alterar adequadamente as entradas pré-definidas para uso da equação CFK para crianças menores e bebês.

24.10.8.2.4 A equação deve ser apresentada da seguinte forma:

[24.10.8.2.4]

$$\frac{UMA[HbCO_t]-BV_{CO}-PI_{CO}}{UMA[HbCO_0]-BV_{CO}-PI_{CO}} = e^{-tAV_bB}$$

Onde:

$$UMA = \frac{\overline{P}_{C_1O_2}}{M[HbO_2]}$$

$$\overline{P}_{C_1O_2} = PI_O - 49$$

$$PI_{O_2} = 148{,}304 - 0{,}0208\times PI_{CO}$$

$$M = 218$$

$$[HbO_2] = 0{,}22 - [HbCO]$$

$[HbCO]_t = [COHb\%t]\times 0{,}0022$

$$B = \frac{1}{DL_{CO}} = 35VO_2^{-}e^{0{,}33}$$

$$VO_2 = \frac{RMV}{22{,}274 - 0{,}0309}$$

$$PL = 713$$

$$V_{UMA} = 0{,}933V_g - 132f$$

$$f = \exp 0{,}0154\times RMV + 2.3293\ e$$

$[HbO_2]$ = mL de O_2 por ml de sangue
$[HbCO]_t$ = mL de CO por mL de sangue no momento da t
$[HbCO]_0$ = mL de CO por mL de sangue no início da exposição
M = razão entre a afinidade do sangue para o CO e para o O_2
$P_{C_1O_2}$ = pressão parcial média de oxigênio no pulmão capilares, mmHG
V_{CO} = taxa de produção endógena de CO, mL/min DL_{CO} = difusividade do pulmão para CO_2
V_{UMA} = taxa de ventilação alveolar, mL/min
t = duração da exposição, min
e = 2,7182
RMV = volume respiratório minuto

Δ **24.10.8.2.5*** Um programa de modelagem de incêndio, como Fire Dynamic Simulator (FDS) ou CFAST poderia ser usado para correlacionar quantidade de CO necessária para atingir o nível conhecido de COHb da vítima com a quantidade de CO estimada a ser produzida nos vários cenários de incêndio hipotéticos. Portanto, a quantidade de exposição ao CO derivada da equação CFK pode ser relevante na análise do evento de incêndio e comparada com todos os fatos conhecidos do caso. Além disso, as queimaduras da vítima fornecem detalhes sobre a localização da vítima durante o incêndio e/ou proximidade da vítima com a área de origem. Os investigadores são advertidos de que o local de recuperação da vítima e as queimaduras não podem ser usados exclusivamente para determinar a área de origem. Os investigadores também devem considerar e avaliar outros dados e evidências relevantes.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Capítulo 25 Aparelhos

25.1* Escopo.

25.1.1 Este capítulo abrange a análise de aparelhos no que se refere à investigação da causa de incêndios. O capítulo concentra-se em aparelhos como fontes de ignição para incêndios, mas, quando aplicável, também discute aparelhos como fontes de ignição para explosões. Este capítulo pressupõe que a origem do incêndio foi determinada e que um aparelho na origem é suspeito de ser uma fonte de ignição. Até que uma determinação de origem adequada tenha sido feita, não é recomendado que quaisquer aparelhos sejam explorados como uma possível fonte de ignição.

25.1.2 Abordados neste capítulo são os componentes do aparelho, que são comuns a muitos aparelhos encontrados em residências e empresas. As seções deste capítulo também tratam de aparelhos de tipo residencial específicos, mas comuns, e de como eles funcionam.

25.2 Gravação de Cena do Aparelho.O material apresentado no Capítulo 16 deve ser usado quando apropriado para registrar a cena envolvendo um aparelho. O material apresentado nesta seção é complementar e tem aplicação específica em eletrodomésticos.

25.2.1 Dispositivos Específicos de Gravação. Uma vez identificado(s) um(s) aparelho(s) específico(s) na área de origem, deve(m) ser cuidadosamente examinado(s) antes de sofrer qualquer perturbação. O aparelho deve ser fotografado no local de tantos ângulos quanto possível. As fotografias devem ser close-ups do aparelho, bem como fotografias mais distantes que mostrarão o aparelho em relação à área de origem, o(s) material(is) combustível(is) mais próximo(s) e um ponto de referência prontamente identificado (por exemplo, janela, porta, peça de mobiliário). Este ponto de referência ajudará muito os esforços posteriores de reconstrução na localização exata do aparelho no momento do incêndio. Se um aparelho foi movido desde o início do incêndio, as mesmas fotografias devem ser tiradas no local onde foi encontrado. Se puder ser estabelecido onde o aparelho estava localizado no momento do incêndio, como observando uma área protegida que corresponda à base do aparelho, ou conversando com alguém familiarizado com o local do incêndio antes do incêndio, o aparelho deve ser movido para o local anterior ao incêndio e as mesmas fotografias tiradas. Esta movimentação pelo investigador não pode ser feita até que toda a documentação necessária esteja completa.

25.2.2 Medições da Localização do Aparelho.A cena deve ser fotografada e diagramada conforme descrito na Seção 16.4. A localização do aparelho dentro da área de origem é particularmente importante. O investigador deve fazer medições que estabelecerão a localização do aparelho. *[Veja a figura 25.2.2(a) através da Figura 25.2.2(c).]*

25.2.3 Posições dos Controles do Aparelho. Atenção especial na fotografia e diagramação deve ser dada à posição de todos os controles (ex. posição do ponteiro do relógio, fonte de alimentação (por exemplo, bateria e corrente elétrica da casa), alimentação de combustível e qualquer outro item que possa afetar o funcionamento do aparelho ou indicar sua condição no momento do incêndio.*[Veja a figura 25.2.3(a) através Figura 25.2.3(c).]*



Δ FIGURA 25.2.2(a) Visão geral de Desumidificador com fita Medidas que documentam sua localização.



FIGURA 25.2.2(b) Desumidificador no local pós-fogo.



FIGURA 25.2.2(c) Medidas de fita usadas para representar Medições dos padrões de fogo adjacentes ao desumidificador.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 25.2.3(a) **Visão geral de um fogão a gás representando os Eixos de Controle em Diferentes Posições.**



FIGURA 25.2.3(b) **Eixos de controle de gás na posição OFF.**

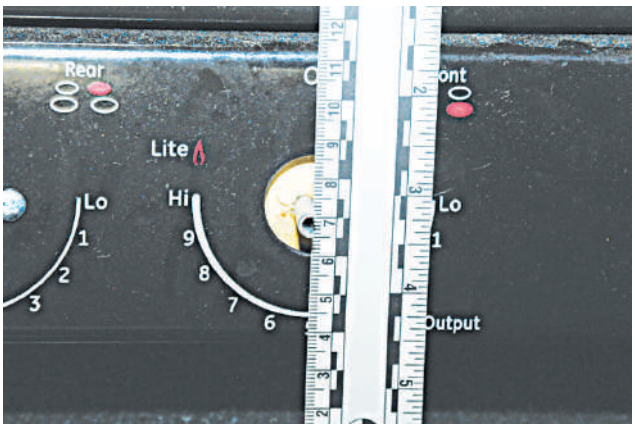


FIGURA 25.2.3(c) **Eixo de Controle de Gás com Régua Representando Controle na posição ON.**

25.2.4 Informações do Aparelho de Documentos. O fabricante, número do modelo, número de série, data de fabricação, advertências, recomendações e quaisquer outros dados ou etiquetas localizados no aparelho devem ser documentados. Essas informações devem ser fotografadas e anotações devem ser feitas, pois esses itens podem ser difíceis de fotografar. Ter anotações garantirá que essas informações valiosas sejam preservadas. Freqüentemente é necessário mover o aparelho para obter esses dados, e isso deve ser feito com o mínimo de perturbação ao aparelho e ao restante do local do incêndio. Em nenhum caso o aparelho deve ser movido antes da conclusão das ações em 25.2.3.

25.2.5 Reunindo Todas as Partes do Aparelho. Nos casos em que o aparelho tenha sido danificado pelo fogo ou atividades de supressão, todos os esforços devem ser feitos para reunir todas as peças do aparelho e mantê-las juntas. Após a exposição ao fogo, muitos dos componentes podem ficar quebradiços e podem se desintegrar com o manuseio, razão pela qual é importante documentar suas condições neste momento. Onde for considerado útil e não resultar em danos significativos aos restos do aparelho, alguma reconstrução das peças pode ser feita para fins de documentação e análise. Esta reconstrução pode incluir a substituição de peças soltas e a mudança do aparelho para a sua localização e posição originais. A tentativa de operar ou testar um aparelho não deve ser feita durante o exame do local do incêndio, pois isso pode danificar ainda mais o aparelho, possivelmente destruindo as pistas críticas dentro do aparelho e seus componentes. Todos os testes neste ponto devem ser estritamente não destrutivos e apenas com o objetivo de coletar dados sobre a condição do aparelho após o incêndio. Exemplos de testes não destrutivos incluem o uso de um volt/ohmímetro para verificar a resistência ou continuidade dos circuitos do aparelho.

25.3 Análise de Origem Envolvendo Dispositivos. O Capítulo 6 e o Capítulo 18 tratam da determinação mais detalhada da origem de um incêndio. As técnicas e metodologias adicionais apresentadas aqui devem ser utilizadas quando um incêndio envolve um aparelho. Este é o caso quando o fogo está confinado ao aparelho ou quando se pensa que um incêndio iniciado pelo aparelho se espalhou para envolver outros conteúdos da sala.

25.3.1 Relação do Aparelho com a Origem. Deve estabelecer-se que o aparelho em causa se encontrava na zona de origem. Aqueles aparelhos que estavam claramente localizados fora da área de origem geralmente podem ser excluídos como causas de incêndio. Em alguns casos, um(s) aparelho(s) distante(s) da área de origem pode(m) ter algo a ver com a causa do incêndio e devem ser incluídos na investigação. Exemplos disso são o uso de um cabo de extensão ou a presença de um piloto em pé em um aparelho a gás. Sempre que houver dúvida quanto à área de origem, esta deve ser classificada como indeterminada. Quando a origem é indeterminada, o investigador deve examinar e documentar os aparelhos em qualquer área suspeita de origem.

25.3.2 Padrões de Incêndio. Os padrões de fogo devem ser usados com cuidado ao estabelecer um aparelho no ponto de origem. Padrões de incêndio definidos e inequívocos ajudam a mostrar que o aparelho estava no ponto de origem. Outras causas desses padrões devem ser eliminadas. O grau de dano ao aparelho pode ou não ser uma indicação adequada da origem. Quando o dano relativo geral à cena for leve a moderado e o dano ao aparelho for grave, isso pode ser um indicador da origem. No entanto, se houver danos graves generalizados, outras causas como queda, carga de combustível (ou seja, vazamento de gás combustível), ventilação e outros efeitos devem ser considerados e eliminados. Se o grau de dano do aparelho não for apreciável

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

maior do que o resto da origem do fogo, então o aparelho não deve ser escolhido apenas em virtude da sua presença.*[Veja a figura 25.3.2 (uma figura 25.3.2 (b) e Figura 25.3.2 (c).]*

25.3.3 Componentes Plásticos do Aparelho. Aparelhos construídos com materiais plásticos podem ser encontrados no local do incêndio com danos graves. O aparelho pode ficar severamente distorcido ou deformado, ou o material combustível pode ser queimado, deixando apenas fios e outros componentes metálicos. Esta condição de um aparelho por si só não é um indicador adequado do ponto de origem. Isto é especialmente verdadeiro onde havia energia suficiente do fogo na sala para causar esse dano por aquecimento radiante e ignição. As condições que se aproximam ou seguem o flashover podem ter energia suficiente para produzir esses efeitos a alguma distância do ponto de origem.

25.3.4 Reconstrução da Área de Origem. A reconstrução da área de origem pode ser necessária para localizar e documentar os padrões e indicadores que o investigador utilizará para estabelecer a área de origem. O máximo possível do material do aparelho deve ser devolvido ao seu local original e depois registrado com fotografias e um diagrama. A ajuda de uma pessoa familiarizada com a cena antes do incêndio pode ser necessária.



FIGURA 25.3.2(a) Visão Geral do Fogão com Padrões de Incêndio Exibidos no Lado Esquerdo — Incidente do Poste Elevado Superior do Fogão.



Δ FIGURA 25.3.2(b) Visão Geral do Fogão e do Balcão Exibindo o Padrão de Incêndio.

25.4 Análise de Causa Envolvendo Dispositivos. O material apresentado no Capítulo 19 deve ser usado quando apropriado para analisar um aparelho que possa ter causado um incêndio. O material apresentado nesta seção é complementar ou tem aplicação específica para aparelhos.

25.4.1 Como o Aparelho Gerou Calor.

25.4.1.1 Antes que se possa concluir que um determinado aparelho causou o incêndio, deve-se primeiro estabelecer como o aparelho gerou energia térmica suficiente para causar a ignição. O tipo de aparelho determinará se este calor é possível em condições normais de operação ou como resultado de condições anormais. O próximo passo é determinar o primeiro material inflamado e como ocorreu a ignição. Os cenários de ignição mais prováveis permanecerão após a eliminação dos cenários de ignição menos prováveis ou impossíveis. Se não existir um cenário provável de ignição, a causa é indeterminado.

25.4.1.2 Padrões no aparelho podem indicar a fonte da energia de ignição. No entanto, pontos quentes ou outros padrões de queimadura podem ser o resultado de outros fatores não relacionados à causa e precisam ser cuidadosamente considerados. Padrões em superfícies próximas podem fornecer informações sobre a fonte de ignição.

25.4.2 O Uso e Design do Aparelho. O uso e o funcionamento de um aparelho deve ser bem compreendido antes de ser identificado como a causa do incêndio. Alguns aparelhos são simples ou muito familiares aos investigadores de incêndio e podem não exigir um estudo aprofundado. No entanto, o design do aparelho pode ser alterado pelo fabricante, ou um aparelho pode ser danificado ou alterado pelo usuário e, portanto, cada aparelho merece investigação. Aparelhos mais complicados podem exigir a ajuda de pessoal especializado para obter uma compreensão completa de como funcionam e como podem gerar energia suficiente para a ignição.

25.4.3 Aparelhos Elétricos como Fontes de Ignição. Muitos aparelhos usam eletricidade como fonte de energia, e a eletricidade deve ser considerada como uma possível fonte de ignição. O material apresentado no Capítulo 19 deve ser cuidadosamente considerado e aplicado nesta situação. Somente sob um conjunto específico de condições pode ser gerado calor suficiente pela eletricidade como resultado de uma sobrecarga ou falha dentro ou por um aparelho e, posteriormente, causar ignição.



FIGURA 25.3.2(c) Vista Geral da Linha de Fornecimento de Gás Interior da Parte Traseira do Fogão com um Padrão de Incêndio do Lado Direito.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

25.4.4 Desmontagem do Aparelho Fotográfico. Quando for necessário desmontar um aparelho (ou seus restos) recuperados de uma cena de incêndio, cada passo deve ser documentado por fotografia. Isso é feito para estabelecer que o investigador não separou o artefato ao acaso, fazendo com que as peças fossem danificadas ou perdidas ainda mais. A documentação deve mostrar o artefato no início e em cada etapa da desmontagem, de vários ângulos, se possível, acompanhando cuidadosamente as peças soltas. Alguns pesquisadores acham útil gravar esse processo em vídeo. O investigador deve ter pelo menos um motivo específico para desmontar um artefato e, assim que uma resposta for encontrada, o processo de desmontagem deve parar. Quando um artefato não pode ser facilmente desmontado ou se a desmontagem for muito destrutiva, o uso de raios X deve ser considerado.*[Veja a figura 25.4.4(uma) através da Figura 25.4.4(e).]*

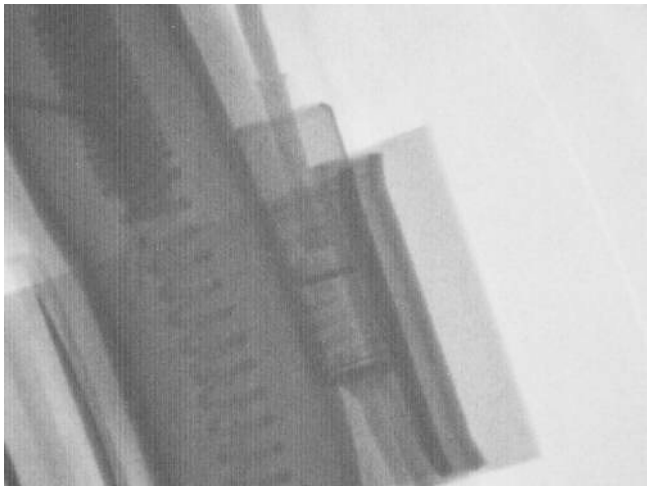


FIGURA 25.4.4(a) Raio X de Corte Térmico na Posição ABERTA.

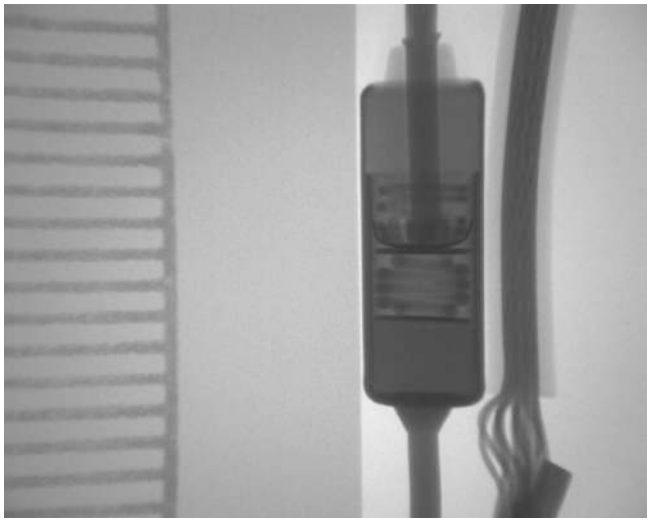


FIGURA 25.4.4(b) Raio-X de Corte Térmico em Fechado Posição.

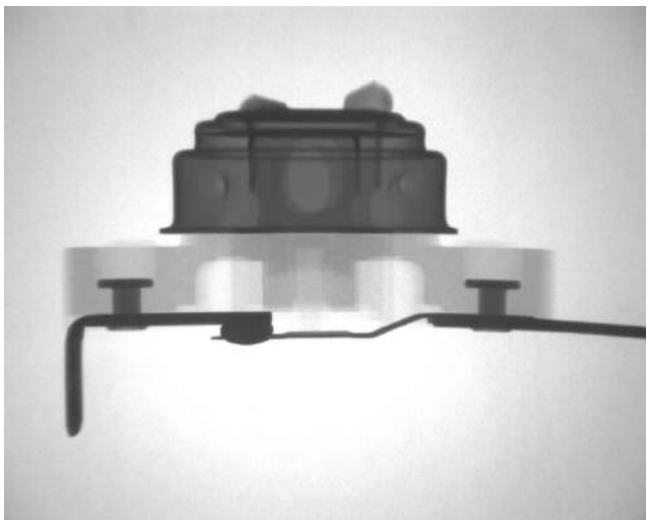


FIGURA 25.4.4(c) Raio-X do Termostato.

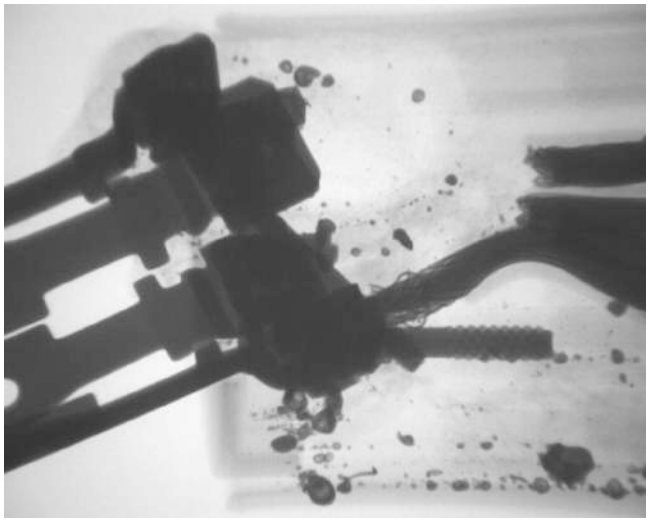


FIGURA 25.4.4(d) Raio-X do Receptáculo com Dano Interno.

25.4.5 Obtenção de Aparelhos Exemplares. Para entender melhor um dispositivo, testar sua operação ou explorar mecanismos de falha, o investigador pode precisar obter uma duplicata exata (ou seja, um exemplar). Para isso, os números de modelo e de série podem ser necessários, e o fabricante pode precisar ser contatado para determinar o histórico deste aparelho. Pode ser que o fabricante não fabrique mais o aparelho específico ou o tenha alterado de alguma forma. O investigador precisará determinar se o exemplar localizado é semelhante o suficiente ao artefato para ser útil.*[Veja a figura 25.4.5(a) e Figura 25.4.5(b).]*

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

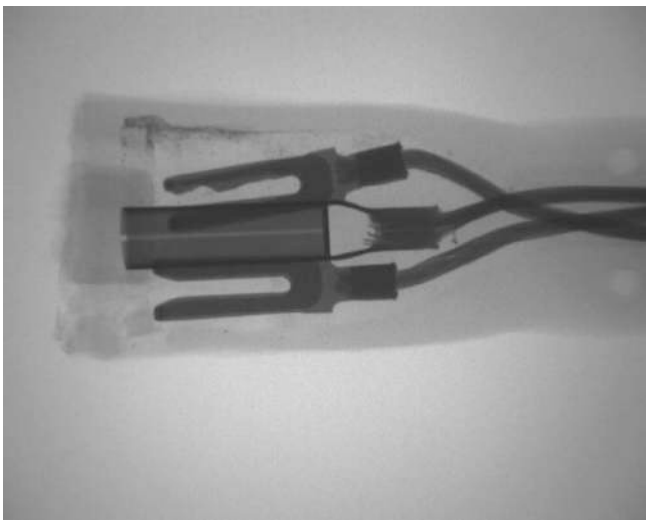


FIGURA 25.4.4(e) Raio-X da extremidade fêmea de um cabo de extensão mostrando danos internos em um contato.



FIGURA 25.4.5(a) Aquecedor de cobertor exemplar para Comparação e Teste.



FIGURA 25.4.5(b) Aquecedor de cobertor danificado.

25.4.6 Testando Aparelhos Exemplares. Aparelhos exemplares podem ser operados e testados para estabelecer a validade do cenário de ignição proposto. Se o cenário de ignição exigir a falha ou mau funcionamento de um ou mais componentes do aparelho, isso também pode ser testado quanto à validade no modelo. Quando estão previstos testes extensos ou repetidos, o investigador provavelmente precisará de mais de um exemplar. O teste deve mostrar não apenas que o aparelho é capaz de gerar calor, mas que tal calor é de magnitude e duração suficientes para inflamar material combustível.

25.5 Componentes do Aparelho. Os aparelhos são diversos no que fazem e como são construídos. Portanto, esta seção fornecerá uma descrição de cada uma das peças ou componentes comuns que podem ser encontrados em vários aparelhos. Onde houver informações em seções posteriores sobre aparelhos específicos, haverá referências aos componentes que são usados nesses aparelhos.

25.5.1 Carcaças do Aparelho.

25.5.1.1 Introdução. As carcaças dos aparelhos podem ser feitas de vários materiais. A natureza desses materiais pode afetar o que acontece com os aparelhos durante os incêndios e a aparência dos restos após o incêndio. A maioria das caixas é feita de metal ou plástico, mas outros materiais como madeira, vidro ou cerâmica também podem ser encontrados.

25.5.1.1.1 Muitos aparelhos utilizam acabamentos em aço pintado. Isso normalmente inclui refrigeradores, secadores, luminárias fluorescentes, aquecedores de rodapé e similares.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

25.5.1.1.2 Deve-se ter cuidado ao avaliar os padrões de danos causados pelo calor em superfícies de aço pintadas. Muitas tintas escurecem com a exposição ao calor. A exposição adicional ou maior ao calor pode fazer com que algumas superfícies pintadas escurecidas pelo calor fiquem mais claras. A exposição adicional ao calor pode fazer com que a tinta se decomponha em um pó cinza ou branco. Este pó cinzento ou branco pode ser perturbado ou removido por combate a incêndios, manuseamento ou formação de ferrugem. Uma cor de superfície aparentemente mais clara pode refletir mais danos térmicos do que uma área mais escura.*(Veja a figura 25.5.1.1.2 .)*

25.5.1.2* Aço.O aço é usado para as carcaças de muitos aparelhos devido à sua resistência, durabilidade e facilidade de conformação. O aço inoxidável é usado onde é necessário alto brilho e resistência à ferrugem, como em utensílios de cozinha ou onde a aparência e a higiene são importantes. Outros tipos de aço podem ser usados e revestidos com plástico ou esmalte para obter a aparência desejada. O aço galvanizado pode ser usado quando for necessária resistência à ferrugem, mas a aparência não é importante, como dentro de uma máquina de lavar.

25.5.1.2.1O aço não derreterá em incêndios, exceto em circunstâncias muito incomuns de temperaturas extremamente altas por períodos prolongados ou por arcos elétricos. Normalmente, o aço será oxidado por incêndios e a superfície ficará com a cor azul-acinzentada opaca resultante do óxido ferroso (FeO). A cor de ferrugem marrom não aparece até que o item de aço tenha sido molhado o suficiente para enferrujar até a cor avermelhada do óxido férrico (Fe_2O_3). Quando o aço estiver profundamente oxidado por uma longa exposição ao fogo, a camada de óxido muitas vezes será espessa o suficiente para descamar. Em casos graves, a descamação pode atravessar o aço e criar um furo. Em incêndios de curta duração, as superfícies de aço polido ou chapeado podem apresentar franjas de várias cores, dependendo do grau de aquecimento. Após um incêndio, o aço galvanizado nu ficará esbranquiçado por oxidação do zinco. Muitas vezes, as superfícies das caixas de aço terão uma aparência manchada que varia de azul acinzentado a ferrugem, branco, preto e avermelhado. As cores ímpares são geralmente de resíduos de revestimentos decorativos ou protetores no aço, além dos óxidos. As cores particulares e os padrões dependem de muitos fatores, e não deve ser dada muita importância à cor e aos padrões sem evidências substanciais.*(Veja a figura 25.5.1.2.1 .)*

25.5.1.2.2 Em raras ocasiões, uma carcaça de aço pode ser encontrada com um furo feito por liga de zinco ou alumínio. Na maioria das vezes, quando um desses metais pinga no aço durante um fogo, os óxidos de superfície mantêm os metais separados. Durante um longo incêndio, o metal fundido pode penetrar nas camadas de óxido e ligar-se ao aço. Se houver necessidade de conhecer a causa do furo, a análise do aço na borda do furo mostraria elementos de liga ou ausência deles.



FIGURA 25.5.1.1.2 **Tinta decomposta devido ao calor em um Capuz de Ventilação.**



FIGURA 25.5.1.2.1 **Graus variados de mudança de cor para Lado de um fogão devido à exposição ao calor.**

25.5.1.2.3 Uma carcaça de aço não impede necessariamente que os componentes internos atinjam temperaturas muito altas. Se uma caixa de aço fechada for exposta a um fogo forte por tempo suficiente, o interior da caixa pode ficar quente o suficiente para cozinhar materiais, cinzas cinzentas ou derreter cobre.

25.5.1.3 Alumínio. As carcaças de alumínio são comumente feitas de chapas formadas ou peças fundidas. Peças extrudadas podem ser encontradas no aparelho como guarnição ou suporte para outros componentes. O alumínio tem uma temperatura de fusão razoavelmente baixa de 660°C (1220°F) se puro; as ligas fundem a temperaturas ligeiramente mais baixas. A extensão dos danos na carcaça de alumínio pode indicar a gravidade do fogo ou da fonte de calor naquele ponto.*(Veja a figura 25.5.1.3 .)*

25.5.1.4 Outros Metais. Outros metais, como zinco ou latão, podem ser usados em caixas. Provavelmente seriam apenas peças decorativas ou suportes para outros componentes. O zinco derrete a uma temperatura relativamente baixa de 419°C (786°F) e quase sempre é encontrado como um pedaço de metal cinza. O latão é usado em muitos terminais elétricos. Os latões têm faixas de temperaturas de fusão na vizinhança de 950°C (1740°F). Os itens de latão são frequentemente encontrados parcialmente derretidos ou apenas distorcidos após um incêndio. Por ser uma liga, o latão amolece em uma faixa de temperaturas, em vez de derreter a uma temperatura específica.

25.5.1.5 Plástico. As caixas de plástico são cada vez mais utilizadas para uma vasta gama de aparelhos que não funcionam a altas temperaturas. A maioria dos plásticos é feita de carbono mais alguns outros elementos. Alguns plásticos derretem em baixas temperaturas e depois carbonizam e se decompõem em temperaturas mais altas. Outros não derretem, mas carbonizam e se decompõem em temperaturas mais altas.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 25.5.1.3 Derreter Danos ao Aparelho de Alumínio Invólucro.

Quase todos os plásticos podem formar carvão quando aquecidos e queimarão em incêndios existentes. Muitos tipos de plásticos continuarão a queimar sozinhos se forem incendiados. Outros plásticos não continuarão a queimar a partir de uma pequena fonte de ignição à temperatura ambiente devido às suas composições químicas ou devido à adição de retardadores de chama. Muitas carcaças de plástico de fabricação recente têm um retardador de fogo considerável adicionado e geralmente não continuarão a queimar a partir de uma pequena fonte de ignição. Cada aparelho em questão precisaria ser verificado quanto à facilidade de queima do plástico. Em alguns casos, essa verificação pode ser feita por pessoal qualificado se sobrar material suficiente ou se for possível obter um aparelho idêntico.

25.5.1.5.1 Após um breve incêndio, a carcaça de plástico de um aparelho pode estar derretida e parcialmente carbonizada. Se o padrão de danos mostrar que a fonte de calor estava no interior, é necessário um exame mais aprofundado dos restos. Os plásticos podem mostrar que o calor vinha de fora e que o interior é menos aquecido que o exterior. Se a carcaça de plástico tiver derretido até uma massa parcialmente carbonizada, as imagens de raios X podem revelar peças de metal e fios encapsulados. Quando um invólucro de plástico foi derretido e queimado principalmente pelo fogo externo, a parte inferior do aparelho ainda pode estar intacta ou uma placa de base de metal não aquecida.

25.5.1.5.2 Quando um incêndio é grave, todos os plásticos podem ser consumidos. O consumo total do plástico não indica por si só que o fogo começou no aparelho.

25.5.1.5.3 Os plásticos fenólicos são usados para certas peças que devem ter resistência ao calor, como alças de cafeteiras e caixas de disjuntores. Fenólicos não derretem e não queimam sozinhos. Eles podem ser consumidos em cinzas em um fogo sustentado. Quando um dispositivo que foi feito com um corpo fenólico moldado é aquecido moderadamente, a cinza cinzenta pode ser apenas uma camada fina do lado de fora. Cinzas cinzentas nas superfícies internas com pouca ou nenhuma cinza cinzenta no exterior podem indicar aquecimento interno.

25.5.1.5.4 Quando partes de um aparelho derretem e se solidificam como resultado de um incêndio, a direção do fluxo do material pode indicar a orientação do aparelho no momento em que o material do componente fundido esfriou.

25.5.1.6 Madeira.A madeira ainda tem uso ocasional em carcaças de eletrodomésticos. A madeira pode ser totalmente consumida em um incêndio ou pode apresentar um padrão de queima quando consumida apenas parcialmente. O padrão pode ajudar a mostrar se o fogo veio de dentro ou de fora do aparelho.

25.5.1.7 Vidro.O vidro é usado para tampas e portas transparentes em aparelhos. O vidro também pode ser usado em algumas decorações. O vidro racha facilmente quando aquecido de forma não uniforme e pode amolecer e ceder ou pingar. As temperaturas de chama são mais altas do que as temperaturas de amolecimento do vidro, de modo que o grau de amolecimento do vidro é mais uma função da duração e continuidade da exposição do que da temperatura do fogo.

25.5.1.8 Cerâmica. Cerâmicas podem ser usadas para algumas carcaças inovadoras e são usadas como suporte para alguns componentes elétricos. A cerâmica não derrete no fogo, mas um esmalte decorativo pode derreter.

25.5.2 Fontes de Energia. As fontes de energia para aparelhos comuns geralmente são a corrente alternada fornecida pelas empresas de energia. Existem algumas outras fontes que serão consideradas. Esta seção não incluirá tensões superiores a 240 ou energia trifásica. Para obter informações mais detalhadas sobre energia elétrica e dispositivos, consulte a Seção 9.1 a 9.11.7.

25.5.2.1 Cabos de alimentação. As empresas de energia nos Estados Unidos fornecem energia elétrica em 60 Hz e 120/240 V CA (geralmente chamada de 110/220 V). A maioria dos aparelhos são projetados para funcionar conectando-os a uma tomada de 120 V. Aparelhos que demandam mais potência, como fogões e aquecedores de água, operam em 240 V a partir do mesmo sistema elétrico da estrutura.

25.5.2.1.1 Os cabos elétricos que levam energia ao aparelho podem ser feitos de dois ou três condutores. Os condutores são trançados para fornecer boa flexibilidade. Alguns aparelhos com isolamento duplo e a maioria dos aparelhos fabricados antes de 1962 tinham apenas cabos de dois condutores. Aparelhos grandes mais novos geralmente têm cabos de três condutores com o terceiro condutor para aterramento como recurso de segurança. Os condutores torcidos dos cabos geralmente sobrevivem a incêndios, mas os restos geralmente serão fragilizados se o isolamento for queimado durante o incêndio. O manuseio descuidado de condutores trançados frágeis pode fazer com que eles se quebrem. Os cabos devem ser verificados quanto a danos por arco. Consulte o Capítulo 9 para obter informações sobre condutores elétricos e danos a eles.

25.5.2.1.2 Os plugues para conectar o cabo de alimentação à tomada têm designs um pouco diferentes, dependendo da amperagem do aparelho. Plugues feitos antes de 1987 para 20 A ou menos eram dois pinos retos da mesma largura. Os plugues mais novos têm o pino neutro mais largo que o pino “quente”. O plugue pode ter um terceiro pino para aterramento. Os plugues fabricados na fábrica têm os condutores presos aos pinos dentro de um corpo de plástico moldado. Esse corpo pode derreter ou ser totalmente queimado no fogo. Os condutores e pinos de latão geralmente sobrevivem a um incêndio, mas às vezes as peças de latão podem ser derretidas. Após um incêndio com apenas pequenas queimaduras perto do plugue, a face do plugue ficará quase sem aquecimento devido à proteção contra o receptáculo. Essa descoberta pode mostrar que o aparelho estava conectado. Além disso, mesmo após um incêndio mais severo,

25.5.2.1.3 Plugues para voltagens ou amperagens mais altas terão pinos maiores e posicionamento diferente.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

25.5.2.2 Tensões inferiores a 120. Muitos aparelhos que se conectam a uma tomada de parede na verdade operam em 6, 12 ou outras voltagens inferiores a 120 V. Normalmente, um transformador redutor é usado para produzir a voltagem mais baixa. O transformador geralmente fará parte do aparelho, mas às vezes é uma unidade separada que se conecta diretamente ao receptáculo e alimenta o aparelho com um cabo fino de dois fios. O curto-circuito da fiação em 6 V provavelmente não causará um incêndio, mas pode fazê-lo em circunstâncias em que a energia (ou seja, calor) possa ser concentrada em uma pequena área próxima a um material combustível.

25.5.2.3 Baterias. As baterias são usadas para uma ampla variedade de aplicações, incluindo estacionárias e portáteis aparelhos. Lá são dois tipos de baterias — primárias e secundárias. As baterias primárias são descarregadas uma vez e chegam ao fim da vida útil, enquanto as baterias secundárias podem ser descarregadas e recarregadas repetidamente. As baterias são produzidas em uma variedade de químicas, cada uma com suas vantagens e desvantagens. Algumas químicas de bateria são mais adequadas para determinadas aplicações do que outras. As baterias são produzidas em uma ampla variedade de designs e fatores de forma, por exemplo, as células da bateria podem ser interconectadas em combinações em série ou paralela para criar uma bateria, que é alojada em um gabinete que atua como uma única unidade. Dependendo da química e dos materiais usados na bateria, restos de baterias que estavam presentes em um aparelho podem ser encontrados após um incêndio. Eles podem estar muito danificados para indicar se forneceram energia para ignição. No entanto, o que eles estavam conectados poderia ser importante. Uma bateria pode fornecer energia suficiente para inflamar alguns materiais sob certas condições. No entanto, na maioria dos dispositivos alimentados por bateria, os circuitos e/ou mecanismos de segurança devem evitar que a energia da bateria seja concentrada o suficiente em um ponto de cada vez para atingir a ignição.

25.5.2.4 Proteção de Sobrecorrente.A proteção contra corrente excessiva e prejudicial é fornecida por fusíveis ou disjuntores em muitos aparelhos. Após um pequeno incêndio, os restos do dispositivo de proteção podem mostrar se funcionou. Após um incêndio grave, as partes metálicas do dispositivo de proteção podem mostrar pelo menos que ele estava presente.

25.5.2.4.1O elemento de fusão em um fusível pode ser um dos vários metais. Em todos os fusíveis, o elemento tem a seção transversal e a resistência elétrica adequadas para que a temperatura suba até o ponto de fusão se a corrente exceder um nível específico por um período de tempo especificado. Se o excesso de corrente for moderado (por exemplo, menos de duas vezes a classificação), o elemento fusível derreterá sem vaporizar. Se a corrente for muito alta, como em um curto-circuito, o elemento geralmente vaporizará parcialmente para dar um depósito opaco em uma janela ou tubo de vidro do fusível.*[Veja a figura 25.5.2.4.1 (a) através da Figura 25.5.2.4.1 (d).]*

25.5.2.4.2A maioria dos disjuntores opera termicamente ou magneticamente, dependendo do nível de sobrecorrente. Acima de um nível de corrente específico, uma tira bimetálica deflete o suficiente para permitir que uma mola separe os contatos. Com uma corrente alta instantânea, como em um curto-circuito, o campo magnético puxa o mecanismo para que os contatos se abram. Um disjuntor que está em um ambiente de incêndio pode disparar quando o mecanismo interno atinge a temperatura de ativação. Os disjuntores nos aparelhos têm um botão de reset.

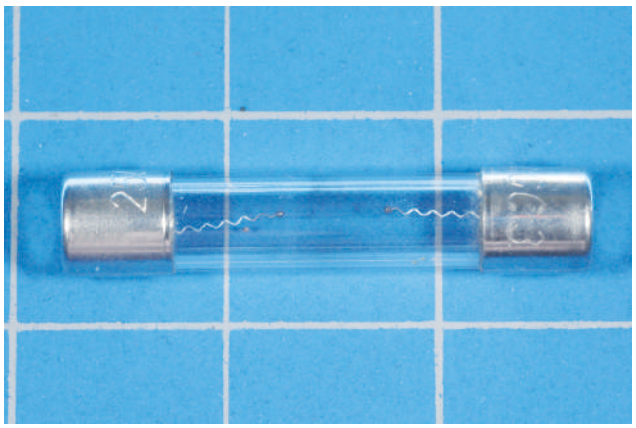


FIGURA 25.5.2.4.1(a) Vista de perto do elemento fusível Aberto de Sobrecorrente.

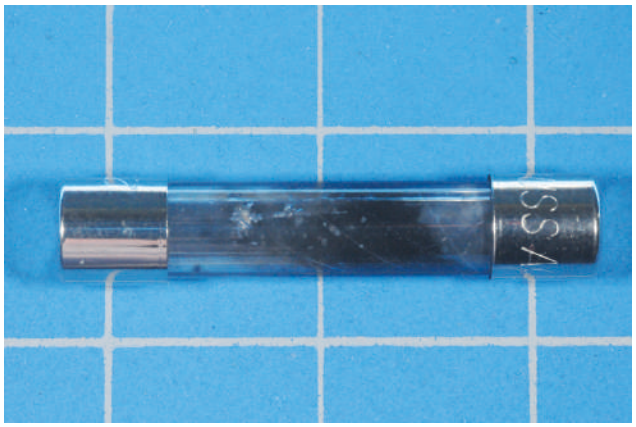


FIGURA 25.5.2.4.1(b) Vista de perto do fusível com fusível Elemento Aberto Após Curto-Circuito.

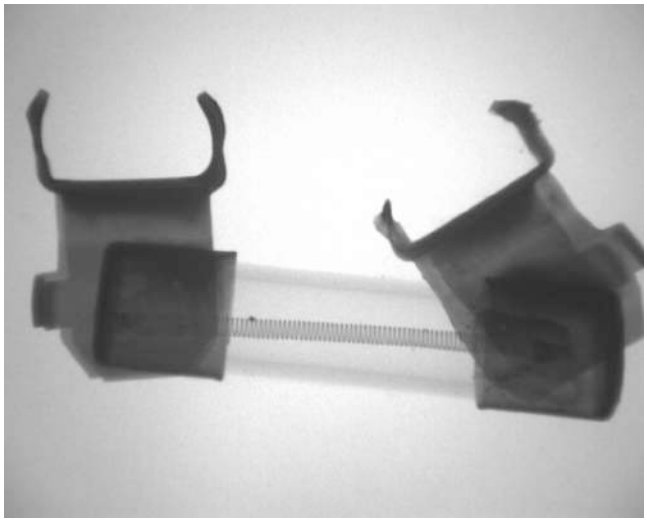


FIGURA 25.5.2.4.1(c) Raio-X do elemento fusível intacto.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

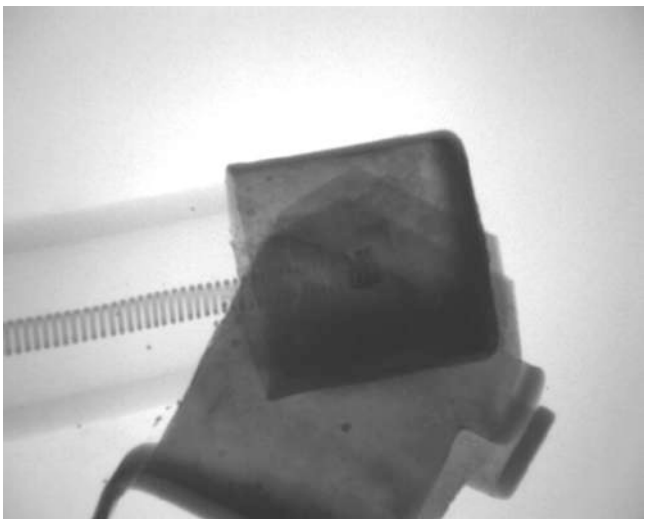


FIGURA 25.5.2.4.1(d) Raio-X do elemento fusível não mais Anexado à tampa de extremidade.

25.5.3 Interruptores. Os interruptores são usados para ligar ou desligar aparelhos e para alterar as condições de operação. Os switches são encontrados em uma ampla variedade de tamanhos, tipos e modos de operação. O exame dos interruptores após um incêndio pode determinar se o aparelho estava ligado ou desligado ou outros aspectos do seu funcionamento. Os restos de interruptores podem ser muito delicados. Além de anotar e documentar as posições dos botões, alavancas ou eixos ou verificar a continuidade elétrica no lugar, é recomendável que o investigador não abra, opere ou desmonte nenhum interruptor. Esse trabalho deve ser deixado para alguém com experiência técnica.

25.5.3.1 Chaves Manuais.

25.5.3.1.1 Muitos interruptores são projetados para serem operados pelo usuário. Estes incluem interruptores liga-desliga e aqueles para alterar funções, potência ou outros recursos do aparelho. O design dos interruptores pode incluir alavanca móvel (por exemplo, alavanca), botão de pressão, botão giratório ou botão deslizante. Eles têm partes metálicas que podem ser examinadas após um incêndio. Quando levemente danificado, o interruptor ainda pode testar eletricamente ligado ou desligado ou mostrar em que posição ele estava. Quando severamente danificado, os restos podem mostrar apenas se os contatos foram soldados. Os comutadores criarão um arco de separação quando forem abertos. Portanto, danos aparentes na superfície da chave podem ser normais.

25.5.3.1.2 Interruptores eletrônicos em muitos aparelhos podem ser muito danificados mesmo por pequenos incêndios para determinar sua posição pré-incêndio ou se eles estão com defeito. Exemplos desses interruptores incluem touch pads em fornos de micro-ondas e TVs com controle remoto.

25.5.3.2 Comutadores Automáticos. Muitos interruptores em aparelhos são automáticos e não se destinam a ser operados pelo usuário. Esses interruptores geralmente mantêm o aparelho operando dentro de seus parâmetros de projeto e evitam uma operação insegura. Esses tipos de interruptores podem ser operados por corrente elétrica, temperatura ou movimento.

25.5.3.2.1 Fusíveis e Disjuntores. Fusíveis e disjuntores são chaves automáticas que operam por sobrecorrente. Os disjuntores podem ser reiniciados, mas os fusíveis e os fusíveis precisam ser substituídos.

25.5.3.2.2 Interruptores de Temperatura. Os interruptores automáticos que funcionam por temperatura e se destinam a manter o aparelho funcionando dentro de certos limites de temperatura são chamados *termostatos*. Os interruptores automáticos que se destinam a evitar que o aparelho exceda determinados parâmetros são chamados *cortes*, *interruptores de limite*, ou *seguranças*.

25.5.3.2.2.1 Os interruptores que operam por temperatura podem ser baseados em metal em expansão, dobra bimetálica, pressão de fluido ou fusão. Estes interruptores são normalmente utilizados para evitar que um aparelho funcione fora de um intervalo fixo de temperaturas ou para evitar que ultrapasse uma temperatura definida (interruptores de corte). Eles normalmente têm peças de metal suficientes para serem reconhecíveis após um incêndio severo, embora possa não ser possível determinar se o interruptor estava funcionando no momento do incêndio.

25.5.3.2.2.2 Alguns interruptores usam metal em expansão, onde uma haste longa é posicionada na área quente. Se essa área ficar muito quente, a haste se expande e abre os contatos. Mais comum é o tipo bimetálico, onde dois metais diferentes são unidos em uma peça plana. Um metal se expande mais do que o outro com o aumento da temperatura, então, enquanto a temperatura aumenta, a peça se dobra. Esse movimento pode abrir contatos para desligar o aparelho. Esses interruptores são lentos, o que é mais provável de causar erosão ou soldagem dos contatos. Após um incêndio severo, o bimetal pode ser dobrado para fora da posição, o que é resultado do aquecimento do fogo e não indica um termostato defeituoso.

25.5.3.2.2.3 Um disco bimetálico opera em expansão diferencial, mas o disco se move de uma forma de prato em uma direção para um prato na outra direção. A borda do disco circular é fixa e, portanto, o centro se move para frente ou para trás em temperaturas específicas para abrir ou fechar os contatos.

25.5.3.2.2.4 Alguns interruptores operam pela expansão de um fluido em um bulbo que está localizado na área quente. A pressão desse fluido é passada para foles, muitas vezes de volta a um painel de controle, através de um tubo de metal, geralmente de cobre. O fole abre os contatos.

25.5.3.2.2.5 Esses vários interruptores mecânicos podem ser dispostos para abrir os contatos para desligar o aparelho ou para fechar os contatos para ligar outra coisa, como um ventilador de resfriamento, que contraria a alta temperatura. Interruptores de corte de alta temperatura podem estar presentes em um aparelho, mas eles não devem abrir o circuito, exceto quando a temperatura ficar muito alta no aparelho. Os contatos dos interruptores devem ser examinados por pessoas competentes. Se os contatos em cortes forem erodidos por arcos de abertura repetida, isso pode indicar que o aparelho estava operando em uma condição de superaquecimento por um tempo prolongado, o que pode indicar um defeito no aparelho.

25.5.3.2.2.6 Interruptores mecânicos podem falhar por sobrecargas, que superaquecem certas partes internas, ou por soldagem dos contatos. O último pode acontecer em correntes normais, pois os contatos de abertura e fechamento lentos passam a corrente sem estarem firmemente em contato. Conexões ruins internamente, como onde a fiação está conectada ou onde as peças de latão são rebitadas, podem causar aquecimento destrutivo e falha da chave. As faces dos contatos dos termostatos normalmente estarão um pouco desgastadas porque abrem e fecham com frequência. As faces dos contatos em dispositivos usados como cortes de segurança não devem ser significativamente perfuradas, pois os dispositivos não devem operar exceto quando houver superaquecimento.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

25.5.3.2.2.7 Os contatos de uma chave estão mais sujeitos a corrosão superficial, erosão e possivelmente soldagem quando abrem e fecham lentamente. Por essa razão, a maioria das chaves, especialmente para transportar correntes substanciais, são feitas para abrir ou fechar, o que pode ser feito com um disco bimetálico, uma mola plana ou um ímã. Quando contatos soldados são encontrados após um incêndio, esse fato por si só não prova que a falha do interruptor causou o incêndio. Danos causados pelo calor no aparelho podem ter causado um pico de corrente se ainda houver energia disponível. Os contatos eletricamente soldados terão formas normais, mas as faces ficarão grudadas. Se os contatos forem encontrados derretidos juntos em um único pedaço, é mais provável que a causa seja a exposição severa ao fogo. Os contatos são feitos de metais que possuem temperaturas de fusão menores que a do cobre,

25.5.3.2.2.8 Existem alguns dispositivos de corte que operam por fusão interna de um material, o que permite que uma mola empurre os contatos abertos. Estes são dispositivos de uso único que devem ser substituídos se funcionarem, embora às vezes sejam deliberadamente ignorados, permitindo que o aparelho funcione sem proteção. O aparelho deve ser verificado para verificar a presença de tal dispositivo, e o dispositivo deve ser verificado quanto a sinais de adulteração ou histórico de substituição anterior.

25.5.3.2.2.9 Muitos aparelhos possuem interruptores que operam a partir do movimento de alguma parte do aparelho. Os fins de curso em aparelhos com peças móveis destinam-se a evitar que a peça se desloque demasiado. Fornos de ar forçado podem ter um interruptor que opera pelo fluxo de ar empurrando uma palheta para permitir que o forno continue. Os principais aparelhos geralmente têm interruptores de porta, seja para desligar o aparelho quando a porta é aberta ou para acender uma luz. Motores em aparelhos principais geralmente podem ter uma chave centrífuga para desengatar o enrolamento de partida à medida que o motor atinge a velocidade. Esses interruptores também podem controlar um circuito de aquecimento para não permitir o aquecimento a menos que o motor esteja funcionando. Tal como acontece com todos os interruptores que operam a partir de alguma ação mecânica,

25.5.3.2.2.10 Muitos aquecedores elétricos portáteis têm um interruptor basculante que geralmente é embutido no termostato. O interruptor tem um braço com peso que pende para baixo e abre os contatos se o aparelho estiver inclinado para que o braço não fique em sua posição normal.

25.5.4 Solenóides e Relés. Solenóides e relés são usados em aparelhos para controlar um circuito de alta potência com um de menor potência e muitas vezes de baixa tensão. A ativação do circuito de baixa potência energiza uma bobina ou um eletroímã que faz com que um eixo ou alavanca de ferro se mova. Esse movimento abre ou fecha o circuito de alta potência. Restos de solenóides ou relés normalmente permanecem após um incêndio. Danos graves podem tornar impossível determinar se eles estavam operacionais ou em que posição estavam no momento do incêndio. Os contactos devem ser examinados para verificar se ficaram colados durante o incêndio.

25.5.5 Transformadores. Os transformadores são usados para reduzir as tensões dos 120 V normais e para isolar o resto do aparelho do circuito de alimentação. Alguns transformadores são energizados sempre que o aparelho é conectado, de modo que os enrolamentos primários estão sempre sendo aquecidos por uma certa quantidade de corrente. Em outros aparelhos, o transformador não é energizado até que o interruptor seja ligado. O aparelho foi projetado para manter o aquecimento do transformador no mínimo sob cargas elétricas normais. No entanto, com uma utilização prolongada e se a ventilação do aparelho for limitada, a temperatura pode aumentar e deteriorar os enrolamentos. À medida que os enrolamentos começam a entrar em curto entre si, a impedância cai e mais corrente flui, causando maior aquecimento. Mais fluxos de corrente também podem levar a um aquecimento severo antes que os enrolamentos falhem ao derreter o fio ou criem uma falha de aterramento que poderia abrir a proteção do circuito. Em alguns casos, o isolamento aquecido ou outros combustíveis no transformador podem ser inflamados antes que o aquecimento elétrico pare.

25.5.5.1 Os transformadores de aparelhos geralmente são feitos de núcleos de aço e enrolamentos de cobre, os quais sobreviverão a incêndios mesmo quando severamente aquecidos. O exame de um transformador de um aparelho queimado pode mostrar que os enrolamentos internos são menos aquecidos e podem até ser de cor cobre brilhante. Essa constatação mostra que o aquecimento foi externo e não do próprio transformador. Um transformador de um aparelho severamente queimado pode ter os enrolamentos cozidos até onde eles têm a aparência de cobre oxidado, sem isolamento sobrevivente até o núcleo. Os restos dos enrolamentos estariam um pouco soltos no núcleo. Isso pode acontecer a partir de uma longa exposição em qualquer incêndio e não prova que os enrolamentos superaqueceram e causaram o incêndio. O superaquecimento dos enrolamentos pode ser determinado quando há um padrão claro de aquecimento interno, arco volta a espira, e um padrão de fogo viaja dessa fonte. É possível que um transformador superaqueça mesmo quando protegido por um fusível, porque o fusível deve ter uma classificação elétrica suficiente para transportar as correntes de operação mais um fator de segurança.

25.5.5.2 Alguns transformadores podem ser totalmente envoltos em aço e provavelmente não seriam capazes de inflamar os combustíveis adjacentes antes de serem desligados por proteção ou falha interna. Outros transformadores são abertos e muitas vezes possuem papel e plástico, que podem ser incendiados, em sua construção.

25.5.6 Motores. Motores são comuns em aparelhos para fornecer ação mecânica. Geralmente variam de1/3HP para1/4motores hp em máquinas de lavar ou outros aparelhos grandes para motores minúsculos em pequenos dispositivos. Os motores mais comuns são projetados para operar em determinadas velocidades. Se o rotor for parado enquanto o motor ainda estiver energizado, a impedância cai e o fluxo de corrente aumenta. Isso pode fazer com que os enrolamentos do motor fiquem quentes o suficiente para inflamar o isolamento e quaisquer plásticos que façam parte da construção.

25.5.6.1 Os motores geralmente têm proteção incorporada que se destina a interromper a corrente se a temperatura ficar muito alta para uma operação segura. Essa proteção pode ser na forma de um elo fusível, um corte térmico de ação simples (TCO), um protetor térmico com rearme automático ou um protetor térmico com rearme manual. Alguns motores possuem um protetor térmico reajustável e um TCO de ação simples. Um motor suspeito e qualquer dispositivo de proteção devem ser examinados por pessoal competente antes de decidir se o motor causou o incêndio.

25.5.6.2 Os enrolamentos dos motores podem ser examinados para descobrir se eles estão relativamente não aquecidos por dentro, o que indicaria que o aquecimento veio de fora. Se os enrolamentos estiverem completamente cozidos, com fios oxidados por toda parte, mas os materiais ao redor do motor não estiverem tão completamente aquecidos, isso indica que os enrolamentos superaqueceram. Se houver muito fogo ao redor do motor, é provável que os enrolamentos estejam completamente queimados, quer o fogo tenha começado no motor ou não.

25.5.6.3 Pequenos motores que acionam ventiladores ou outros dispositivos geralmente não são fontes de ignição. Eles não têm torque suficiente para gerar muito calor por atrito. Alguns motores pequenos estão envoltos em caixas de metal, tornando improvável a ignição por aquecimento interno. Motores de pólos sombreados são frequentemente de construção aberta.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

podem inflamar os combustíveis que estão em contato com eles se os enrolamentos ficarem quentes o suficiente.

25.5.7 Elementos de Aquecimento. Pode-se esperar que os elementos de aquecimento fiquem quentes o suficiente para inflamar os combustíveis se os combustíveis estiverem em contato com o elemento. O design e a construção do aparelho geralmente mantêm os combustíveis afastados do elemento. Uma exceção é em aparelhos de cozinha, onde o elemento quente é exposto para uso. Os elementos podem ser revestidos, como os encontrados em fornos e fogões, ou podem ser fios abertos que podem ficar quentes durante o uso. Os elementos de aquecimento abertos são geralmente fios ou fitas feitos de uma liga de níquel-cromo-ferro. Aqueles que são projetados para operar em temperaturas incandescentes obterão uma camada de óxido de superfície cinza opaca. Em alguns aparelhos, um ventilador remove o calor do elemento com rapidez suficiente para evitar que ele brilhe. Esses elementos de aquecimento podem manter suas superfícies brilhantes e brilhantes após muito uso.

25.5.7.1 Quando um elemento de arame queima, as extremidades na ruptura podem ficar penduradas. Uma extremidade pode entrar em contato com o metal aterrado do aparelho e formar um novo circuito. Dependendo de quanta resistência foi deixada no segmento do elemento, a falha de aterramento do contato pode permitir que o aparelho continue a funcionar, superaqueça ou abra a proteção.

25.5.7.2 Os elementos revestidos consistem em um fio de resistência cercado por um isolante (por exemplo, óxido de magnésio) e envolto em uma bainha metálica. A bainha geralmente é feita de aço, mas muitos rodapés ou outros aquecedores de ambiente têm bainhas feitas de alumínio. O derretimento de uma bainha de alumínio é mais provável de ser resultado de fogo externo do que de aquecimento interno; no entanto, se a fusão e o aquecimento da bainha, ventiladores de resfriamento ou materiais adjacentes mostrarem um padrão claro de saída do elemento, isso é uma boa evidência de que o elemento superaqueceu. O elemento pode ser testado quanto à continuidade elétrica e resistência. Um elemento queimado pode indicar superaquecimento ou pode ser simplesmente idade avançada. Os raios X podem auxiliar no diagnóstico da condição interna do elemento.

25.5.7.3 Alguns aquecedores elétricos falharam por falha de aterramento entre o elemento e a bainha através do isolamento, deixando erupções características de metal derretido em vários pontos ao longo da bainha. Embora os aquecedores sejam normalmente projetados para que nenhum material combustível seja facilmente inflamado pelo elemento, os respingos de tal arco podem inflamar combustíveis próximos se os respingos passarem pela grade de proteção.

25.5.8 Iluminação. A iluminação é usada em muitos aparelhos para iluminar mostradores, áreas de trabalho ou cavidades internas. As luzes são normalmente de baixa potência e provavelmente não serão capazes de acender qualquer coisa normalmente dentro ou sobre o aparelho. A maior parte da iluminação será incandescente, mas luzes fluorescentes podem ser usadas para iluminar os espaços de trabalho no aparelho. As lâmpadas fluorescentes têm balastros (essencialmente um transformador) que podem sobreaquecer. No entanto, exceto os antigos, eles têm proteção térmica e geralmente ficam embutidos no aparelho, onde não é provável que incendeiem nada. Os tubos das lâmpadas fluorescentes normalmente não aquecem o suficiente para inflamar os combustíveis adjacentes, mas algumas lâmpadas incandescentes podem ficar quentes o suficiente para inflamar os combustíveis que tocam.

25.5.8.1 Sistemas de Iluminação Fluorescente. Os sistemas de iluminação fluorescente utilizam um ou mais tubos de vidro preenchidos com gás auxiliar ou de partida e mercúrio a baixa pressão. Uma descarga elétrica é criada ao longo do tubo de vidro. O gás mercúrio é excitado, liberando luz UV, que é convertida em luz visível por um revestimento no interior da lâmpada conhecido como fósforo ou pó fluorescente.

25.5.8.1.1 Os sistemas de iluminação fluorescente podem ser divididos em dois grupos. O primeiro grupo contém sistemas onde as lâmpadas possuem filamentos aquecidos em suas extremidades. Este grupo é composto pelos sistemas de pré-aquecimento e partida rápida. O segundo grupo é composto pelo sistema de partida instantânea onde a descarga é criada pela aplicação de tensões mais altas na lâmpada sem filamentos aquecidos separadamente.

25.5.8.1.2 As lâmpadas fluorescentes requerem um reator para operação. O lastro desempenha pelo menos duas funções. A primeira função é gerar tensão suficiente para fazer com que a descarga elétrica progrida pela lâmpada através do gás auxiliar e do vapor de mercúrio. A segunda função é limitar a corrente que flui através da lâmpada para evitar que a lâmpada queime imediatamente.

25.5.8.1.3 Existem dois tipos principais de reatores fluorescentes, o reator magnético e o reator eletrônico. Os reatores magnéticos normalmente incorporam um reator ou um transformador, geralmente com um ou mais capacitores. Desde 1968, quase todos os reatores fluorescentes instalados em novas luminárias foram obrigados a incorporar proteção contra superaquecimento. Esses reatores foram identificados como sendo reatores de classe P. Os balastros de substituição para balastros não Classe P não eram obrigados a ser Classe P até 1984. A maioria dos balastros magnéticos Classe P incorpora um protector térmico auto-reinicializável junto ao transformador. Alguns reatores fabricados antes de 1984 incorporaram um protetor térmico de operação única de disparo único neles. A maioria dos reatores magnéticos fluorescentes tem um código de data exclusivo para cada fabricante estampado no metal de sua caixa.

25.5.8.1.4 Os reatores eletrônicos geralmente usam uma placa de circuito impresso com componentes eletrônicos e componentes magnéticos menores para operar as lâmpadas fluorescentes em frequências mais altas, a fim de fornecer maior eficiência. Alguns reatores eletrônicos incorporam protetores térmicos de rearme, enquanto outros incorporam fusíveis para proteção.

25.5.8.1.5 Os reatores fluorescentes magnéticos e eletrônicos geralmente são preenchidos com um composto de envasamento à base de asfalto para fornecer melhor transferência de calor, reduzir o ruído e manter as peças internas no lugar. O composto de envasamento pode amolecer e fluir para fora do lastro como resultado do aquecimento interno ou do calor externo de um incêndio. A descoberta após um incêndio de evidência de que o composto de envasamento fluiu para fora do compartimento de lastro não é prova de que um lastro teve uma falha ou superaquecimento pré-fogo. Os reatores são geralmente incluídos em um corpo de aço da luminária. Qualquer composto de envasamento que saia do lastro devido ao aquecimento interno provavelmente ficará preso no gabinete do acessório. O composto de envasamento que escorrer do acessório não inflamará outros materiais, a menos que o composto de envasamento já esteja queimando.

25.5.8.1.6 Algumas falhas de balastros fluorescentes que produzem fogo incluem penetrações de arco em materiais de teto combustíveis e superaquecimento extremo da bobina conduzindo calor para combustíveis adjacentes. Os balastros fluorescentes não devem ser desmontados no local do incêndio. Os reatores suspeitos devem ser preservados juntamente com seus acessórios e fiação para exame laboratorial por especialistas qualificados. Comumente, os reatores são radiografados antes de sua desmontagem. As luminárias fluorescentes também devem ser examinadas quanto a evidências de falhas no porta-lâmpada e arcos dentro do gabinete da luminária.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

25.5.8.2* Sistemas de Iluminação de Descarga de Alta Intensidade. Os sistemas de iluminação de descarga de alta intensidade (HID) são fontes de iluminação que utilizam uma lâmpada que possui um tubo curto preenchido com vários vapores metálicos. Uma descarga elétrica é criada ao longo do tubo, excitando os átomos do vapor metálico, criando assim luz. As lâmpadas de descarga de alta intensidade funcionam a pressões mais elevadas do que as lâmpadas fluorescentes. Os sistemas de iluminação de descarga de alta intensidade incluem vapor de mercúrio, iodetos metálicos e sistemas de sódio de alta pressão. Os sistemas de iluminação de descarga de alta intensidade são normalmente utilizados em estruturas comerciais, como armazéns, áreas de fabricação e ocupações de varejo.

25.5.8.2.1 Os sistemas de iluminação de descarga de alta intensidade normalmente utilizam um reator e um capacitor de energia para fornecer a tensão de partida à lâmpada e limitar a corrente que flui através da lâmpada. Esses reatores podem ser do tipo magnético ou do tipo eletrônico. O tipo magnético de lastro normalmente não é cercado por composto de envasamento. Alguns reatores de iluminação de descarga de alta intensidade são protegidos por fusíveis ou protetores térmicos. A maioria dos reatores de descarga de alta intensidade são montados dentro de um gabinete de fixação acima do suporte da lâmpada e do conjunto refletor.

25.5.8.2.2 Os reatores do sistema de iluminação de descarga de alta intensidade podem falhar, resultando em falhas de arco envolvendo os enrolamentos do lastro. Certos acessórios têm vazios e aberturas suficientes para permitir que gotículas de metal ou faíscas das falhas de arco escapem do alojamento do acessório.

25.5.8.2.3 A maioria das lâmpadas de mercúrio e de iodetos metálicos usa um cilindro de sílica/quartzo fundido com eletrodos em cada extremidade. Este cilindro é chamado de tubo de arco. Quando à temperatura ambiente, este tubo está tipicamente abaixo da pressão atmosférica. Este tubo de arco é suportado em uma moldura dentro de um invólucro ou revestimento externo de vidro. As lâmpadas são marcadas com um código de data que reflete sua data de fabricação. Os códigos de data são exclusivos para cada fabricante. Durante a operação normal, o tubo de arco em uma lâmpada de iodetos metálicos pode atingir temperaturas na faixa de 900°C a 1100°C (1652°F a 2012°F) e pressões internas de 5 a 30 atmosferas. Os tubos de arco de vapor de mercúrio podem operar na faixa de 600°C a 800°C (1112°F a 1472°F) e pressões de cerca de 3 a 5 atmosferas. As lâmpadas de sódio de alta pressão operam em pressões mais baixas, normalmente próximas a 1 atmosfera.

25.5.8.2.4 Sob certas condições, incluindo a operação da lâmpada além da vida útil nominal ou durante certas falhas de lastro, o tubo de arco de uma lâmpada de iodetos metálicos pode falhar durante a operação enquanto estiver na temperatura e pressão de operação. Pedaços ou partículas quentes do tubo de arco podem romper o revestimento de vidro externo e escapar da lâmpada. Algumas luminárias de iodetos metálicos têm lentes ou escudos projetados para conter quaisquer peças ou partículas que escapem. As lâmpadas de iodetos metálicos estão disponíveis com proteções internas projetadas para impedir que as peças fraturadas do tubo de arco violem o revestimento de vidro externo. As rupturas do tubo de arco de lâmpadas de vapor de mercúrio são conhecidas por ocorrer.

25.5.8.2.5 A investigação de uma luminária suspeita de descarga de alta intensidade requer a avaliação do fornecimento elétrico, fiação, lastro, capacitores, lâmpada e qualquer lente presente da luminária. Os acessórios não devem ser desmontados no local do incêndio, mas cuidadosamente preservados para exame laboratorial. A avaliação de uma lâmpada de iodetos metálicos ou de vapor de mercúrio requer que se encontre o máximo possível dos restos da lâmpada. Todas as peças do tubo de arco devem ser preservadas e protegidas de qualquer dano ou desgaste adicional. As bordas do invólucro de vidro e os restos do tubo de arco não devem ser manuseados, perturbados ou limpos antes do exame laboratorial. O quadro da lâmpada as peças e a base da lâmpada também devem ser coletadas e cuidadosamente preservadas. Uma vez que o tubo de arco de quartzo pode ser fraturado mecanicamente pelo colapso do edifício, combate a incêndios e revisão geral, a presença de um tubo de arco fraturado por si só não é prova de que uma ruptura do tubo de arco ocorreu antes da ignição do incêndio. Muitas vezes é útil obter lâmpadas e luminárias exemplares adicionais da cena para fins de comparação e para obter o histórico de operação das lâmpadas.

25.5.9 Componentes Diversos. Existem diversos dispositivos, como dimmers e controladores de velocidade, que podem ser encontrados como componentes de aparelhos. Geralmente, muitos desses dispositivos são agora dispositivos de estado sólido, totalmente eletrônicos. Aparelhos mais antigos podem conter dispositivos não eletrônicos, como reostatos ou resistores de fio. Os componentes eletrônicos geralmente são destruídos pelo fogo, a menos que o fogo tenha sido breve. Na maioria dos casos, os restos de dimmers ou outros dispositivos eletrônicos que usam placas de circuito impresso não serão úteis para encontrar a causa devido à sua suscetibilidade a danos por incêndio.

25.5.9.1 Os temporizadores podem ser incorporados ou usados como dispositivos separados. Eles são acionados por pequenos motores de relógio com acionamento mecânico de chaves. Restos de quaisquer temporizadores que estavam presentes geralmente podem ser encontrados após um incêndio, mas eles podem estar seriamente danificados. Pequenos motores temporizadores duram muito tempo e não superaquecem para causar um incêndio. A falha dos temporizadores geralmente é causada pelo desgaste ou perda de dentes das engrenagens. Temporizadores eletrônicos podem não deixar restos reconhecíveis após serem aquecidos pelo fogo.

25.5.9.2 Os termopares são usados para medir diferenças de temperatura. Eles funcionam criando uma tensão em uma junção de metais diferentes, que é comparada ao resto do circuito ou a uma junção de referência. As temperaturas podem ser lidas em medidores ou em dispositivos digitais.

25.5.9.3 Uma termopilha é uma série de termopares dispostos de modo que as tensões nas séries de junções se somam a uma tensão grande o suficiente para operar um eletroímã. As termopilhas têm sido usadas em aparelhos a gás para manter uma válvula aberta quando a chama piloto está queimando, mas para deixar a válvula fechar se a chama piloto estiver apagada. Aparelhos a gás mais novos usam ignitores elétricos em vez de pilotos em pé.

25.6 Aparelhos Residenciais Comuns. Uma breve descrição da operação e dos componentes de aparelhos residenciais comuns é fornecida para ajudar o investigador a entender como esses aparelhos funcionam.

25.6.1 Fogão ou Forno. O calor é fornecido pela eletricidade que passa por bobinas de aquecimento por resistência ou pela queima de gás natural ou propano. No forno, a temperatura interior é controlada por um termostato e uma válvula ou liga o combustível ou a fonte de alimentação. No fogão a gás, o caudal de combustível e a intensidade do calor são normalmente controlados com a válvula de alimentação de combustível do queimador. Uma faixa elétrica normalmente utiliza um dispositivo de temporização que controla o tempo de ciclagem do elemento de aquecimento. Este dispositivo é ajustado manualmente para que uma configuração alta resulte no ciclo mais longo (possivelmente contínuo). A ignição do gás combustível em um fogão ou forno a gás pode ser por uma chama piloto permanente ou por um dispositivo elétrico que produz um arco para ignição.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

25.6.2 Cafeteiras.O design da cafeteira popular para uso doméstico consiste em um reservatório de água, tubo de aquecimento, jarra e carcaça. Quando iniciado, o tubo de aquecimento ferve a água que flui através dele do reservatório. Essa fervura força a água quente para a área onde o café moído é mantido em um filtro e o café pinga na jarra. A jarra em muitos designs fica em uma placa de aquecimento. A placa de aquecimento é geralmente aquecida pelo mesmo aquecedor de resistência que aquece o tubo de aquecimento. O aquecedor de resistência é controlado por um termostato que o desliga quando atinge o limite superior do termostato. O aquecedor irá ligar assim que esfriar até um ponto determinado pelo termostato. Para evitar o superaquecimento do aquecedor, um TCO pode ser empregado. Se a temperatura máxima do TCO for atingida, ele é projetado para abrir o circuito do aquecedor e evitar mais aquecimento. Alguns designs de cafeteiras podem incluir vários TCOs, circuitos de temporização automáticos que desligam a cafeteira após um período fixo ou um relógio ou modo de preparo automático que liga a cafeteira em um horário predefinido. O(s) TCO(s) deve(m) ser verificado(s) para determinar se foi ignorado.

25.6.3 Torradeira.A torradeira usa resistências elétricas para aquecer ou torrar alimentos. É um aparelho relativamente simples que utiliza um sensor ajustável para controlar o tempo. Ao empurrar uma alavanca para baixo, a comida é abaixada em uma bandeja na torradeira e os aquecedores são ligados. O sensor geralmente é uma tira bimetálica que pode detectar a temperatura na torradeira, mas mais comumente o bimetal tem seu próprio aquecedor e é quase independente da temperatura na torradeira. Na conclusão do ciclo de aquecimento, uma trava mecânica libera parcialmente a bandeja e desliga o aquecedor bimetálico. À medida que o bimetal esfria, uma segunda trava libera totalmente a bandeja, que então levanta os alimentos. Alguns projetos mais recentes usam um temporizador eletrônico que controla uma trava eletromagnética.

25.6.4 Abridor de Latas Elétrico.O abridor de latas elétrico usa um motor elétrico para girar uma lata sob uma roda de corte para abrir a lata. Geralmente eles só funcionam quando uma alavanca é pressionada manualmente. Isso assenta e mantém a roda de corte no lugar e fecha o interruptor de alimentação do motor. O motor elétrico pode ou não ser protegido contra superaquecimento por um interruptor de corte térmico.

Δ **25.6.5 Frigorífico.**O refrigerador e o freezer comuns utilizam um ciclo de refrigeração e sistema de ventilação para manter os compartimentos internos em temperaturas adequadas. O sistema de refrigeração consiste em um evaporador (ou seja, trocador de calor no compartimento), um condensador (ou seja, trocador de calor fora do compartimento), um compressor, um meio de troca de calor (tipicamente um fluorocarbono) e tubulação para conectar esses componentes. - entes. O ar quente de dentro do gabinete é usado para evaporar o meio de troca de calor; o vapor do refrigerante se move para o compressor onde é comprimido e condensado de volta a um líquido no condensador. Quando o refrigerante condensa, ele libera o calor que pegou no gabinete. Como resultado, o ar ao redor do evaporador é resfriado e o ar ao redor do condensador é aquecido. O ar frio circula dentro do refrigerador, e o ar quente dissipa-se na divisão onde se encontra o aparelho. Este ciclo de resfriamento é controlado por um dispositivo de temporização que regula a duração dos ciclos, ou pode ter um dispositivo termostato que controla o ciclo.

25.6.5.1O compressor é normalmente alimentado por um motor elétrico que geralmente é protegido com um corte térmico. O compressor geralmente está localizado em um recipiente selado, o que pode impedir que um compressor superaquecido acenda os combustíveis próximos, pois atua como um dissipador de calor. Sistemas adicionais em uma geladeira incluem iluminação, máquina de fazer gelo, dispensador de gelo e água e um ventilador para o condensador e possivelmente um para o evaporador.

25.6.5.2O refrigerador também pode ter serpentinas de aquecimento em várias áreas para descongelamento automático e para evitar a condensação de água nas superfícies externas. Os descongeladores automáticos foram concebidos para funcionar em intervalos regulares para evitar a acumulação de gelo nas superfícies internas, especialmente no interior do congelador.

25.6.5.3 Os aquecedores antisuor (condensação externa) estão localizados sob as faces externas e funcionam em intervalos regulares para evitar condensação. Alguns modelos permitem que esse recurso seja desativado para economizar energia. Em ambos os casos, esses aquecedores são normalmente aquecedores de resistência elétrica de baixa potência.

25.6.6 Lava-louças. Uma máquina de lavar louça usa uma bomba para pulverizar e distribuir água quente e sabão nos pratos. Um aquecedor elétrico de resistência está normalmente localizado na parte inferior da unidade, onde aquece ainda mais a água que está sendo usada. Terminada a lavagem e o enxaguamento, a água é drenada e a loiça é seca pelo aquecedor de resistência, que é exposto ao ar após a drenagem da água. Alguns modelos permitem que o aquecedor elétrico seja desativado durante o ciclo de secagem para economizar energia. Outros dispositivos no aparelho incluem válvulas operadas eletricamente e um controle de temporizador para regular os vários ciclos. O motor da eletrobomba pode ou não ser protegido termicamente. Algumas máquinas de lavar louça causaram incêndios por falhas elétricas nos controles do botão de pressão que, em seguida, acenderam a carcaça de plástico.

25.6.7 Forno de Microondas. Um forno de micro-ondas utiliza um dispositivo conhecido como magnetron para gerar e direcionar as ondas de rádio (ou seja, micro-ondas) para dentro do gabinete. A frequência dessas ondas de rádio faz com que os itens colocados no forno aqueçam. Para fornecer uma distribuição uniforme dessas ondas, um dispositivo é usado para espalhá-las dentro do recinto, e uma bandeja de alimentos na parte inferior pode ser girada. O forno micro-ondas também terá circuitos de temporização e controle, transformador e iluminação interna. O transformador é usado para produzir a alta tensão exigida pelo magnetron. O magnetron geralmente será fornecido com um interruptor TCO. Pode haver TCOs acima do compartimento do forno para remover a energia em caso de incêndio no forno.

25.6.8 Aquecedor de ambiente portátil. Os aquecedores de ambiente portáteis para uso residencial têm muitos designs, mas geralmente são divididos em dois grupos: convectivos e radiantes. Alguns aquecedores convectivos usam um ventilador para forçar o ar ambiente a passar por uma superfície ou elemento quente, enquanto outros usam convecção natural. Um aquecedor de convecção natural ou radiante não possui ventilador. Uma discussão completa dos muitos projetos de aquecedores não é apropriada aqui, mas o investigador deve se familiarizar com o projeto específico em questão. A familiarização pode ser alcançada revisando os manuais de operação e desenhos de projeto e examinando um aquecedor exemplar. Esses aquecedores empregam uma variedade de métodos e dispositivos de controle. Geralmente, esses dispositivos estão presentes para controlar o aquecedor, evitar superaquecimento ou desligar o aquecedor se estiver deslocado de sua posição normal.

25.6.9 Cobertor Elétrico. Um cobertor elétrico consiste em um elemento de aquecimento elétrico dentro de um cobertor. Os controles geralmente estão localizados separados do cobertor, no cabo de alimentação. O controle é normalmente ajustado manualmente para controlar o tempo de ciclo liga-desliga. Em um ou mais locais próximos aos elementos de aquecimento dentro do cobertor estão localizados os TCOs para evitar o superaquecimento do aparelho, podendo haver até 12 ou 15 deles, dependendo do aparelho. Um cobertor elétrico é projetado

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

para não superaquecer quando espalhar plana. Se for amassado ou dobrado, o calor pode se acumular no cobertor e deixá-lo quente o suficiente para queimar e inflamar. Normalmente, os cortes evitam o superaquecimento.

25.6.10 Unidade de Ar Condicionado de Janela. Uma unidade de ar condicionado de janela foi concebida para ser colocada na janela de uma residência para arrefecer a divisão. A unidade faz isso por meio de um ciclo de refrigeração muito semelhante ao utilizado pelos refrigeradores.*(Ver 25.6.5.)*O ar da sala circula pela unidade, passando o evaporador, que resfria o ar, e então é descarregado para a sala. Um ventilador alimentado por um motor elétrico faz o trabalho de circular o ar. O motor do ventilador geralmente é protegido contra superaquecimento por um TCO. Essas unidades possuem controles para selecionar a velocidade do ventilador, capacidade de resfriamento e temperatura. Essas unidades são alimentadas por um circuito nominal de 120 V, ou unidades maiores podem exigir serviço nominal de 240 V.

25.6.11 Secador de cabelo e modelador de cabelo.

25.6.11.1 Secadores de cabelo residenciais típicos usam um ventilador de alta velocidade para direcionar o ar através de uma bobina de aquecimento de resistência elétrica. Os controles são normalmente limitados a ligado ou desligado. Algumas unidades podem ter mais de uma potência do aquecedor (potência) e configurações de velocidade do ventilador. Um ou mais interruptores de TCO reajustáveis são normalmente fornecidos perto dos aquecedores para evitar o superaquecimento.

25.6.11.2 Os modeladores de cabelo ou varinhas de ondulação de cabelo usam um aquecedor de resistência elétrica dentro da varinha, em torno do qual o cabelo é enrolado para enrolar. Alguns modelos permitem a adição de água a um compartimento que pode ser utilizado para gerar vapor. Os controles típicos incluem um interruptor liga-desliga e uma configuração de energia. A maioria dos modelos inclui uma luz para indicar que a unidade está funcionando. Normalmente, essas unidades têm um ou mais TCOs próximos ao elemento de aquecimento, que podem ou não ser reajustáveis.

25.6.12 Ferro de passar roupa. Um ferro de passar roupa moderno usa um aquecedor de resistência elétrica, localizado próximo à superfície de engomar, para aquecer essa superfície. Muitos modelos requerem a adição de água, que é utilizada para distribuir o calor e produzir vapor. Os controles em ferros típicos variam de um simples seletor de temperatura e um interruptor liga-desliga a unidades controladas eletronicamente que se desligam. Os ferros são projetados para aquecer tanto na posição vertical quanto na horizontal. A maioria dos ferros são fornecidos com um ou mais TCO para evitar superaquecimento.

25.6.13 Secador de roupas.

25.6.13.1 Todas as secadoras de roupas usam eletricidade para girar o tambor de roupas e fazer circular o ar com um soprador. A energia para a fonte de calor pode ser pela combustão de um gás combustível ou por eletricidade. Todos os secadores elétricos são alimentados por uma fonte nominal de 120 V ou 240 V. A roupa é seca girando-a em um tambor, através do qual circula ar aquecido. O ar é descarregado da secadora através de um duto que normalmente é direcionado para o exterior da casa. A maioria das secadoras tem filtros para prender os fiapos, que podem se acumular na secadora. No entanto, se o sifão estiver entupido ou não funcionar ou se o material que está sendo seco liberar uma grande quantidade de fiapos, esse material pode se acumular em outras áreas do secador e em sua ventilação, o que pode representar um risco de incêndio. Pode ocorrer aquecimento por fricção suficiente para causar ignição se uma peça de roupa ou outro material ficar preso entre o tambor rotativo e uma peça fixa. Incêndios foram relatados em secadoras quando panos embebidos em óleo vegetal ou materiais plásticos, como sacolas leves de limpeza a seco, foram colocados na secadora.

25.6.13.2 Secadores típicos têm controles de tempo, sensores de umidade, seletores de fonte de calor e seletores de intensidade para controlar a operação do secador. Cortes térmicos são fornecidos para evitar o superaquecimento do secador e componentes como o motor do ventilador e elementos de aquecimento.

25.6.14 Eletrônicos de Consumo. Eletrônicos de consumo incluem aparelhos como televisores, videocassetes, rádios, CD players, câmeras de vídeo, computadores pessoais e assim por diante. Esses dispositivos são semelhantes em seus componentes, pois normalmente incluem uma fonte de alimentação, placas de circuito com muitos componentes eletrônicos conectados e uma caixa. Alguns desses aparelhos, como televisores e CD players, possuem componentes que requerem alta tensão. Além disso, muitos desses aparelhos podem ser operados por controle remoto. Uma discussão completa dos muitos designs desses aparelhos não é apropriada aqui, mas o investigador deve se familiarizar com o design específico em questão. A familiarização pode ser alcançada revisando os manuais de operação e desenhos de projeto e examinando um aparelho exemplar.

25.6.15 Iluminação.A iluminação residencial típica é do tipo incandescente ou fluorescente. A iluminação incandescente usa um filamento de metal fino dentro da lâmpada, que foi preenchido com um gás inerte, como argônio, ou a lâmpada é evacuada e selada. Quando uma lâmpada incandescente está funcionando, um subproduto importante é a geração de calor. As lâmpadas fluorescentes usam alta voltagem de um transformador (o reator) para iniciar e manter uma descarga elétrica através do tubo de luz. O interior do tubo é revestido com um material que fluoresce ou emite luz quando exposto à energia de descarga elétrica. O processo de geração de luz neste caso gera pouco calor como subproduto, mas o lastro normalmente emite calor. Os balastros de luz fluorescente protegidos termicamente têm um interruptor térmico reajustável para evitar o sobreaquecimento do balastro.*(Ver 25.5.5.)*

Capítulo 26 Incêndios em Veículos Motorizados

26.1* Introdução.Este capítulo trata de fatores relacionados à investigação de incêndios envolvendo veículos automotores. Estão incluídos na discussão automóveis, caminhões, equipamentos pesados, implementos agrícolas e veículos recreativos (autocaravanas). Embora os veículos que viajam por via aérea ou ferroviária não sejam cobertos, há muitos fatores relacionados à documentação da cena do incidente, combustíveis, fontes de ignição e cenários de ignição que podem ser aplicáveis. As investigações de incêndios marítimos são descritas no Capítulo . 29

26.1.1 Os padrões de incêndio ou danos remanescentes nos painéis da carroceria e nas estruturas do veículo e no interior do veículo são frequentemente usados para localizar as áreas ou pontos de origem e para determinação da causa.

26.1.2Já se sentiu que o crescimento rápido do fogo e os danos extensos eram indicativos de um incêndio incendiário. No entanto, o tipo e a quantidade de materiais combustíveis encontrados nos veículos automotores hoje, quando queimados, podem produzir esse grau de dano sem a adição intencional de outro combustível, como a gasolina. No caso de uma queima total, normalmente não se pode concluir se o incêndio foi ou não incendiário apenas com base nas observações do veículo. O uso de padrões de incêndio para determinar a origem ou causa deve ser usado com cautela. As interpretações extraídas desses padrões podem ser verificadas por evidências de testemunhas, análises laboratoriais, registros de serviço indicando falhas mecânicas ou elétricas, avisos de recall de fábrica ou reclamações e boletins de serviço que podem ser obtidos da National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), o Center for Auto Safety e o Insurance Institute for Highway Safety (IIHS). O investigador também deve estar familiarizado com a composição do veículo e seu funcionamento normal.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

26.1.3 Os tamanhos de compartimentos relativamente pequenos dos veículos podem resultar em um crescimento mais rápido do incêndio, dado o mesmo cenário de combustível e fonte de ignição, quando comparado aos compartimentos maiores normalmente encontrados em um incêndio de estrutura. No entanto, os princípios da dinâmica do fogo são os mesmos em um veículo e em uma estrutura e, portanto, a metodologia investigativa deve ser a mesma. *(Consulte os Capítulos 4 e 5.)*

26.2 Segurança da Investigação do Veículo. A conclusão de um

A investigação de um veículo queimado pode apresentar uma variedade de preocupações relacionadas à segurança que são diferentes daquelas que normalmente podem ser encontradas em um incêndio estrutural. Consulte o Capítulo 13 para informações de segurança adicionais

26.2.1 Antes de realizar uma inspeção no transporte do veículo, o investigador deve tomar cuidado para evitar que o veículo se mova e cause ferimentos ao investigador. O uso de elevadores hidráulicos, macacos ou outros dispositivos de elevação projetados para suportar o peso do veículo deve ser usado em conjunto com bloqueios ou cavaletes para evitar o movimento súbito do veículo ou queda sobre o investigador. Empilhadeiras, guinchos ou guinchos sozinhos não devem ser usados para apoiar o veículo nessas inspeções.

26.2.2 Sistemas de retenção suplementares não implantados (ou seja, airbags) podem representar uma séria preocupação potencial de segurança para os investigadores de incêndio. O agente de expulsão dos airbags é um material perigoso e o contato ou a inalação podem constituir um risco potencial à saúde do investigador. Alguns veículos podem ser equipados com vários sistemas reativos de retenção de ocupantes (por exemplo, airbags). O investigador deve identificar os sistemas que estão presentes, a condição operacional desses sistemas e, se necessário, tornar esses sistemas seguros antes de perturbar o veículo para evitar operação acidental. O investigador deve estar ciente de que mesmo cargas estáticas podem acionar um airbag.

26.2.3 As inspeções de incêndio em veículos podem apresentar muitas outras situações que representam riscos de segurança para o investigador. Isso pode incluir vazamentos de combustível ou combustível restante em tanques de combustível que representem risco de incêndio; lubrificantes expelidos, que podem apresentar riscos de escorregamento e queda; energia elétrica armazenada na bateria; ou vidro quebrado, o que pode representar perigo de perfuração ou corte.

26.3 Combustíveis em Incêndios em Veículos. Uma grande variedade de materiais e substâncias podem servir como os primeiros materiais inflamados em incêndios de veículos motorizados. Estes incluem combustíveis para motores; transmissão, direção hidráulica e fluidos de freio; refrigerantes; lubrificantes; fluido de limpador de para-brisa; vapores da bateria; e os materiais, conteúdo ou carga dos componentes internos do veículo. Uma vez que um incêndio é iniciado, qualquer um desses materiais pode contribuir como combustível secundário, afetando a taxa de crescimento do fogo e o dano final sofrido.

26.3.1 Líquidos Inflamáveis. Líquidos inflamáveis são usados em veículos motorizados e podem estar associados a incêndios em veículos. Esses líquidos podem entrar em contato com uma fonte de ignição como resultado de um mau funcionamento de um dos sistemas do veículo, danos por colisão a um ou mais sistemas do veículo contendo esses líquidos ou um ato incendiário. Mesa 26.3.1 mostra físico e fogo selecionados propriedades de líquidos inflamáveis usados em veículos automotores. Se um determinado líquido pode inflamar depende das propriedades do líquido, seu estado físico, a natureza da fonte de ignição e outras variáveis relacionadas ao veículo. Os valores de ponto de fulgor e temperatura de autoignição na Tabela 26.3.1 foram obtidos em testes laboratoriais controlados, e geralmente não são aplicáveis diretamente à ignição desses líquidos em veículos automotores. O veículo e o ambiente afetam a temperatura da superfície necessária para atingir a temperatura de autoignição em um motor veículo. Essas variáveis incluem o fluxo de ar, a duração do contato entre o líquido e a superfície aquecida e a composição do material, massa, forma e textura da superfície aquecida, entre outras. A auto-ignição de um líquido em contato com uma superfície aquecida geralmente requer uma temperatura substancialmente maior do que as temperaturas de auto-ignição de laboratório publicadas desse líquido.

Δ **26.3.1.1* Ignição por Superfície Quente.** Algumas superfícies quentes em veículos motorizados podem ter temperatura suficiente para inflamar líquidos comumente encontrados nesses veículos. Esta temperatura é conhecida como temperatura de ignição de superfície quente. Existe uma diferença entre as temperaturas de autoignição, determinadas pela ASTM E659, *Método de teste padrão para temperatura de autoignição de produtos químicos líquidos*, e temperaturas de ignição de superfície quente, que são dependentes de uma série de variáveis adicionais incluindo, mas não se limitando à temperatura da superfície quente; o tempo de permanência do líquido inflamável na superfície quente; a temperatura do líquido inflamável; a geometria, tamanho, massa e características de superfície da superfície quente; e as condições ambientais na área circundante onde o líquido inflamável entra em contacto com a superfície quente. Testes experimentais mostraram que as temperaturas de ignição de superfícies quentes para líquidos automotivos comuns podem ser substancialmente mais altas do que as temperaturas de autoignição relatadas.

26.3.2 Combustíveis Gasosos. Combustíveis alternativos para motores, notadamente propano, hidrogênio e gás natural comprimido, estão encontrando uso crescente em frotas de automóveis e caminhões, bem como em alguns veículos de propriedade privada. O propano também é encontrado a bordo da maioria dos veículos recreativos como combustível de cozinha, aquecimento e refrigeração. As baterias de chumbo-ácido de célula húmida podem produzir hidrogénio que pode ser libertado durante o carregamento ou como consequência de uma colisão. Quantidades maiores desses gases podem ser encontradas em veículos maiores, veículos com baterias que suportam acionamentos de motores elétricos ou como carga. Os gases podem ser armazenados como líquidos sob pressão e se tornarem gasosos quando liberados. Algumas propriedades dos combustíveis gasosos inflamáveis são dadas na Tabela 26.3.2. As publicações a seguir fornecem mais informações neste tópico:

(1) Crowl, D. e J. Louvar, *Fundamentos de Segurança de Processo Químico com Aplicações*, 2nd ed.
(2) Glassman, I., *Combustão*, 3rd ed.
(3) Sax, NI e RJ Lewis, *Propriedades perigosas de materiais industriais*, 7ª ed.

26.3.3 Combustíveis Sólidos.

26.3.3.1 Muitos plásticos combustíveis são facilmente inflamados quando expostos a uma fonte de ignição. Esses plásticos podem queimar com taxas de liberação de calor semelhantes às de líquidos inflamáveis. Os materiais termoplásticos geralmente cedem ou soltam peças em chamas. Dependendo da composição e orientação do plástico, as gotas em chamas podem contribuir para a propagação do fogo. Mesa 26.3.3.1 listas e resume as propriedades de plásticos típicos usados em veículos motorizados. O calor do atrito pode ser suficiente para inflamar as correias de transmissão, rolamentos, lubrificantes ou pneus. A maioria dos metais combustíveis e suas ligas precisam ser pulverizadas ou derretidas para queimar. O magnésio sólido, que está presente em muitos veículos motorizados, pode inflamar e queimar vigorosamente. Dado mesmo um pequeno incêndio inicial, os combustíveis sólidos podem contribuir significativamente para a taxa de crescimento do fogo e a extensão dos danos causados pelo fogo.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Δ Tabela 26.3.1 Propriedades de Líquidos Inflamáveis

	Ponto de inflamação[uma]		Autoignição Temperatura[b]		Inflamabilidade Limites[c]		Ponto de ebulição[d]				Específico Gravidade[e]
					LFL	UFL	IBP		FPB		
Líquido	°C	°F	°C	°F	%	%	°C	°F	°C	°F	(Ar = 1)
Gasolina	- 45 a - 40	- 49 a - 40	350–460	660–860	1,4	7.6	26–49	78–120	171–233	339–452	3–4
Combustível diesel (óleo combustível #2)	38–62	100–145	254–260	489–500	0,4	7	127–232	260–450	357–404	675–760	5–6
Fluido de freio	110–171	230–340	300–319	572–606	1.2	8,5	232–288	111–142	460–550	238–288	5–6
Direção hidráulica fluido	175–180	347–356	360–>382	680–>720	1	7	309–348	588–658	507-523	945-973	> 1
Óleo de motor	200–280	392–536	340–360	644-680	1	7	299–333	570–631	472-513	882-955	> 1
Óleo de engrenagem	150–270	302-510	> 382	> 716	1	7	316–371	601–700	> 525	> 977	> 1
Automático transmissão fluido	150–280	302-536	330–>382	626–>716	1	7	239–242	462–468	507-523	945-973	> 1
Etilenoglicol (anticongelante)	110–127	230–261	398–410	748–770	3.2	15,3	196–198	385–388			2.1
Propileno glicol (anticongelante)	93–107	199–225	371–421	700–790	2.6	12,5	187–188	369–370			2.6
Metanol (líquido de lavagem)	11-15	52-–55	464–484	867-903	6	36	65	149			1.1

[uma]Os dados de ponto de fulgor foram obtidos de fichas técnicas e fichas de segurança de materiais de fabricantes e fornecedores das principais marcas de cada tipo de fluido disponível nos Estados Unidos. Os pontos de fulgor das gasolinas relatados nestas fontes foram determinados pela ASTM D56, *Método de teste padrão para ponto de fulgor por testador de tags fechadas*. Os pontos de inflamação para combustíveis diesel, fluidos de freio, fluidos de direção hidráulica, óleos de motor, fluidos de transmissão, óleos de engrenagem, etilenoglicol (anticongelante), propilenoglicol (anticongelante) e metanol foram determinados por ASTM D56, ASTM D92, *Método de teste padrão para pontos de fulgor e fogo pelo Cleveland Open Cup Tester*, ou ASTM D93, *Método de teste padrão para ponto de fulgor pelo testador de copo fechado da Pensky-Martens*.

[b]Os dados de temperatura de autoignição para gasolina, óleo diesel, fluido de freio, etilenoglicol, propilenoglicol e metanol foram obtidos de fichas técnicas e fichas de segurança de materiais de fabricantes e fornecedores das principais marcas de cada tipo de fluido disponível nos Estados Unidos. Essas fontes geralmente não relatam o método de teste usado para determinar a temperatura de autoignição; no entanto, ASTM E659, *Método de teste padrão para temperatura de autoignição de produtos químicos líquidos*, é o método de teste de laboratório normalmente usado para determinar a temperatura de autoignição. Os dados de temperatura de autoignição para fluido de direção hidráulica, óleo de motor, óleo de engrenagem e fluido de transmissão automática foram obtidos usando ASTM E659.

[c]Os dados de limite de inflamabilidade foram obtidos de fichas técnicas e fichas de segurança de materiais de fabricantes e fornecedores das principais marcas de cada um nos Estados Unidos. Essas fontes geralmente não especificam o método de teste de laboratório usado para determinar os limites de inflamabilidade relatados; no entanto, ASTM E681, *Método de teste padrão para limites de concentração de inflamabilidade de produtos químicos (vapores e gases)*, é um método de teste de laboratório normalmente usado para determinar o limite inferior de inflamabilidade (LFL) e o limite superior de inflamabilidade (UFL).

[d]Os dados da faixa de ebulição para gasolinas foram obtidos da pesquisa anual norte-americana da Alliance of Automobile Manufacturers sobre propriedades da gasolina para 2003. As faixas de ebulição relatadas nesta pesquisa foram determinadas pela ASTM D86, *Método de Teste Padrão para Destilação de Petróleo*. Os dados da faixa de ebulição do óleo diesel foram obtidos a partir de fichas técnicas e fichas de segurança de materiais de fabricantes e fornecedores das principais marcas de óleo diesel nos Estados Unidos. Essas fontes geralmente não relatam o método de teste de laboratório usado para determinar a faixa de ebulição do combustível diesel. Os dados da faixa de ebulição para fluido de freio, fluido de direção hidráulica, óleo de motor, óleo de engrenagem e fluido de transmissão automática foram determinados pela ASTM D2887, *Método de teste padrão para distribuição de faixa de ebulição de frações de petróleo por cromatografia gasosa*. Os dados de ponto de ebulição para etilenoglicol, propilenoglicol e metanol foram obtidos de fichas de dados de segurança de materiais de fabricantes e fornecedores desses produtos químicos. Essas fontes não informaram o método de teste de laboratório usado para determinar o ponto de ebulição. Na tabela IBP e FBP são o ponto de ebulição inicial e o ponto de ebulição final, respectivamente.

[e]Gravidade Específica os dados foram obtidos de fichas de dados de segurança de materiais de fabricantes e fornecedores desses materiais.

Os estudos incluem o seguinte:

1. API 22PR, *Risco de ignição de vapores de hidrocarbonetos por superfícies quentes ao ar livre*.

2. Arndt, SM, Stevens, DC, e Arndt, MW, "O Veículo Motorizado no Ambiente Pós-Acidente, Uma Compreensão das Propriedades de Ignição de Combustíveis Derramados", SAE 1999-01-0086, Congresso e Exposição Internacional, Detroit, MI, 1 a 4 de março de 1999.

3. Colwell, JD e , A. "Ignição de Superfície Quente de Fluidos Automotivos e de Aviação", *Tecnologia de Incêndio*, Segundo Trimestre de 2005, pp. 105–123.

4. LaPointe, NR, Adams, CT e Washington, J, "Autoignição de gasolina em superfícies quentes" *Investigador de incêndios e incêndios*, outubro de 2005: pp. 18–21.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Δ **Tabela 26.3.2 Propriedades dos Combustíveis Gasosos em Veículos Automotores**

	Autoignição Temperatura		Limites de inflamabilidade (Vol. % de combustível no ar)		Ponto de ebulição		Gravidade Específica (Ar)	
Gás	°C	°F	LFL	UFL	°C	°F	Específico Gravidade (ar = 1)	Min. Ignição Energia (mJ)
Hidrogênio	400–572	753-1061	4,0	75,0	- 253	- 422	0,07	0,018
Gás natural (metano)	632–650	1169–1202	5.3	15,0	- 162	- 259	0,60	0,280
Propano	450–493	842-919	2.2	9,5	- 42	- 44	1,56	0,250

Nota: Os dados fornecidos nesta tabela são para produtos genéricos ou típicos e podem não representar os valores de um produto específico. Quando possível, os valores específicos do produto envolvido devem ser obtidos de uma ficha de segurança do material, especificações do produto ou por métodos de teste padrão.

Tabela 26.3.3.1 Plásticos Comuns Encontrados em Veículos Automotores

	Temperatura de ignição*		Temperatura de fusão		ΔH_c	Pico de Calor Taxa de Liberação†	
Material	°C	°F	°C	°F	kJ/g	kW/m2	Localização no Veículo
Fibras acrílicas	560	1040	90–105	194–221	28	300	Revestimento de pavimentos
abdômen	410	770	88–125	190–257	29	614-683	Painéis da carroceria
Fibra de vidro (resina de poliéster)	560	1040	428–500	802-932			Resina queima, mas não vidro painéis da carroceria
Nylons	413-500	775-932	220–265	428–509	28	517–593	Guarnição, engrenagens da janela, tempo engrenagens, unidade HVAC, estrutura
Policarbonato	440-522	824-972	265	510	22	16	Painel de instrumentos, estrutura, faróis
Polietileno	270–443	518–830	115–137	240–280	40	453-913	Isolamento de fiação, combustível tanque, tampa da bateria
Polipropileno	250–443	482-829	160–176	320–350	43	377–1170	Ressonador, estrutura, ar dutos, unidade HVAC, tampa da bateria
Poliestireno	346–365	655–689	120–240	248–465	36	723	Isolamento, estofamento, guarnição
Poliuretanos	271–378	520-712	120–160	248–320	18	290	Assentos, apoios de braço, estofamento, aparar
Vinil (PVC)	250–430	482–806	75–105	167–221	11	40–102	Isolamento de fios, estofamento, unidade HVAC, isolamento de antepara

* Temperatura de ignição pilotada. Normalmente, a temperatura de autoignição (AIT) é maior que a temperatura de ignição pilotada. †Em um fluxo de calor radiante incidente de 20 kW/m2no calorímetro de cone pela ASTM E1354. Lide (ed.),*Manual de Química e Física*. Hilado,*Manual de inflamabilidade para plásticos.*

Livro de referência de materiais de engenharia ASM, 2ndEd., M. Bauccio ed. ASM Int'l, Materials Park, OH, 1994. *Manual de Proteção Contra Incêndios da NFPA*, Tabelas 3.13A e A.6 (17ªedição).

Babrauskas, V.*Manual de ignição*, Tabela 15, Fire Science Publishers, Issaquah, WA, 2003. Cole, L., *Investigação de Incêndios em Veículos Automotores*. Livros Lee. Novato, CA: 1992.

Harper, Carlos,*Manual de Materiais de Construção para Proteção Contra Incêndios*, Manuais da McGraw-Hill, 2004.

Nota: Os dados fornecidos nesta tabela são genéricos e podem não representar os valores de um produto específico. As propriedades térmicas e de combustão dependem da composição, espessura e/ou orientação. Quando possível, valores específicos para o produto envolvido devem ser obtidos do fabricante ou por meio de testes laboratoriais.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

26.3.3.2 Os investigadores não devem interpretar a presença de metais fundidos como um indicador do uso de um líquido inflamável como acelerador, na crença de que apenas um líquido inflamável pode produzir temperaturas suficientemente altas. Combustíveis comuns e líquidos inflamáveis produzem essencialmente a mesma temperatura de chama. Em muitos casos, as ligas são usadas em vez do metal puro. A temperatura de fusão de uma liga é geralmente menor que a de seus constituintes. A composição real de uma peça de metal e sua temperatura de fusão devem ser determinadas antes que qualquer conclusão seja tirada do fato de que ela derreteu. A liga pode ocorrer durante um incêndio. Por exemplo, o zinco de baixa temperatura de fusão pode pingar em um fio ou tubo de cobre e formar uma liga de latão, que derrete a uma temperatura mais baixa que o cobre. Da mesma forma, o alumínio fundido pode pingar na chapa de aço, que pode causar o aparecimento de fusão da chapa de aço. A Espectroscopia de Dispersão de Energia (EDS) pode ser usada para determinar de forma não destrutiva a composição de componentes metálicos de incêndios em veículos. Mesa 26.3.3.2 lista metais típicos e ligas em veículos automotores e sua temperatura de fusão.

26.4 Fontes de ignição. Na maioria dos casos, as fontes de energia de ignição em incêndios em veículos motorizados são semelhantes às associadas a incêndios estruturais, como arcos, faíscas mecânicas, fiação sobrecarregada, chamas abertas e materiais fumegantes. Existem, no entanto, algumas fontes únicas que devem ser consideradas, como as superfícies quentes do sistema de escape do motor. Este sistema pode consistir no coletor de escape, tubo de escape, um ou mais conversores catalíticos, silenciadores e tubos de escape. Outras fontes de ignição de superfície quente podem incluir freios, rolamentos e turbocompressores. Como algumas dessas fontes de ignição podem ser difíceis de identificar após um incêndio, a 26.4.1 descrição 26.4.5 são fornecidos para auxiliar no seu reconhecimento.

26.4.1 Chamas Abertas. Uma fonte de chamas abertas em veículos é um sistema de admissão que sai pela culatra do carburador. A propagação é rara se o filtro de ar estiver devidamente colocado. Outra fonte de chamas abertas é um pós-fogo do sistema de exaustão. Veículos modernos usam sistemas de injeção de combustível regulados por computador que reduzem tais condições. Fósforos acesos e outros materiais fumegantes podem inflamar materiais combustíveis, resultando em incêndio. Em veículos recreativos, pilotos de aparelhos ou queimadores operacionais de fogões, fornos, fornos de aquecedores de água e assim por diante são fontes de ignição de chama aberta.

26.4.2 Fontes Elétricas. Quando o motor não está funcionando, a única fonte de energia elétrica disponível são as baterias. Um número limitado de componentes permanece eletricamente conectado à bateria mesmo que o interruptor de ignição esteja desligado e o motor não está funcionando. Esses componentes podem incluir gerador, motor de partida (alternador), painel de distribuição sob o capô (caixa de fusíveis), partida remota do carro, alguns acessórios de reposição, isqueiro, bancos elétricos, vidros elétricos, travas elétricas, luzes, espelhos laterais elétricos ou interruptor de ignição, pode falhar quando o veículo estiver desligado. Um veículo em movimento tem muito mais fontes potenciais de energia elétrica. Fusíveis, disjuntores e links fusíveis fornecem proteção de circuitos elétricos em veículos motorizados. Nos sistemas CC, a estrutura, os painéis metálicos da carroceria e o motor são conectados ao negativo da bateria para criar o sistema de aterramento. O lado positivo da bateria fornece corrente ao painel de fusíveis e a todos os equipamentos elétricos. Isso significa que um dispositivo elétrico pode ter apenas um fio conectado fisicamente, mas está conectado a partes metálicas do veículo que completam o circuito de volta ao terminal negativo da bateria (terra). Isso também significa que o caminho de terra pode não ser óbvio. Quando um fio positivo energizado, terminal ou componente condutor toca uma superfície aterrada, pode resultar em um circuito completo.

Δ **Tabela 26.3.3.2 Temperaturas de fusão de metais comumente encontrados em veículos automotores**

	Temperatura de fusão	
	°C	°F
Zinco fundido (Pot Metal)	300–400	562–752
Magnésio	650	1202
Alumínio	660	1220
Ligas de alumínio	566–650	1050–1200
Cobre	1082	1981
Ferro fundido		
Cinza	1350–1400	2460–2550
Branco	1050–1100	1920–2010

Veja também Tabela 6.3.10.2, e Tabela 3.13A da NFPA*Proteção contra fogo Manual*(17ºedição).

26.4.2.1 Veículos recreativos (RVs) têm baterias auxiliares a bordo e fiação como outros veículos motorizados. Eles também podem ter fiação de corrente alternada (AC) e acessórios como uma estrutura. Os veículos recreativos podem ser equipados com um conversor de energia, que altera 120 volts CA para 12 volts CC, bem como um inversor de energia, que inverte 12 volts CC para 120 volts CA. Em alguns casos, os conversores/inversores são combinados em uma única unidade. Veículos recreativos podem ter 120 volts externos alimentados por um cabo de alimentação ou gerador. Além disso, os RVs podem ter a capacidade de usar 120 volts CA durante a movimentação.

26.4.2.2 Fiação Sobrecarregada.A fiação sobrecarregada pode apresentar um problema quando a corrente que flui pela fiação é maior do que o condutor pode transportar com segurança. Isso pode resultar no aumento da temperatura do condutor até o ponto de ignição do isolamento, particularmente em cabos agrupados, como chicotes de fiação de múltiplos condutores, onde o calor gerado não é prontamente dissipado. Isso às vezes pode ocorrer sem ativar os dispositivos de proteção do circuito se esses dispositivos não forem dimensionados adequadamente. Falhas e falhas mecânicas de dispositivos de alta corrente, como motores elétricos de bancos, motores elétricos de vidros e aquecedores usados em bancos e janelas, também podem resultar na ignição de materiais de isolamento, carpetes ou materiais combustíveis que podem se acumular sob os bancos. Alguns veículos são equipados com assentos aquecidos por fios de alta resistência. Em alguns assentos, uma falha pode causar um caminho elétrico mais curto do que o pretendido, resultando em um aumento na temperatura da superfície que pode resultar em incêndio. A adição de acessórios de reposição também pode resultar em uma sobrecarga da fiação do equipamento original. Equipamentos de maior demanda elétrica podem ser instalados em um veículo, podendo também ter um fusível de maior capacidade ou ter omitido o fusível.

26.4.2.3 Conexões Elétricas de Alta Resistência. Conexões de alta resistência podem ocorrer quando há uma conexão elétrica ruim ou ineficaz entre os condutores da fiação e as terminações ou outras junções entre a fiação. Uma conexão solta pode resultar em arco intermitente quando uma carga é colocada no circuito. A alta resistência resulta em um circuito reduzido ou limitado à corrente. Produz altas temperaturas, mas pode não produzir uma condição que ative os dispositivos de proteção do circuito, como fusíveis ou disjuntores. Se ocorrer uma conexão de alta resistência, a evidência deste tipo de condição geralmente existirá após o incêndio. As temperaturas em um local de alta resistência geralmente são suficientemente altas para eventualmente inflamar os materiais isolantes da fiação.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

26.4.2.4 Curto-circuitos e Arcos Elétricos – Descarga Elétrica. Podem ocorrer curtos-circuitos quando o isolamento do condutor da fiação fica desgastado, cortado, quebradiço, fraturado ou danificado, permitindo que ele entre em contato com uma superfície aterrada. Um curto-circuito, se não for devidamente fusível, pode resultar em aquecimento excessivo e arco voltaico ou descarga elétrica. Durante um impacto, curtos e arcos (ou seja, descarga elétrica) podem ser criados como resultado do esmagamento, estiramento e corte dos condutores da fiação. Equipamentos de pós-venda, instalados com fiação inadequadamente protegida, dimensionada ou segura, podem apresentar risco de curto-circuito. Alguns condutores de fiação, como saída da bateria e circuitos de partida, não são protegidos contra sobrecorrente e carregam alta amperagem. Um exame da bateria para indicações de danos por impacto também deve ser realizado.

26.4.2.5* Arco, Carbono, Rastreamento.Um potencial elétrico aplicado em um material isolante pode resultar em um curto-circuito por um fenômeno chamado rastreamento de arco*(ver 9.9.4.5)*. O processo ocorre mais rapidamente se a superfície estiver contaminada com sal de estrada ou outros materiais condutores. O processo pode ocorrer com sistemas de veículos de 12 volts ou mais CC ou 120 volts CA.

26.4.2.6* Lâmpadas e Filamentos.As superfícies dos bulbos podem produzir calor suficiente para inflamar alguns materiais combustíveis que possam estar em contato com eles. Os filamentos das lâmpadas quebradas também podem ser uma fonte de ignição para alguns vapores, especialmente a gasolina. Os filamentos dos faróis normalmente operacionais têm temperaturas de aproximadamente 1400°C (2550°F). No entanto, a maioria dos filamentos opera em vácuo ou atmosfera inerte. Quando o filamento é exposto ao ar ambiente, ele normalmente opera por apenas alguns segundos e depois queima. Uma vez que o filamento se abre, a fonte de ignição desaparece. Ao examinar os faróis do veículo, as lâmpadas atualmente instaladas no conjunto do farol devem ser inspecionadas para determinar se são do tamanho, tipo e potência corretos recomendados pelo fabricante do equipamento original (OEM). Se um tipo de lâmpada incorreto foi instalado, aquecimento resistivo no ponto de conexão da lâmpada e fiação pode ocorrer e causar uma falha resultando em incêndio. Além disso, se uma lâmpada foi instalada com uma potência mais alta do que a lâmpada OEM, o aquecimento criado pela lâmpada pode ser maior do que o conjunto da lâmpada foi classificado para sustentar. O aquecimento causado pela maior potência da lâmpada pode causar a ignição do conjunto da lâmpada.

26.4.2.6.1 Os veículos podem ser equipados pelo OEM com faróis de descarga de alta intensidade (HID). As lâmpadas de xenônio usadas em sistemas de iluminação HID produzem três vezes a saída de luz dos faróis de halogênio padrão com menos energia operacional. Os faróis HID requerem uma fonte de ignição de alta tensão para iniciar, até 25.000 volts, mas, dependendo do sistema, apenas 40-90 volts para operar uma vez que o arco inicial se formou. Os 12 volts CC normais do sistema elétrico do veículo são intensificados e controlados por um módulo de ignição e inversor (lastro), que também converte a tensão para a CA necessária para operar os faróis HID. O balastro ajusta então a tensão e a frequência de corrente aos requisitos de operação. Kits de conversão HID de pós-venda são comumente disponíveis e, se instalados,

26.4.2.7 Fontes Elétricas Externas Utilizadas em Veículos. Embora a maioria das fontes elétricas em veículos esteja contida dentro do veículo, há situações em que a energia elétrica externa é fornecida ao veículo. Exemplos dessas fontes são conexões elétricas usadas em veículos recreativos e reboques, aquecedores de blocos elétricos para motores, aquecedores internos de veículos e baterias carregadores. Muitos veículos usados em climas mais frios têm aquecedores elétricos para aquecer o óleo do motor, líquido de arrefecimento do motor, baterias ou transmissões para facilitar a partida. Este tipo de aquecedor é normalmente uma instalação permanente no veículo e equipado com um cabo de alimentação. A inspeção dos cabos de energia elétrica deve ser feita quando aplicável, porque uma sobrecarga ou dano ao cabo ou uma falha do aparelho pode ser a causa do incêndio. A aplicação inadequada de eletricidade externa pode danificar os componentes do veículo, resultando em falha e possivelmente em incêndio. Quando os veículos recreativos são conectados à energia externa, a fiação do circuito pode ser inspecionada quanto a indicações de envolvimento da ignição.

26.4.3 Superfícies Quentes.

26.4.3.1*Os sistemas de exaustão podem gerar temperaturas altas o suficiente para inflamar materiais combustíveis, incluindo líquidos inflamáveis no compartimento do motor. O fluido da transmissão automática, principalmente se aquecido devido a uma transmissão sobrecarregada, pode inflamar em um coletor quente. Óleo do motor e certos fluidos de freio (por exemplo, DOT 3 e 4) caindo em um coletor quente também podem inflamar. Quando um veículo é subitamente parado e desligado, o tempo para a temperatura do coletor de escapamento atingir 80% da diferença de temperatura entre a temperatura inicial e a temperatura ambiente é tipicamente de 20 a 30 minutos. Enquanto os coletores de escapamento esfriam imediatamente quando o veículo é parado e desligado repentinamente, os conversores catalíticos da parte inferior da carroceria geralmente experimentam um aumento de temperatura que dura vários minutos e depois começam a esfriar. O tempo para os conversores catalíticos da parte inferior da carroceria abranger 80 por cento da faixa de temperatura da temperatura de estado estacionário até a temperatura ambiente normalmente varia de 45 minutos a mais de 90 minutos. Se o combustível não queimado fluir através do sistema de escape, as temperaturas do conversor catalítico podem aumentar à medida que o combustível é oxidado dentro do conversor catalítico. Líquidos inflamáveis em contato com componentes do sistema de escapamento podem inflamar logo após o desligamento do veículo. Esta ignição é devido à perda de fluxo de ar através do compartimento do motor, que dispersa esses vapores e resfria as superfícies quentes do motor. Na maioria dos veículos, a superfície do tubo a montante do conversor catalítico funcionará mais quente do que o próprio conversor.

26.4.3.2*Normalmente, a gasolina não será inflamada por uma superfície quente, mas requer um arco, faísca ou chama aberta para ignição. Embora a ignição do vapor de gasolina por uma superfície quente seja difícil de reproduzir, tais ignições não devem ser descartadas imediatamente. Conforme relatado em LaPointe, et al., a ignição de líquidos por superfície quente ao ar livre não foi observada até que a temperatura da superfície estivesse várias centenas de graus acima da temperatura de ignição publicada. A ignição de líquidos por superfícies quentes é influenciada e determinada por muitos fatores, não apenas pela temperatura de ignição. Esses fatores incluem ventilação; condições ambientais, como umidade, temperatura do ar e fluxo de ar; e propriedades físicas dos fluidos, como ponto de autoignição, ponto de fulgor do líquido, ponto de ebulição do líquido, pressão do vapor do líquido, taxa de vaporização do líquido e nebulização do líquido.

26.4.4 Faíscas Mecânicas.O contato metal-metal (por exemplo, aço, ferro ou magnésio) ou o contato da superfície metal-estrada podem criar faíscas de contato por fricção, com energia suficiente para inflamar gases, vapores e/ou líquidos que estão em estado atomizado. O contato metal-metal pode ocorrer em polias de acionamento, eixos de acionamento ou rolamentos, por exemplo. O contato da superfície do metal com a estrada normalmente envolve um componente quebrado, como um eixo de transmissão,

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

sistema de escape ou aro da roda após a perda de um pneu ou em um acidente. Todas as faíscas de superfície metal-metal ou metal-estrada requerem que o veículo esteja funcionando e/ou em movimento. As faíscas geradas a velocidades tão baixas quanto 8 kmh (5 mph) foram determinadas para atingir temperaturas de 800°C (1470°F). Velocidades mais altas produziram faíscas na faixa de 1200°C (2190°F). As faíscas da superfície do alumínio para a estrada não são uma fonte de ignição competente para a maioria dos materiais devido à temperatura de fusão relativamente baixa do alumínio. O pequeno tamanho das partículas (isto é, massa) das faíscas limita a quantidade de energia disponível delas para inflamar os materiais com os quais entram em contato. Além disso, as faíscas esfriam rapidamente, especialmente quando se movem pelo ar, o que limita ainda mais a taxa de transferência de calor para os materiais com os quais entram em contato. Por estas razões, é difícil para as faíscas inflamarem materiais sólidos.

26.4.5 Materiais para Fumar. Tecidos e materiais de estofamento de veículos modernos geralmente são difíceis de acender com um cigarro aceso. A ignição pode ocorrer se um cigarro aceso for enterrado em papel, tecido e/ou outros detritos combustíveis, ou se o material do assento entrar em contato com uma chama aberta. A espuma de uretano, material típico de almofada de assento, queima facilmente uma vez inflamada com uma chama e aumenta substancialmente a intensidade de um incêndio em um veículo.

26.5 Identificação e Função do Sistema. Cada sistema de um veículo motorizado tem uma função específica. Nem todos os veículos motorizados têm os mesmos sistemas; no entanto, muitos sistemas operam de maneira semelhante. A familiaridade com o sistema é essencial para a investigação adequada de um incêndio em um veículo motorizado. Se o investigador não souber como um sistema funciona, ele não será capaz de determinar se um sistema apresentou mau funcionamento ou foi alterado, ou se tal mau funcionamento ou alteração pode ser responsável pelo incêndio. Quase todos os veículos motorizados têm alguma forma de publicação de reparação. A maioria desses manuais de reparo explica os sistemas exclusivos desse veículo em particular. Muitas publicações também possuem guias de solução de problemas para diagnosticar possíveis problemas. Essas publicações podem ser encontradas na internet, livrarias, bibliotecas públicas, lojas de autopeças e no próprio fabricante. O manufatureiro'

26.5.1 Sistemas de Combustível. Existem dois sistemas básicos de combustível usados em veículos motorizados a gasolina: o sistema carburado a vácuo/baixa pressão e o sistema de injeção de combustível de alta pressão. Ambos os sistemas usam um tanque de armazenamento de combustível, tubulação e bomba de combustível para fornecer combustível ao motor. Uma vez que o combustível é entregue ao motor, ele é atomizado, comprimido e queimado.

26.5.1.1 Sistemas Carburados a Vácuo/Baixa Pressão. No sistema carburado a vácuo/baixa pressão, o combustível é normalmente retirado do tanque de armazenamento de combustível por uma bomba mecânica conectada ao motor. Esta bomba funciona apenas quando o motor está girando. O combustível é então bombeado com aproximadamente 20 kPa a 35 kPa (3 psi a 5 psi) para o reservatório de combustível do carburador. O combustível é então puxado da tigela para o venturi devido ao vácuo criado pela velocidade do ar acelerado ao passar pela garganta do venturi. No venturi, o combustível é misturado com o ar em uma proporção de aproximadamente 15 para 1. A mistura ar-combustível é então puxada para a câmara de combustão através da válvula de admissão. O pistão comprime a mistura e uma faísca a acende. Problemas potenciais com este sistema ocorrem normalmente no lado da pressão. Se ocorrer um vazamento no lado do vácuo, o ar é puxado para dentro do sistema, e o veículo geralmente não funcionará. Vazamentos no lado da pressão, no entanto, podem variar de uma névoa fina a um jato forte. Vazamentos podem ocorrer em linha de combustível ou no carburador e geralmente ocorrem dentro dos limites do compartimento do motor. Se uma fonte de ignição estiver disponível, pode ocorrer um incêndio. Se uma linha de combustível for comprometida por um incêndio de outra fonte, o combustível pode contribuir significativamente para o crescimento do incêndio e o resultado pode ser um sistema de combustível que parece ser a causa do incêndio. Observe que alguns veículos, originalmente vendidos com bomba mecânica, podem ter a bomba mecânica substituída por uma bomba elétrica. Se a bomba mecânica não estiver conectada a uma linha de combustível, uma bomba elétrica pode estar em uso.

Δ **26.5.1.2* Sistemas Injetados de Combustível de Alta Pressão.**No sistema de injeção de combustível de alta pressão, o combustível é normalmente bombeado do tanque de armazenamento de combustível sob pressões de 240 kPa a 480 kPa (35 psi a 70 psi). Este bombeamento é realizado com uma bomba elétrica dentro ou perto do tanque de armazenamento de combustível. Esta bomba é normalmente energizada sempre que a chave de ignição está na posição de operação. A maioria dos veículos de último modelo tem bombas de combustível elétricas integradas ao computador do motor. Este computador foi projetado para desligar a bomba se o motor não estiver funcionando. Alguns veículos também estão equipados com um interruptor de inércia. Este interruptor desligará a bomba de combustível em caso de impacto de gravidade suficiente. O combustível é bombeado para um único injetor de combustível montado em venturi ou um conjunto de trilho de combustível no motor. O único injetor de combustível montado em venturi está normalmente localizado dentro de um dispositivo que se assemelha a um carburador. O combustível é injetado (atomizado) de maneira muito mais controlada do que em um carburador, aumentando a economia de combustível e a potência. Além disso, ao fornecer uma mistura ar-combustível estável, este injetor reduz a poluição. O conjunto do trilho de combustível é um tubo localizado na parte superior do motor para fornecer pressão e fluxo de combustível constantes aos injetores de combustível montados no cilindro. Ambos os tipos de sistemas de alta pressão também podem incluir um sistema de retorno de combustível. O sistema de retorno de combustível transporta o combustível não utilizado de volta ao tanque de armazenamento de combustível a uma pressão geralmente muito menor do que a linha de alimentação, normalmente de 20 kPa a 35 kPa (3 psi a 5 psi). Alguns veículos estão equipados com aumentando a economia de combustível e potência. Além disso, ao fornecer uma mistura ar-combustível estável, este injetor reduz a poluição. O conjunto do trilho de combustível é um tubo localizado na parte superior do motor para fornecer pressão e fluxo de combustível constantes aos injetores de combustível montados no cilindro. Ambos os tipos de sistemas de alta pressão também podem incluir um sistema de retorno de combustível. O sistema de retorno de combustível transporta o combustível não utilizado de volta ao tanque de armazenamento de combustível a uma pressão geralmente muito menor do que a linha de alimentação, normalmente de 20 kPa a 35 kPa (3 psi a 5 psi). Alguns veículos estão equipados com aumentando a economia de combustível e potência. Além disso, ao fornecer uma mistura ar-combustível estável, este injetor reduz a poluição. O conjunto do trilho de combustível é um tubo localizado na parte superior do motor para fornecer pressão e fluxo de combustível constantes aos injetores de combustível montados no cilindro. Ambos os tipos de sistemas de alta pressão também podem incluir um sistema de retorno de combustível. O sistema de retorno de combustível transporta o combustível não utilizado de volta ao tanque de armazenamento de combustível a uma pressão geralmente muito menor do que a linha de alimentação, normalmente de 20 kPa a 35 kPa (3 psi a 5 psi). Alguns veículos estão equipados com Ambos os tipos de sistemas de alta pressão também podem incluir um sistema de retorno de combustível. O sistema de retorno de combustível transporta o combustível não utilizado de volta ao tanque de armazenamento de combustível a uma pressão geralmente muito menor do que a linha de alimentação, normalmente de 20 kPa a 35 kPa (3 psi a 5 psi). Alguns veículos estão equipados com Ambos os tipos de sistemas de alta pressão também podem incluir um sistema de retorno de combustível. O sistema de retorno de combustível transporta o combustível não utilizado de volta ao tanque de armazenamento de combustível a uma pressão geralmente muito menor do que a linha de alimentação, normalmente de 20 kPa a 35 kPa (3 psi a 5 psi). Alguns veículos estão equipados com *componentes* nas linhas de abastecimento e retorno de combustível que *são* projetado para evitar que o combustível do tanque de combustível entre nas linhas com a bomba de combustível desligada. Problemas potenciais com este sistema incluem vazamentos nas conexões. Quando ocorre um vazamento, a pressão do sistema pode impulsionar um fluxo de combustível de vários metros. Se o vazamento se desenvolver no lado da alimentação do sistema, problemas operacionais podem ser notados pelo operador. Esses vazamentos podem resultar em baixo desempenho do veículo, incluindo dificuldades de partida, operação irregular e travamento. Um vazamento de combustível envolvendo o lado de retorno do sistema, a jusante do regulador de pressão de combustível, pode não ter um efeito perceptível no funcionamento do motor; portanto, um vazamento aqui pode não ser detectado. Mesmo os veículos que não estão funcionando normalmente têm pressão residual no sistema de combustível. Muitos veículos estão sendo equipados com equipamentos de detecção de fluxo que monitoram o uso e o retorno do combustível. Se este sistema detectar um desequilíbrio, o sistema será desligado. Um incêndio originado em um sistema diferente do sistema de combustível, se não for controlado, pode comprometer as linhas de combustível de um veículo. A pressão residual dentro da linha de combustível de entrega pode resultar em derramamento de combustível quando a linha estiver comprometida, no entanto, esse derramamento geralmente é mínimo. As linhas de combustível indo e vindo do tanque de armazenamento de combustível podem criar um efeito de sifão se comprometidas; no entanto, válvulas de retenção colocadas dentro do sistema de fornecimento de combustível podem atuar para minimizar ou eliminar esse condicionamento de contribuir para mais vazamento de combustível. Alguns veículos podem incorporar um sistema de duas bombas que consiste em uma bomba de elevação de baixa pressão (no tanque) e uma bomba de entrega de alta pressão (localizada fora do tanque). Durante um impacto, se uma linha de combustível estiver comprometida, pode ocorrer sifão de combustível.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

fluxo de combustível, incluindo abertura da linha de combustível, nível de combustível no tanque e orientação do veículo. Os fatores que podem reduzir ou evitar a sifonagem incluem pressão ou vácuo do tanque de combustível e restrições de fluxo, como bombas de combustível, válvulas de retenção e dobras na tubulação de combustível. O investigador deve ter o cuidado de considerar todos esses elementos antes de emitir a opinião de que o combustível foi desviado de uma linha de combustível danificada. O investigador também deve reconhecer que a pressão interna do tanque de combustível criada quando o tanque é exposto ao calor de um incêndio pode forçar o combustível de linhas que foram previamente danificadas pelo impacto ou pelo fogo.

26.5.1.3 Sistemas de Combustível Diesel. Veículos movidos a diesel normalmente usam uma combinação de bombas para fornecer o combustível do tanque de armazenamento de combustível para o motor. Às vezes, bombas de elevação elétricas são usadas dentro ou perto do tanque de armazenamento de combustível, ou bombas mecânicas montadas no motor são usadas. Essas bombas de elevação são tipicamente dispositivos de alto volume e baixa pressão. Eles fornecem combustível para a bomba injetora de combustível montada no motor. A bomba injetora de combustível dosa e fornece o combustível em cada cilindro no momento adequado para a combustão. O ar de combustão é trazido por aspiração natural ou sob pressão de um turbocompressor. Os sistemas de fornecimento de combustível diesel são tipicamente muito robustos. Vazamentos podem se desenvolver em conexões soltas pela vibração do motor. Embora difícil, sob as condições certas, o combustível diesel pode inflamar em contato com uma superfície quente. Motores a diesel "descontrolados" são uma ocorrência rara, mas eles acontecem ocasionalmente se um veículo for operado em uma atmosfera rica em combustível. Isso pode ocorrer quando vapores combustíveis transportados pelo ar são levados para o sistema de admissão através do suprimento de ar do motor. O motor pode acelerar demais ou falhar mecanicamente, possivelmente inflamando a atmosfera rica em combustível. A única maneira segura de parar um motor nessas circunstâncias é desligar o suprimento de ar que contém os vapores.

N **26.5.1.3.1** Um motor com excesso de óleo também pode resultar em excesso de rotação do motor se o excesso de óleo for atomizado devido a vento no cárter e aspirado para o sistema de admissão de ar através do sistema de ventilação do cárter. Este óleo de motor atomizado no sistema de indução de ar queima da mesma maneira que o óleo diesel e pode resultar em um aumento descontrolado da rotação do motor. Nesta condição, um aumento na RPM do motor pode resultar em óleo atomizado adicional sendo alimentado no sistema de indução, permitindo um aumento adicional de RPM. Se não for verificada, esta condição pode resultar em falha do(s) componente(s) interno(s) do motor e potencialmente danificar o bloco do motor, permitindo que o óleo do motor saia do motor.

N **26.5.1.3.2** A maioria dos motores diesel modernos está equipada com válvulas de aceleração controladas eletronicamente que impediriam a ocorrência de uma sobrevelocidade do motor. O investigador de incêndio deve consultar o manual de serviço/técnico do fabricante para obter informações sobre o sistema de controle eletrônico do motor para entender o tipo de controle do motor usado na aplicação específica.

26.5.1.4 Gás Natural. O gás natural (gás natural comprimido, GNC) é armazenado como gás a alta pressão, normalmente a 21 MPa (3000 psi). Os cilindros de armazenamento são fornecidos com um respiro de segurança para alívio de pressão que abre após a ativação de um elo fusível com uma temperatura de fusão de 124°C (255°F). A abertura é geralmente voltada para cima para ajudar a direcionar e dissipar o gás mais leve que o ar. A pressão em sistemas de gás natural normalmente será reduzida em duas etapas. Normalmente, duas válvulas de fechamento operadas eletricamente estão presentes, uma próxima aos cilindros de armazenamento e outra antes do regulador de baixa pressão. Ambas as válvulas são fechadas quando o motor não está funcionando. Mais informações sobre sistemas de gás natural podem ser encontradas na NFPA 54.

26.5.1.5 Combustível Propano. O propano é armazenado como um líquido sob pressão. O combustível para um motor é retirado do tanque como um líquido, enquanto o combustível para aparelhos é retirado como um vapor. Como combustível do motor, o propano flui através das linhas de combustível como um líquido. Qualquer vazamento ou ruptura na linha de alimentação do motor resultará na rápida evaporação do líquido liberado, geralmente acompanhada por uma névoa de vapor de água condensado. Como combustível para eletrodomésticos, o propano é normalmente encontrado em veículos recreativos para cozinhar, aquecer e refrigerar. Do tanque, o vapor de propano flui imediatamente para um regulador de pressão que reduz significativamente a pressão na tubulação de distribuição para os aparelhos. A investigação de incêndios em combustíveis de eletrodomésticos requer muitas das mesmas técnicas que uma investigação de estrutura. Mais informações sobre sistemas de gás propano podem ser encontradas na NFPA 58.

Δ **26.5.1.6 Turbocompressores.** A turboalimentação é a utilização de um compressor aumentar a potência de um motor aumentando a quantidade de ar que está sendo forçada para dentro dos cilindros. o compressor é acionado por uma turbina que pode girar regularmente excesso de 100.000 rpm em veículos rodoviários em plena carga (referir-ence especificações do fabricante para turbocompressor máximo velocidade para qualquer aplicação) . O turbocompressor utiliza gases de escape para acionar a turbina , e, em muitos casos, o carcaça do turbocompressor e coletor de escape alimentando o turbo carregador são os pontos externos mais quentes de um motor. Esses superfícies de alta temperatura pode inflamar combustíveis e outros materiais nobres sob certas condições . Tanto a gasolina quanto motores a diesel podem ser turboalimentados, com quase todos os novos motores a diesel sendo turboalimentados. Alguns motores usam dois ou mais turbocompressores que podem ser instalados em série (às vezes chamado de carregamento turbo sequencial) ou paralelo. Os rolamentos centrais do eixo principal são normalmente lubrificados com óleo de motor de um tubo separado do lado pressurizado do sistema de lubrificação do motor. Um vazamento deste tubo ou conexão pode borrifar óleo na carcaça quente do turbocompressor e no coletor de escape, resultando potencialmente na ignição do óleo. Um eixo de turbina quebrado pode permitir que o óleo vaze para o tubo de escape, potencialmente causando danos ao conversor catalítico, se equipado. O óleo também pode vazar na admissão e ser queimado pelo motor ou ser coletado no resfriador de ar de admissão.

26.5.2 Sistema de Controle de Emissão. A maioria dos veículos motorizados está equipada com alguma forma de controle de emissões. Este sistema controla as emissões do escapamento e as emissões evaporativas de combustíveis. Para controlar as emissões do tubo de escape, o sistema normalmente regula a entrada de combustível, o ponto de ignição, a recirculação dos gases de escape (EGR), a marcha lenta e a programação de mudança da transmissão (se for transmissão automática). Os principais componentes de um sistema de motor a gasolina são o sensor para medir o fluxo de ar no motor, os sensores de oxigênio dos gases de escape aquecidos, a válvula EGR e o controle de marcha lenta.

26.5.2.1 Um sensor mede o fluxo de ar no motor. Com base nesse fluxo de ar, o computador do veículo calculará a quantidade correta de combustível a ser adicionada para atender à demanda do motorista e minimizar as emissões do escapamento. Os sensores de oxigênio estão localizados no sistema de exaustão e medem a quantidade de oxigênio no gás de exaustão. Isso fornece feedback ao computador do veículo para informar se a quantidade correta de combustível está sendo adicionada. O computador do veículo pode então fazer ajustes para aumentar ou diminuir a vazão de combustível. Alguns gases de escape podem ser encaminhados de volta através do motor através da válvula EGR. A função da válvula EGR é reduzir a temperatura da câmara de combustão. Temperaturas de combustão mais baixas resultam em menor produção de óxidos de nitrogênio (NOx), um tubo de escape indesejado

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

emissão. A válvula de controle de marcha lenta está localizada perto do corpo do acelerador e permite que o ar circule ao redor das placas do acelerador quando as placas do acelerador estão fechadas. Variando esse fluxo, o computador do motor pode controlar a velocidade de marcha lenta do motor.

26.5.2.2A relação ar/combustível e o tempo de ignição também são ajustados para controlar as temperaturas de exaustão. A razão estequiométrica ar/combustível da gasolina é de aproximadamente 14,6 libras de ar por libra de combustível. Operar com relações de combustível de ar mais ricas permitirá maior retardo de ignição e resultará em temperaturas mais baixas dos gases de escape. Isso geralmente é feito durante condições extremas de direção, como aceleração estendida ou reboque de reboque.

26.5.2.3 As emissões evaporativas de um veículo também são controladas. As emissões evaporativas são vapores de gasolina que escapam do sistema de combustível do veículo. O principal componente do sistema é o recipiente de carbono, que pode estar localizado no compartimento do motor ou próximo ao tanque de combustível. O recipiente de carvão contém carvão ativado que retém o excesso de vapores do tanque de combustível. Então, quando o veículo está funcionando, esses vapores são enviados ao motor para serem queimados. Uma válvula em linha permite que o vapor de combustível flua quando o computador do veículo o comanda. Um problema potencial é o vazamento de vapor do recipiente de carvão ou das mangueiras de vapor. Se os vapores existirem em uma concentração acima da faixa de inflamabilidade inferior e se houver uma fonte de ignição, pode ocorrer um incêndio.

26.5.2.4 Sistema de exaustão.O sistema de escape faz mais do que transportar os gases de escape do motor. Também serve como parte do sistema de controle de emissões. O coletor de escape é aparafusado diretamente ao motor. É o coletor dos gases de escape provenientes de cada cilindro. Este coletor geralmente está localizado abaixo da tampa da válvula. Um vazamento na tampa da válvula ou na gaxeta pode permitir que o óleo do motor entre em contato com o coletor, o que pode resultar em ignição.*(Ver 26.4.3.)*No tubo coletor de entrada (a primeira seção de tubo do motor), geralmente há um sensor de oxigênio. Este sensor detecta o conteúdo de oxigênio no fluxo de exaustão e envia um sinal para os computadores de bordo para fazer ajustes de distribuição de combustível e tempo. O próximo dispositivo a jusante, no sistema de exaustão, é o conversor catalítico. As temperaturas da superfície variam de 300°C a 500°C (600°F a 1000°F) em operações normais, dependendo do projeto do motor. No entanto, as temperaturas podem exceder 500°C (1000°F) devido a altas cargas do motor ou durante condições anormais do motor (ou seja, falhas de ignição) ou altas concentrações de combustível devido ao mau funcionamento de outros sensores.

26.5.2.4.1 Filtros de Partículas Diesel (DPFs).DPFs, dosagem de fluido de exaustão de diesel (DEF) e sistemas de redução catalítica seletiva (SCR) são exclusivos dos sistemas de exaustão de diesel. O DPF é um dispositivo projetado para remover partículas de diesel ou fuligem dos gases de escape de um motor a diesel. Além de coletar as partículas, deve existir um método para limpar o filtro. Alguns filtros são filtros descartáveis de uso único, enquanto outros são projetados para queimar o particulado acumulado, conhecido como regeneração. A regeneração pode ser passiva por meio de um catalisador, ou ativa, que pode usar um combustível injetado para aquecer o filtro a uma temperatura suficiente para queimar fuligem de carbono. Em ambos os casos, existem altas temperaturas de superfície, criando um risco de ignição. A falha em manter a blindagem exigida pelo fabricante e a folga entre essas superfícies externas quentes e materiais combustíveis pode resultar na ignição de materiais combustíveis. As válvulas DEF fornecem uma névoa fina de DEF para ser pulverizada no fluxo de exaustão quente, e o sistema SCR reduz os níveis de óxido de nitrogênio (NOx) convertendo NOx em gás nitrogênio e vapor de água.

26.5.2.5 Um perigo potencial em um veículo motorizado em operação normal é o contato com itens combustíveis, como grama alta ou detritos, com superfícies de escapamento e conversores catalíticos. UMA o mau funcionamento do motor pode fazer com que o conversor catalítico fique quente o suficiente para inflamar o revestimento interno e o carpete interno.

26.5.3 Sistemas Elétricos de Veículos Motorizados.

26.5.3.1 Os veículos a motor normalmente usam um sistema de energia elétrica de 12 volts dc ou 24 volts dc com um terra negativo. Esses sistemas normalmente incluem baterias de chumbo-ácido ou de gel para armazenamento de energia e um gerador (alternador) para produção de energia elétrica quando o motor do veículo está funcionando. Alguns veículos modernos são projetados usando motores elétricos para fornecer energia motriz ao veículo (estes são chamados de EVs ou veículos elétricos) e alguns são projetados usando uma combinação de motores elétricos e sistemas de motores de combustão interna para fornecer essa energia (estes são referidos como HEVs ou veículos elétricos híbridos). EVs e HEVs usam tensões mais altas e, em alguns casos, energia CA para os motores de acionamento. Esses tipos de sistemas veiculares são discutidos em 26.5.3.3 e 26.5.3.4. Em uma convenção sistema operacional, se um dos cabos da bateria for desconectado, nenhuma atividade elétrica poderá ocorrer no veículo quando ele não estiver funcionando. Se um veículo estiver funcionando, ele pode continuar funcionando usando a energia do gerador. O gerador produz energia elétrica a uma taxa proporcional à velocidade do motor, portanto, há momentos em marcha lenta do motor em que a saída do gerador é complementada pela energia da bateria para operar todos os sistemas do veículo. A energia da bateria é usada para manter as memórias do computador no veículo quando o motor é desligado. A bateria também deve ser grande o suficiente para operar o motor de partida. A grande quantidade de energia necessária para dar partida no motor geralmente significa que o cabo do motor de partida é o maior condutor do veículo. Como nas estruturas, quanto mais corrente elétrica um fio deve transportar, maior deve ser o condutor. O cabo de partida também é geralmente um dos poucos fios em um veículo que não possui um dispositivo de proteção contra sobrecorrente; ele é dimensionado para suportar o grande consumo de corrente. O sistema de energia elétrica de um veículo convencional é completado com conexões da bateria e gerador a um sistema de fusíveis ou outros dispositivos de proteção de sobrecorrente em várias caixas de distribuição de energia no veículo, através de outros grandes condutores, assim como o serviço elétrico soltar e painel em uma estrutura.

26.5.3.2 Além de fornecer energia elétrica, a bateria de chumbo-ácido também pode ser uma fonte de combustível na forma de gás hidrogênio. O hidrogênio pode ser liberado durante as operações de carregamento. Pequenas quantidades de hidrogênio e oxigênio também estão presentes dentro de baterias seladas (ou seja, sem manutenção) e podem ser liberadas devido a danos mecânicos durante uma colisão. O gás hidrogênio tem uma faixa explosiva muito ampla e é facilmente inflamado por fontes de baixa energia. No entanto, é incomum que uma superfície quente cause ignição por hidrogênio. Uma liberação de gás hidrogênio pode ocorrer devido a uma falha interna da bateria. Durante tal condição, uma quantidade significativa de calor pode ser liberada, resultando na ignição de gás hidrogênio, carcaça da bateria ou combustíveis adjacentes. As baterias de chumbo-ácido podem ser danificadas se forem conectadas em polaridade inversa a um carregador desprotegido. Este tipo de evento,

26.5.3.3 Sistemas Elétricos de Doze Volts. Uma grande diferença entre veículos e estruturas é que todo o chassi, carroceria e motor podem ser usados como caminho no solo. Isso significa que durante uma inspeção, apenas um condutor pode ser encontrado conectado a um dispositivo.

26.5.3.3.1 Se um condutor energizado roçar ou esfregar em uma estrutura, corpo ou superfície do motor, ele pode completar uma falha de curto-circuito, da mesma forma que um fio de estrutura pode roçar

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

e aterre contra um dispositivo devidamente aterrado, como um painel de fusíveis ou uma caixa de interruptores de metal. Na maioria dos casos, isso fará com que o dispositivo de proteção contra sobrecorrente opere e desenergize o circuito. Ao contrário de sistemas de energia elétrica de estrutura que usam circuitos de tamanho padrão (ou seja, disjuntores de 15 A ou 20 A em cada circuito de derivação) que são abertos para o usuário conectar, um sistema de energia elétrica de veículo é principalmente um sistema fechado com a maioria dos circuitos de derivação projetados para um uso específico e sem qualquer acesso de usuário. Isso significa que, se alguém fizer a manutenção de um dispositivo de proteção contra sobrecorrente aberto substituindo-o por um dispositivo de maior valor, o fusível maior pode permitir a sobrecarga dos condutores no circuito, o que pode causar superaquecimento e causar incêndio.

26.5.3.3.2 Existem circuitos em veículos que estão conectados à energia da bateria que não são desligados, como o cabo do solenóide de partida no motor de partida, o poste de saída do gerador, a chave de ignição para usar na partida do veículo, o circuito do pisca-alerta, as lâmpadas de freio e dispositivos com memórias neles, como rádios, relógios e computadores de controle do trem de força, para citar alguns. Os circuitos que fornecem acessórios de reposição conectados diretamente à bateria ou gerador (com ou sem proteção contra sobrecorrente) também podem ser energizados quando o motor não está funcionando. Os diagramas de fiação normalmente mostram a cor do isolamento do condutor e as localizações do dispositivo e descrevem a funcionalidade.

26.5.3.3.3 Tal como acontece com qualquer aparelho elétrico, os dispositivos elétricos nos veículos podem falhar ou funcionar mal de forma a gerar calor. Os condutores de veículos motorizados utilizam fiação de cobre trançada que se tornará recozida ou temperada se ocorrer superaquecimento. Este superaquecimento também pode ser causado por chamas durante um incêndio ou por atividade elétrica antes ou durante um incêndio. Os fios danificados devem ser cuidadosamente inspecionados e documentados antes que qualquer movimento substancial da fiação do veículo seja feito, sempre que possível.

N 26.5.3.3.4 Fiação Multiplex ou Fiação de Dados Seriais.O veículo moderno é controlado pelos computadores (módulos), e os sinais de e para esses módulos são feitos através de sistemas de fiação conhecidos como fiação multiplex ou fiação de dados seriais. Cada fabricante de motores possui um sistema único de multiplexação. O investigador deve consultar as especificações do fabricante individual. Em aplicações automotivas, a multiplexação permite que vários módulos diferentes se comuniquem entre si através de um ou dois fios. Sem multiplexação ou dados seriais, seria necessário um feixe significativamente grande de fios para transmitir informações entre os módulos, sensores e computadores. Por exemplo, sem multiplexação, seriam necessários pelo menos 10 ou 12 fios para transmitir informações como velocidade, temperatura e pressão entre o motor e a transmissão. Com a multiplexação, no entanto, a informação flui através de um único conjunto de fios que pode incluir outros módulos, como o painel de instrumentos, para se comunicar com o motorista. Vários outros sistemas vitais para a segurança e eficiência do veículo podem ser incluídos no circuito, incluindo sistemas como freios antitravamento e controle de tração. A fiação multiplex ou fiação de dados seriais transmite informações em correntes muito baixas, geralmente na faixa de miliampères ou mesmo microampères, para várias partes do veículo, e o investigador deve ser capaz de diferenciar entre condutores de corrente e fiação multiplex ou fiação de dados seriais . Como a fiação multiplex ou fiação de dados serial é responsável pela transmissão de dados, a fiação multiplex ou fiação de dados serial é protegida contra sobretensão e sobrecorrente por seus dispositivos conectados.

26.5.3.3.5* Mapeamento de Arco.O mapeamento de arco foi pesquisado e documentado normalmente em incêndios estruturais pós-flashover com circuitos elétricos de corrente alternada (CA) devidamente fundidos. O mapeamento de arco pode não ser uma técnica eficaz para determinar a origem de um incêndio em automóveis, caminhões, ônibus, construção, agricultura ou outros equipamentos que usam circuitos elétricos de corrente contínua (dc) com um circuito de aterramento comum ao analisar circuitos elétricos secundários . Muitos dos circuitos elétricos nesses produtos são roteados juntos e muitas vezes embalados em chicotes contendo muitos circuitos e fios de muitas bitolas diferentes protegidos em diferentes pontos por diferentes níveis de fusíveis, disjuntores, fusíveis ou, às vezes, sem proteção contra sobrecorrente . Quando um incêndio destrói os materiais isolantes de circuitos e componentes energizados, todos os materiais condutores do veículo ou equipamento estão potencialmente disponíveis como caminhos alternativos e inadvertidos de corrente (incluindo circuitos roteados adjacentes aos circuitos energizados). Circuitos energizados podem potencialmente energizar caminhos elétricos alternativos e caminhos de corrente inadvertidos podem ser criados, causando arcos e curtos, distantes e não associados à área de origem do incêndio. Circuitos primários com proteção de sobrecorrente limitada ou inexistente em aplicações de condutor único podem revelar evidências de atividade elétrica. e não associado à área de origem do fogo. Circuitos primários com proteção de sobrecorrente limitada ou inexistente em aplicações de condutor único podem revelar evidências de atividade elétrica. e não associado à área de origem do fogo. Circuitos primários com proteção de sobrecorrente limitada ou inexistente em aplicações de condutor único podem revelar evidências de atividade elétrica.

26.5.3.4 Outros Sistemas Elétricos. Veículos construídos antes de aproximadamente 1956 podem ter um sistema de 6 volts dc em vez de um sistema de 12 volts dc, e alguns veículos daquela época também utilizavam um sistema de aterramento positivo. Esses veículos são raros. Veículos maiores, como caminhões médios e pesados, ônibus e equipamentos pesados, podem utilizar um sistema de 24 volts CC. Veículos recreativos, discutidos em detalhes na Seção 26.13, também podem conter sistemas CA de 120 volts. Consulte também a seção sobre veículos elétricos e veículos elétricos híbridos neste capítulo para obter mais detalhes sobre esses diferentes sistemas elétricos.

26.5.3.5 Registradores de Dados de Eventos (EDRs). Muitos veículos modernos estão equipados com EDRs. Vários parâmetros do veículo são registrados antes e logo após um acidente, incluindo velocidade do veículo, RPM do motor, frenagem, acionamento do airbag, pulso do acidente, etc. O investigador deve determinar se existe um EDR. O download de dados de EDRs requer habilidades e equipamentos especiais para evitar a perda dos dados. Os dados pós-fogo podem ser corrompidos pela ação do fogo. Também pode haver questões legais associadas à propriedade dos dados.

26.5.3.6 Módulos de Controle do Motor (ECMs). Os ECMs eletrônicos, que geralmente são encontrados em caminhões e ônibus da frota, podem registrar e armazenar dados relativos à operação recente do motor e do veículo. Muitas frotas de caminhões e ônibus estão conectadas por meio de sistemas de comunicação eletrônica a empresas que mantêm registros sobre a operação do caminhão e as deficiências nos sistemas do caminhão. As agências de monitoramento podem fornecer informações armazenadas que não estão disponíveis em outras fontes após um incêndio.

N 26.5.3.7 Dispositivos de Rastreamento. Dispositivos de rastreamento que são monitorados remotamente, seja pelo proprietário do veículo ou por um prestador de serviços, podem fornecer informações relativas aos movimentos e condições de operação do veículo, como velocidade, frenagem brusca ou excesso de rotação, antes do incidente sob investigação. O investigador deve estar ciente de que tais dispositivos de rastreamento são geralmente instalados como instalações pós-venda e podem causar incêndios no caso de a instalação ter sido executada incorretamente.

26.5.4 Sistemas de Energia Mecânica. Os veículos a motor são geralmente movidos por um motor de combustão interna que pode funcionar com um

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

variedade de combustíveis. Um motor de combustão interna é uma máquina complexa com muitos componentes trabalhando em sincronia. Para manter o funcionamento adequado, todas essas peças devem permanecer firmemente conectadas e muitas requerem lubrificação ou resfriamento. A falha mecânica do motor pode resultar em componentes, peças ou peças sendo impulsionadas em altas velocidades para longe do motor. Sabe-se que pistões e bielas quebram dentro do bloco do motor, rompem a lateral ou a parte superior do bloco do motor e danificam outros componentes fora do motor. Óleo líquido, vapores do cárter e refrigerante podem escapar através de um orifício criado por tal falha e inflamar em uma superfície quente. A falha mecânica também pode resultar na falha das linhas de combustível. Um pedaço de pistão cortando a linha de combustível pode causar um incêndio.

26.5.4.1 Sistemas de Lubrificação.A maioria dos motores usa óleo de hidrocarboneto para lubrificação. O óleo é coletado em uma panela na parte inferior do motor e é distribuído por uma bomba mecânica. O óleo retorna à panela por fluxo de gravidade. Bombas de óleo elétricas auxiliares também podem ser usadas em aplicações especializadas. A maioria das bombas de óleo opera de 240 kPa a 415 kPa (35 psi a 60 psi). O óleo pode vazar nas muitas juntas ou superfícies de contato no motor. Vazamentos ao redor da gaxeta da panela, por exemplo, podem permitir que o óleo seja soprado para os componentes de exaustão quentes, ou o vazamento de óleo de uma gaxeta da tampa da válvula pode fluir para um coletor de escape quente. Vazamentos de óleo podem resultar em incêndios após o veículo ser desligado*(Vejo 26.4.3)*.
A falta de óleo no motor pode causar a falha de componentes internos. Essas falhas podem levar a falhas mecânicas catastróficas, que podem, por sua vez, causar um incêndio.

26.5.4.2 Sistemas de Resfriamento de Líquido.O arrefecimento do motor é feito com líquido ou ar. Os motores refrigerados a líquido usam um sistema fechado que consiste em passagens por todo o bloco, uma bomba d'água, mangueiras, termostato e um radiador. À medida que o motor atinge sua temperatura normal de operação, o líquido de arrefecimento do motor também aquece. Este refrigerante é circulado através do sistema pela bomba de água. Quando o líquido refrigerante atinge uma temperatura predefinida [normalmente na faixa de 80°C a 90°C (180°F a 195°F)], o termostato abre, permitindo que o líquido refrigerante flua através do radiador. O radiador é um trocador de calor, composto por uma série de pequenos tubos, conectados entre dois tanques. Um ventilador é usado para fornecer fluxo de ar em baixas velocidades ou quando o veículo está parado. O fluxo de ar ao redor dos tubos reduz a temperatura do líquido de arrefecimento antes de ser enviado de volta ao motor. Um sistema de resfriamento normal operará a aproximadamente 110 kPa (16 psi). A maioria dos sistemas de resfriamento é projetada para usar uma mistura de 50% de anticongelante glicol e 50% de água. Em climas mais frios, às vezes são usadas porcentagens mais altas de anticongelante.

26.5.4.3 Sistemas refrigerados a ar. Motores refrigerados a ar usam um ventilador e dutos para mover o ar ao redor do motor. Esses ventiladores são normalmente acionados por correia. O superaquecimento do motor pode ocorrer se a correia quebrar. Pode ocorrer falha catastrófica do motor.

26.5.4.4 Motores Elétricos. Veículos como elétricos puros e híbridos (ou seja, combinação de combustão interna e elétrico) têm um ou mais motores elétricos de alta potência para fornecer ou aumentar o torque para acionar o veículo. Esses motores são conectados à eletrônica de potência, que por sua vez é alimentada por uma bateria ou ultracapacitores. A fonte de alimentação que fornece energia ao(s) motor(es) pode variar até 600 volts. Motores elétricos também podem ser usados em veículos para fornecer assistência à direção em vez de sistemas de direção hidráulica. Os motores elétricos convencionais foram projetados para CC, mas alguns os fabricantes estão tendendo para motores CA de frequência variável; no entanto, pequenos veículos elétricos, como carrinhos de golfe, ainda operam em CC.

26.5.5 Distribuição de Energia Mecânica.A potência mecânica produzida pelo motor deve ser entregue às rodas motrizes. Esta entrega é realizada através de uma transmissão. A transmissão pode consistir em engrenagens mecânicas ou engrenagens acionadas hidraulicamente. As partes móveis dentro das transmissões requerem lubrificação.

26.5.5.1 Transmissões com Engrenagens Mecânicas. As transmissões com engrenagens mecânicas, comumente chamadas de transmissões manuais, recebem a potência do motor através do conjunto da embreagem. O conjunto da embreagem está localizado entre o motor e a transmissão e consiste em uma placa de pressão aparafusada ao volante do motor e um disco de embreagem no eixo dianteiro da transmissão. A embreagem pode ser acionada hidraulicamente e o fluido da embreagem também é inflamável. A seleção das engrenagens de acionamento é realizada mecanicamente por hastes e alavancas. As engrenagens da transmissão são lubrificadas em banho de óleo. O óleo pode ser tão pesado quanto óleo de engrenagem de peso 120 ou 130, ou tão leve quanto fluido de transmissão automática. As falhas mecânicas podem ser tão catastróficas quanto as do motor. Vazamentos de lubrificante de transmissão podem ocorrer na área do sistema de escapamento. O fluido de transmissão normalmente pode ser adicionado apenas por baixo do veículo, diretamente através de aberturas na lateral da transmissão. O enchimento excessivo de uma transmissão com engrenagens manuais é raro.

26.5.5.2 Transmissão com Engrenagem Hidráulica. Comumente chamados de transmissões automáticas, esses dispositivos recebem a potência do motor por meio de um conversor de torque. Um conversor de torque permite que o motor funcione em marcha lenta sem que o veículo se mova. Isso é realizado por palhetas no conversor de torque, permitindo que uma pequena quantidade de fluido de transmissão flua ao redor das palhetas. À medida que a velocidade do motor aumenta, o fluido não pode mais fluir ao redor das palhetas e a potência é transferida para a transmissão. A seleção de marchas é realizada pela transmissão, dependendo de fatores como rotação do motor e demandas de carga.

26.5.5.2.1 Durante a operação da transmissão, o calor é gerado no fluido à medida que flui pela transmissão. Este fluido requer refrigeração. O resfriamento normalmente é realizado direcionando o fluido através de um trocador de calor localizado no tanque da extremidade do radiador. Se for necessário resfriamento adicional, podem ser necessários trocadores de calor auxiliares. Eles podem estar localizados na frente do radiador ou do condensador HVAC e exigirão encanamento de fluido adicional.

26.5.5.2.2O fluido pode ser adicionado abrindo o compartimento do motor, removendo o indicador de nível do fluido da transmissão (vareta medidora) e despejando fluido no tubo. A maioria dos indicadores de nível da transmissão especifica que a transmissão deve estar em marcha lenta em temperaturas normais de operação antes que o nível do fluido seja verificado. O enchimento excessivo pode fazer com que a transmissão superaqueça o fluido e possa permitir que o fluido seja expelido do tubo da vareta. Durante o funcionamento severo do veículo (temperaturas ambiente elevadas, reboque inclinado ou reboque de carga elevada) uma transmissão pode expelir o fluido para fora do tubo da vareta ou do tubo de ventilação da transmissão. O tubo da vareta e o tubo de respiro estão frequentemente localizados perto ou sobre o coletor de escapamento ou componentes do sistema de escapamento. A expulsão de fluido também pode ocorrer se o tipo errado de fluido for adicionado à transmissão. Alguns fabricantes projetaram uma vareta de travamento que impedirá a expulsão de fluido do tubo da vareta após reinstalar a vareta corretamente. Vazamentos da junta da panela podem ocorrer na área do sistema de escapamento.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

26.5.6 Acessórios para o Sistema de Potência Mecânico. Os acessórios comumente instalados são compressores de ar condicionado, bombas de direção hidráulica, bombas de água, geradores (alternadores), bombas de ar e bombas de vácuo. Esses dispositivos mecânicos podem estar conectados ao motor e têm seu próprio potencial de mau funcionamento. Esses acessórios são normalmente acionados por uma ou mais correias de transmissão. Se houver suspeita de mau funcionamento em um desses dispositivos, um manual de referência apropriado deve ser consultado.

26.5.7 Sistema de Frenagem Hidráulica.O sistema de frenagem hidráulico é acionado por um pedal conectado, através do servofreio hidráulico, a um cilindro mestre. Este cilindro mestre é conectado com tubos de aço aos cilindros das rodas nos freios a tambor e nas pinças dos freios a disco. Pressionar o pedal do freio aumenta a pressão no sistema de frenagem, que é transmitida para os cilindros das rodas e pinças. Essa pressão faz com que as lonas de freio (calços e pastilhas) entrem em contato com os tambores ou rotores de freio, criando atrito, que para o veículo. Os sistemas de freio trabalham sob altas pressões e mesmo um pequeno vazamento pode produzir um spray que pode ser inflamado se entrar em contato com uma fonte de ignição. Os sistemas de freio também contêm fluido sobressalente que é mantido em um reservatório que nunca é pressurizado. O objetivo do fluido sobressalente é reabastecer o cilindro mestre à medida que o sistema absorve fluido durante o desgaste normal das pastilhas de freio. Os reservatórios da maioria dos veículos são feitos de um material plástico que pode derreter durante um incêndio no compartimento do motor. Se isso ocorrer, o fluido de freio no reservatório servirá como combustível secundário e acelerará o fogo na área do cilindro mestre. O fluido de freio pode ser expelido devido a danos no reservatório ou a uma tampa ausente ou deslocada e pode fornecer o primeiro combustível inflamado.

26.5.8 Sistemas de Lavador de Pára-brisas.O líquido ou solvente do lavador do para-brisa é uma mistura de água e álcool metílico ou metanol. O álcool metílico é adicionado para evitar que o fluido ou solvente congele. O teor de álcool metílico varia de 20% a 60%. O fluido ou solvente do lavador do para-brisa, se pulverizado em uma superfície quente, pode formar um vapor que pode se inflamar. O reservatório de solvente do lavador de pára-brisa é geralmente um material plástico e pode ser consumido em um incêndio. Se o reservatório for consumido, observe se partes da carroceria do veículo penetraram no espaço que seria ocupado pelo reservatório. Alguns sistemas usam bicos aquecidos para evitar que o fluido do lavador congele. Uma avaria no aquecedor pode causar um incêndio.

26.6 Sistemas Corporais. Muitos painéis da carroceria de veículos a motor modernos são feitos de plástico, polímeros ou materiais de fibra de vidro e queimam durante um incêndio. Esses materiais por si só não representam um risco significativo de ignição; no entanto, após o início de um incêndio, eles podem aumentar significativamente a carga de combustível. Muitas vezes, toda a cabine de um trator será consumida ou os painéis das portas e do capô desaparecerão. Os painéis internos dos pára-lamas dianteiros em muitos carros são de plástico; quando eles queimarem, ventilação adicional estará disponível para incêndios no compartimento do motor. Ressalta-se que alumínio, magnésio e suas ligas estão sendo utilizados em painéis em alguns veículos. Esses painéis queimarão, muitas vezes com grande intensidade. A divisória entre o compartimento do motor e o compartimento do passageiro é comumente chamada de*parede de fogo*, *capota*, ou*antepara*. Nos veículos a motor modernos, esta divisória pode ter inúmeras penetrações, algumas associadas às condutas do sistema de aquecimento e ar condicionado. Os dutos são geralmente feitos de plástico reforçado e podem queimar, resultando em um caminho para o fogo se espalhar para o compartimento de passageiros. O fogo também pode se espalhar por condução através da divisória de metal para combustíveis sob o painel.

26.6.1 Acabamentos Interiores e Acessórios. Os acabamentos interiores e mobiliário (assentos e estofos) da maioria dos veículos motorizados representam uma carga de combustível significativa. Se o veículo estiver queimado, tente determinar qual era a carga de combustível interna original e como ela foi organizada. Documente a presença (ou ausência) de assentos e equipamentos acessórios, como rádios, CD players ou telefones.

26.6.2 Áreas de Carga. Um incêndio em um veículo motorizado pode envolver o porta-malas de um automóvel, as áreas de armazenamento de um trailer ou o compartimento de carga de um caminhão. É importante determinar se o fogo se originou ou se espalhou para essas áreas. O investigador deve fazer um inventário dos materiais que estavam presentes nessas áreas. A inspeção dos detritos pode ser suficiente, ou pode ser necessário entrevistar os proprietários ou ocupantes para obter as informações necessárias.

Δ **26.7 Cenas de Incêndio em Veículos Motorizados.**As mesmas técnicas gerais são empregadas para a investigação de incêndios em veículos que são usadas para incêndios em estruturas. A cena do incêndio inclui o veículo e a área ao seu redor. O veículo deve ser inicialmente examinado no local. Em muitos casos, no entanto, o investigador pode não ter a oportunidade de ver o veículo no local. Em tais circunstâncias, tanto o veículo quanto o local do incêndio devem ser vistos e documentados. Por muitas razões, o veículo pode ter que ser movido antes que o investigador chegue ao local. Freqüentemente, parte da documentação ocorre em um depósito de salvamento, oficina de reparos ou depósito. Em tais circunstâncias em que os interessados tenham sido identificados, a retirada do veículo do local deve ser adiada quando possível, até que todas as partes tenham visto e documentado a cena para evitar alegações de espoliação. Uma inspeção de incêndio em um veículo deve incluir os procedimentos em 26.7.1 Através dos 26.7.5. Pós-colisão incêndios em veículos podem exigir a assistência de um reconstrutor de acidentes ou engenheiro de projeto de veículos.

26.7.1 Identificação do Veículo. Identifique o veículo a ser inspecionado e registre as informações. Isso implicará descrevê-lo por marca, modelo, ano do modelo e incluir quaisquer outros recursos de identificação. O veículo deve ser identificado com precisão por meio do número de identificação do veículo (VIN). A composição do VIN fornece informações sobre o fabricante, país de origem, tipo de carroceria, tipo de motor, ano do modelo, fábrica de montagem e número de produção. A placa VIN é mais comumente colocada no painel de instrumentos na frente da posição do motorista. Pode ser afixado com rebites. Se esta placa sobreviver ao fogo, o número deve ser registrado com precisão. As informações de fabricação também são frequentemente encontradas em uma etiqueta de combustível no pilar da porta do motorista. Muitos fabricantes também estampam pelo menos um VIN parcial no lado do motor da antepara. A antepara pode ser chamada de painel de instrumentos e rodapé ou parede corta-fogo. É a divisória que separa o compartimento de máquinas do compartimento de passageiros. Uma escova de cerdas de latão limpará esse número para que fique legível. Se o número se tornar ilegível ou parecer ter sido adulterado, deve ser solicitada a assistência de um dos seguintes:

(1) Uma unidade de roubo de automóveis da polícia
(2) Um membro do National Insurance Crime Bureau nos Estados Unidos
(3) Um membro do Canadian Automobile Theft Bureau no Canadá

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

26.7.1.1 Estas pessoas possuem os conhecimentos necessários para identificar o veículo por meio de números confidenciais localizados em outras partes do veículo. O VIN deve ser verificado no National Crime Information Center (NCIC) ou no Canadian Police Information Center (CPIC) para garantir que não haja nenhum registro pendente nele.

26.7.2 Histórico da Cena de Incêndio do Veículo. Um dos passos iniciais a serem realizados em uma investigação de incêndio veicular é a coleta de informações relativas à condição e uso do veículo no momento e antes do incêndio. Informações pertinentes podem ser obtidas por meio de entrevistas com várias pessoas, como o proprietário do veículo, pessoal de serviço/reparo, o operador mais recente, a pessoa ou pessoas que descobriram o incêndio, transeuntes, bombeiros e policiais. É importante registrar as informações obtidas para que possam ser levadas em consideração posteriormente durante a formação de uma hipótese de causa de incêndio. Para obter mais informações sobre o registro de informações obtidas durante as entrevistas, consulte 14.5.1.5. Exemplos de informações que devem ser obtidas incluem o seguinte:

(1) Último uso
(2) Quilometragem
(3) Operação
(4) Serviço
(5) Combustível
(6) Equipamento
(7) Objetos pessoais
(8) Fotografias antes do incêndio
(9) Fotografias durante o incêndio
(10) Fotografias após o incêndio

26.7.2.1O investigador deve ter em mente que a lista acima representa apenas uma amostra das questões que podem ser relevantes em qualquer investigação e não pretende ser abrangente.

26.7.3 Dados do Veículo.

26.7.3.1 Uma vez que o veículo tenha sido positivamente identificado como objeto da investigação, as funções mecânicas desse veículo em particular, sua composição e sua suscetibilidade ao fogo devem ser revisadas. Para garantir que nenhum detalhe seja esquecido, o investigador pode examinar um veículo de ano, marca, modelo e equipamento semelhantes ou os manuais de serviço apropriados. O uso de uma lista de verificação pode auxiliar o investigador na inspeção completa do veículo.*[Consulte a Figura A.16.3.2(e) para obter um exemplo da lista de verificação.]*Não se destina a ser abrangente e pode não se aplicar a uma determinada investigação e, além disso, pode não abranger todos os itens que um investigador pode identificar na cena do crime.

26.7.3.2 Informações sobre incêndios e causas de incêndio em veículos da mesma marca, modelo e ano podem ser obtidas na National Highway Traffic Safety Administration, www.nhtsa.gov (1-800-424-9393 ou 1-202-366- 0123), do Insurance Institute for Highway Safety, www.hwysafety.org (202-328-7700), ou do Center for Auto Safety, www.auto-safety.org (1-202-328-7700). No Canadá, entre em contato com a Transport Canada, www.tc.gc.ca/ (1-613-993-9851).

26.7.4 Documentação do Veículo no Local do Incêndio. Toda a cena do incêndio deve ser definida, incluindo o veículo e uma área suficiente ao redor do veículo. A cena, conforme determinado, deve ser considerada evidência potencial que deve ser protegida e preservada até que possa ser minuciosamente documentada. Quando um veículo for removido do local, o veículo e o local devem ser documentados. O investigador deve fazer um diagrama do local do incêndio, mostrando pontos de referência e distâncias relativas ao veículo. O diagrama deve ser suficientemente detalhado para identificar a localização do veículo, antes de sua remoção. A cena geral deve ser fotografada, mostrando edifícios ao redor, estruturas de rodovias, vegetação, outros veículos e impressões deixadas por pneus ou pegadas. Todos os danos causados pelo fogo em qualquer um dos itens acima ou sinais de descarga de combustível devem ser fotografados e documentados para ajudar na análise da propagação do fogo. A localização e condição de quaisquer peças ou detritos que sejam desprendidos devem ser documentados. Cenas de incêndio pós-acidente podem exigir documentação adicional, como levantamentos digitais e levantamentos aéreos.

26.7.4.1O veículo deve ser fotografado de forma ordenada e consistente. As fotografias devem incluir todas as superfícies, incluindo a parte superior e inferior. As áreas danificadas e não danificadas, incluindo os danos internos e externos, devem ser fotografadas. A documentação do veículo deve ilustrar a condição, posição e conteúdo do veículo no momento da inspeção. Quaisquer alterações no veículo durante a inspeção devem ser documentadas com uma série de fotografias que mostrem razoavelmente essas alterações.

26.7.4.2 Qualquer evidência mostrando o caminho do fogo espalhado para dentro ou para fora de qualquer compartimento (motor, passageiro, porta-malas, carga, etc.) ou dentro de qualquer compartimento deve ser fotografado. Tal como acontece com os incêndios estruturais, a trajetória do fogo pode ser difícil de determinar em um veículo totalmente queimado.

26.7.4.3 Os espaços de carga devem ser fotografados. O tipo e a quantidade de carga e qualquer envolvimento no incêndio devem ser anotados. Se possível, a remoção do(s) veículo(s) e quaisquer danos resultantes do processo de remoção devem ser documentados. Além disso, após a remoção do(s) veículo(s), a cena deve ser fotografada observando as queimaduras na terra ou na estrada e a localização de vidros e outros detritos. Desenhos e notas devem ser preparados para aumentar as fotografias.

26.7.5 Documentando o Veículo Fora do Local.

26.7.5.1 Se o veículo foi removido do local, uma visita ao local pode ser útil. As fotografias que foram tiradas no local devem ser revistas. Antes da inspecção do veículo, deve ser recolhida a maior quantidade possível de informações de base. Essas informações devem incluir data e hora da perda; local da perda; declarações do operador, passageiro ou testemunha; relatórios da polícia e do corpo de bombeiros; a localização atual do veículo; e meio de transporte (reboque, reboque, conduzido, etc.). O processo básico de documentar a condição do veículo é o mesmo, independentemente de onde ele esteja. Quando a inspeção está atrasada e o veículo está localizado em um local remoto, as peças podem estar faltando ou danificadas. Além disso, o(s) veículo(s) pode(m) ter sido danificado(s) pelos elementos e os padrões de incêndio, principalmente aqueles em superfícies metálicas, podem estar obscurecidos. Se for provável o armazenamento ao ar livre, devem ser tomadas providências para que o veículo seja coberto com uma lona ou outro material adequado. Freqüentemente, a ferrugem que se desenvolve nos painéis da carroceria alguns dias após o incêndio pode tornar os padrões de queima mais visíveis, mas a ferrugem subsequente pode obscurecer os padrões de queima.

26.7.5.2 Mesmo que o veículo tenha sido examinado no local, há vantagens em inspecionar um veículo fora do local. Por exemplo, é mais fácil mover ou remover os painéis da carroceria que podem estar bloqueando a visão de partes críticas. A energia geralmente está disponível, assim como as ferramentas para desmontagem, se necessário. Freqüentemente, podem ser feitos arranjos para ter equipamentos como uma empilhadeira disponível para levantar o veículo para uma inspeção mais detalhada. O veículo

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

deve ser minuciosamente fotografado, pois é examinado em locais distantes da cena.

26.8 Exames de Veículos Automotores.

26.8.1 Geral. O exame de um veículo automotor depois de queimado é uma tarefa complexa e variada. Tal como acontece com os incêndios estruturais, o primeiro passo é determinar uma área de origem. Os veículos motorizados podem ter cinco áreas principais: o exterior, o compartimento do motor, o compartimento de passageiros ou interior, o compartimento de carga e a parte inferior da carroceria ou chassi. O tamanho, construção e carga de combustível desses compartimentos podem variar consideravelmente. O uso de notas de campo de inspeção veicular *[veja a Figura A.16.3.2(e)]* pode ajudar o investigador a registrar as informações.

26.8.1.1* Onde houver revestimentos superficiais remanescentes, materiais combustíveis (por exemplo, acabamentos de plástico e borracha) e vidro, um exame do exterior pode revelar padrões significativos de incêndio, o que pode ajudar na determinação do compartimento de origem do incêndio. A localização do incêndio e a forma como o pára-brisas reage a ele podem permitir a determinação do compartimento de origem. Diagramas que ilustram o desenvolvimento potencial do padrão de incêndio em função do compartimento de origem são mostrados na Figura 26.8.1.1(a) e Figura 26.8.1.1 (b). UMA o incêndio no compartimento de passageiros frequentemente causará falhas na parte superior do pára-brisa e deixará padrões de incêndio radiais (padrões de incêndio que parecem irradiar de uma área) no capô. Esses padrões são criados à medida que o fogo avança e consome os revestimentos da superfície, conforme mostrado na Figura 26.8.1.1 (c) e Figura 26.8.1.1 (d). Teste de incêndio interno e danos resultantes e os padrões são representados na Figura 26.8.1.1 (e) através da Figura 26.8.1.1 (g). Padrões radiais de um incêndio no compartimento de passageiros estão representados na Figura 26.8.1.1 (h) e Figura 26.8.1.1 (eu). Variações nas cores e padrões em superfícies de metal nu são comuns em incêndios de veículos onde a maioria, se não todos, revestimentos de superfície e materiais combustíveis (por exemplo, acabamentos de plástico e borracha) foram consumidos. No entanto, deve-se ter cautela ao confiar apenas em cores e padrões em superfícies de metal sem evidências substanciais. As várias cores presentes podem ser devidas a diferentes tipos de óxidos de ferro formados durante e após um incêndio. Mesmo um único óxido pode ter uma gama de cores dependendo de sua estrutura cristalina. As variações de cor do óxido também podem ser devidas a variações no tipo e concentração de contaminantes na superfície, elementos de liga e espessura do óxido. Variações nas cores e padrões de óxido em superfícies de metal nuas de um incêndio em um veículo são descritas na Figura 26.8.1.1 (j).

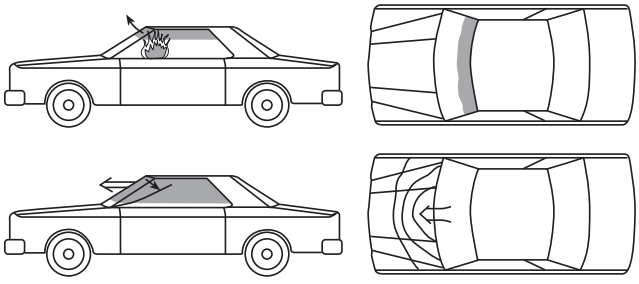


FIGURA 26.8.1.1(a) Desenvolvimento de padrões de fogo a partir de um Origem Interior.

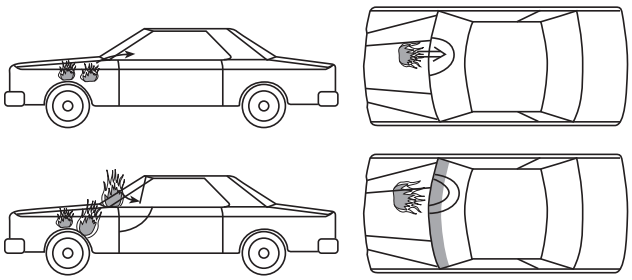


FIGURA 26.8.1.1(b) Desenvolvimento de padrões de fogo a partir de um Origem do compartimento do motor.



FIGURA 26.8.1.1(c) Padrão Radial de Incêndio Produzido por um Incêndio no Compartimento de Passageiros.



FIGURA 26.8.1.1(d) Outro Padrão Radial de Incêndio Produzido por um Incêndio no Compartimento de Passageiros.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 26.8.1.1(e) Queimadura de Teste de Incêndio Interior.



FIGURA 26.8.1.1(f) Dano de Fogo e Padrões de um Incêndio Interior.



FIGURA 26.8.1.1(g) Vidro restante do para-brisa de um incêndio interno.



FIGURA 26.8.1.1(h) Padrão Radial de Incêndio Produzido por um Incêndio no Compartimento de Passageiros.



FIGURA 26.8.1.1(i) Outro Padrão de Incêndio Radial Produzido por um Incêndio no Compartimento de Passageiros.



FIGURA 26.8.1.1(j) Variações nas cores e padrões de óxido em superfícies metálicas nuas produzidas por um incêndio de veículo totalmente envolvido, originado no compartimento do motor durante um teste. ***(Fonte: Reimpresso com permissão da SAE International)***

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

26.8.1.2 Incêndios no compartimento do motor podem se espalhar para o compartimento de passageiros através de penetrações preexistentes na antepara, conforme descrito na Seção , e normalmente causam falhas na parte inferior do pára-brisa, muitas vezes no lado do passageiro. Padrões radiais de um incêndio no motor podem ser observados nas portas. Exemplos de padrões típicos produzidos por incêndios no motor são mostrados na Figura 26.8.1.2(a) e Figura 26.8.1.2(b). Fotos adicionais de incêndio no compartimento do motor são mostradas na Figura 26.8.1.2(c) através da Figura 26.8.1.2(h).

26.8.2 Exame de Sistemas de Veículos. Após estabelecer um compartimento de origem, os sistemas individuais nessa área podem ser examinados. Usando as identificações e funções do sistema descritas na Seção 26,5 Através dos 26.5.8, um investigador deve inspecionar cada sistema e determinar sua condição e o possível envolvimento desse sistema no incêndio.

26.8.2.1 Inspecione o tanque de combustível quanto a esmagamento ou penetrações. Observe a condição do sistema de abastecimento de combustível. Os tubos e mangueiras de enchimento e ventilação de combustível são geralmente sistemas de várias peças com conexões elastoméricas. Alguns sistemas de enchimento são inseridos no tanque através de uma bucha ou junta elastomérica. Essas conexões podem liberar combustível separando-se mecanicamente durante uma colisão ou podem queimar devido a um incêndio de exposição. Os tanques de combustível podem ser fabricados a partir de materiais metálicos ou não metálicos e podem ser parcial ou totalmente consumidos durante o incêndio.

26.8.2.2 A presença ou ausência da tampa de abastecimento do tanque de combustível e qualquer incêndio ou dano mecânico na extremidade do sistema de abastecimento devem ser anotados e registrados. Muitas tampas dos tanques de combustível têm componentes de plástico ou de metal de baixa temperatura de fusão que podem ser destruídos durante o incêndio, com o resultado de que as peças de metal podem ser desalojadas, perdidas ou encontradas no tanque de combustível. Os tanques de combustível expostos ao calor ou chama geralmente exibem uma linha de demarcação "líquida" que representa o nível de combustível no momento em que o fogo foi extinto.

26.8.2.3 Os tubos e mangueiras de fornecimento, retorno e vapor de combustível devem ser inspecionados quanto a vazamentos ou indicações de danos causados por incêndio. Esses tubos e mangueiras geralmente possuem conexões elastoméricas em um ou mais pontos ao longo de seu comprimento que podem liberar combustível. A condição desses tubos e mangueiras e qualquer evidência de liberação de combustível em relação a áreas de superfície quente ou danos mecânicos devem ser examinados e registrados.



FIGURA 26.8.1.2(a) Falha Incipiente do Para-brisa Causada por Incêndio no Compartimento do Motor.



FIGURA 26.8.1.2(b) Padrão Radial na Porta Lateral do Passageiro Produzido por Incêndio no Compartimento do Motor.



FIGURA 26.8.1.2(c) Queimadura de Teste de Incêndio do Compartimento do Motor.



FIGURA 26.8.1.2(d) Padrão de incêndio no capô devido a um incêndio no compartimento do motor.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 26.8.1.2(e) Incêndio Danos no Compartimento do Motor Devido a Incêndio no Compartimento do Motor.



FIGURA 26.8.1.2(f) Propagação de um motor Compartimento de Incêndio para o Interior.



FIGURA 26.8.1.2(g) Falha incipiente do pára-brisa causada por um incêndio no compartimento do motor.



FIGURA 26.8.1.2(h) Padrão radial no pára-choque do lado do motorista produzido por um incêndio no compartimento do motor.

26.8.3 Interruptores, Alavancas e Alavancas. Durante a inspeção do interior do veículo, a posição dos interruptores deve ser observada para determinar suas respectivas posições (ligar/desligar, subir/descer, etc.). Uma tentativa deve ser feita para determinar se as janelas estavam abertas ou fechadas e qual era sua condição antes do incêndio. este pode ser feito determinando e documentando a posição e condição dos reguladores de janela. A posição do mecanismo de mudança de marchas deve ser observado e o cilindro da trava de ignição deve ser examinado, se possível, quanto a sinais de chave, adulteração ou quebra da trava. Esses componentes são compostos por vários materiais e podem ser danificados em graus variados pela exposição ao calor; no entanto, muitos ainda podem ser recuperados através da triagem de detritos e fornecer informações relevantes para a investigação.

26.9 Queimaduras Totais. "Queimadas totais" são considerados os incêndios que consumiram todos ou quase todos os materiais combustíveis. Veículos que queimaram completamente apresentam problemas especiais para determinar a origem e a causa do incêndio. Se um veículo queimar completamente, pode não haver testemunhas para entrevistar e possivelmente nenhuma resposta do corpo de bombeiros. O veículo deve ser identificado e documentado completamente. Deve-se tentar determinar a condição do veículo no momento do incêndio. Se faltarem componentes, deve-se tentar determinar se eles foram removidos antes do incêndio, ou

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

removidos ou perdidos após o incêndio. A condição pré-incêndio do motor e da transmissão pode frequentemente ser determinada pela análise de seus fluidos. Detritos de fogo do piso e áreas circundantes podem ser verificados quanto à presença de resíduos líquidos inflamáveis.

26.10 Considerações Especiais para Incêndios em Veículos Incendiários. Veículos que são roubados ou supostamente roubados apresentam um caso especial. A probabilidade de um veículo sofrer um incêndio acidental após ser roubado é muito baixa, mas um exame completo ainda deve ser realizado. Os veículos podem ser roubados por vários motivos. Um motivo comum é o roubo de peças. Se um ladrão rouba um veículo para peças, ele pode nunca ser recuperado. Se for recuperado, deve ser óbvio que as peças foram removidas. Itens de valor que podem estar faltando incluem rodas, a maioria dos principais painéis da carroceria, motores e transmissões, airbags, sistema de som e assentos. Outro motivo comum para o roubo de veículos é cometer outro crime. O ladrão às vezes queima o veículo para encobrir qualquer evidência, como impressões digitais. Este ladrão não pode retirar nenhum item do veículo e pode usar materiais disponíveis para atear o fogo. Às vezes, os veículos são deliberadamente queimados e relatados como roubados. Tais veículos podem apresentar indícios da fraude na forma de substituição de peças inferiores, como rodas e sistemas de som. Às vezes, um veículo alugado é deliberadamente queimado para que o locatário possa rescindir o contrato que não pode pagar ou onde o veículo acumulou muitas milhas, exigindo um pagamento substancial de quilometragem excessiva.

26.10.1A análise dos fluidos do trem de acionamento (como óleo do motor ou fluido da transmissão) pode ser realizada para determinar a condição de pré-fogo do motor e o possível motivo da destruição do veículo. As amostras de detritos podem ser analisadas quanto à presença de líquidos inflamáveis. Esta análise pode mostrar o método de destruição.

26.10.2 Assumindo uma queima total ou quase total, a remoção de detritos pode revelar a presença do wafer do cilindro da trava de ignição do veículo (tortas). Esta é a parte do interruptor de ignição que contém a chave. A remoção cuidadosa de detritos e a documentação podem mostrar a chave ainda nos tambores do cilindro da fechadura. Em alguns casos, a disposição do wafer nos detritos indicará se o wafer estava ou não localizado dentro do cilindro da trava de ignição no momento do incêndio. Esta informação, bem como uma avaliação microscópica das terras do wafer, pode mostrar se o cilindro da fechadura de ignição foi forçado antes do incêndio. Se as pastilhas não forem encontradas, isso pode indicar que o cilindro da trava de ignição foi removido antes do incêndio. O investigador pode encontrar a bolacha quase intacta em outra parte do veículo. Nesse caso, o wafer provavelmente mostrará evidências de remoção forçada. Para que um veículo seja furtado sem o uso da chave correta, o veículo deve ser rebocado do local ou o veículo deve ser adentrado, a trava do volante deve ser contornada (quebrada), o dispositivo de travamento da alavanca de transmissão deve ser ignorado (quebrado) e a chave de ignição deve estar engatada. A falha de evidência de todos estes, geralmente indica que a chave correta foi usada. Alguns automóveis agora usam uma chave com cabeça de plástico que contém um transmissor eletrônico codificado para o veículo que se comunica com o computador do motor do veículo. A chave errada, ou nenhuma chave, normalmente não permitirá que o veículo dê partida. a trava do volante deve ser desviada (quebrada), o dispositivo de travamento da alavanca de transmissão deve ser desviado (quebrado) e o interruptor de ignição deve estar engatado. A falha de evidência de todos estes, geralmente indica que a chave correta foi usada. Alguns automóveis agora usam uma chave com cabeça de plástico que contém um transmissor eletrônico codificado para o veículo que se comunica com o computador do motor do veículo. A chave errada, ou nenhuma chave, normalmente não permitirá que o veículo dê partida. a trava do volante deve ser desviada (quebrada), o dispositivo de travamento da alavanca de transmissão deve ser desviado (quebrado) e o interruptor de ignição deve estar engatado. A falha de evidência de todos estes, geralmente indica que a chave correta foi usada. Alguns automóveis agora usam uma chave com cabeça de plástico que contém um transmissor eletrônico codificado para o veículo que se comunica com o computador do motor do veículo. A chave errada, ou nenhuma chave, normalmente não permitirá que o veículo dê partida. Alguns automóveis agora usam uma chave com cabeça de plástico que contém um transmissor eletrônico codificado para o veículo que se comunica com o computador do motor do veículo. A chave errada, ou nenhuma chave, normalmente não permitirá que o veículo dê partida. Alguns automóveis agora usam uma chave com cabeça de plástico que contém um transmissor eletrônico codificado para o veículo que se comunica com o computador do motor do veículo. A chave errada, ou nenhuma chave, normalmente não permitirá que o veículo dê partida.

26.11 Componentes de ignição do veículo.

26.11.1 Inspeção da fechadura de ignição tipo chave cortada. As informações nesta seção destinam-se apenas à inspeção de veículos equipados com fechaduras de ignição do tipo chave cortada. Partida remota, ignição sem chave (push start), chaves de proximidade ou qualquer outro dispositivo que não utilize uma "chave de corte" não serão cobertos. Esta seção refere-se principalmente aos veículos que foram reportados como roubados e recuperados queimados. A mesma metodologia pode ser utilizada em qualquer investigação veicular. A evidência física da condição pré-incêndio da fechadura de ignição pode ser descoberta durante a inspeção do veículo. A localização comum, conforme fabricada, para a trava de ignição é no lado direito da coluna de direção [Figura 26.11.1(a)]. O investigador deve ter em mente que a trava de ignição nem sempre está na coluna de direção e pode ser montada no painel ou no console central [Figura 26.11.1(b)]. Embora haja uma variedade de fabricantes de automóveis, apenas alguns estilos de pastilhas de trava de ignição são utilizados [Figura 26.11.1(c)]. O investigador deve estar familiarizado com a construção da bolacha que está associada ao veículo investigado.



FIGURA 26.11.1(a) Trava de ignição montada no lado direito de uma coluna de direção.



FIGURA 26.11.1(b) Trava de ignição montada no painel do lado direito da coluna de direção.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 26.11.1(c) Exemplo de wafers de trava de ignição comumente usados.

26.11.1.1 Cilindro da Trava de Ignição.O cilindro de trava de ignição típico é construído de zinco fundido (“pot metal”) montado em uma carcaça de coluna de direção de zinco fundido. O zinco fundido tem uma temperatura de fusão de 300°C–400°C (560°F–750°F). As bolachas de bloqueio são normalmente feitas de latão com uma temperatura de fusão na faixa de 936°C–992°C (1710°F–1825°F). O alojamento da coluna de direção de zinco fundido com temperatura de fusão mais baixa normalmente libera a trava de ignição de seu alojamento durante um incêndio, permitindo que ele caia no chão ou nos detritos abaixo. Uma vez liberado, o zinco fundido do cilindro da fechadura de ignição normalmente permanecerá pelo menos parcialmente intacto. A posição e a condição dos artefatos da trava de ignição podem ajudar o investigador

26.11.1.2 Recuperação Pós-Fogo do Cilindro de Trava. Detritos de incêndio no piso dianteiro do lado do motorista devem ser colocados em camadas e examinados. Se o cilindro da fechadura de ignição não foi removido à força antes do incêndio, alguns ou todos os restos da fechadura de ignição devem ser identificáveis nos destroços e recuperados para análise posterior. Esses restos devem ser encontrados em uma área localizada imediatamente abaixo de onde foram instalados. A peneiração dos detritos com a tela de tamanho apropriado pode ser necessária para a recuperação e identificação dos componentes da trava de ignição.

26.11.1.2.1A observação do bloqueio de ignição permanece dentro de detritos de fogo imediatamente abaixo do ponto de instalação original indicaria que a trava de ignição provavelmente estava em sua posição correta e instalada no momento do incêndio.*[Veja a figura 26.11.1.2.1 (a) e Figura 26.11.1.2.1 (b).]*A fechadura de ignição os restos normalmente mostram danos térmicos e também podem mostrar qualquer dano mecânico que ocorreu na fechadura antes do incêndio.

26.11.1.2.2A observação da fechadura de ignição permanece no chão, sob os destroços do fogo, indicaria que a fechadura da ignição estava no chão antes do incêndio. Isso pode ser um indicador de que a trava de ignição foi removida de sua posição instalada antes do incêndio. Esta fechadura de ignição é normalmente encontrada intacta, embora possa apresentar danos mecânicos relacionados à sua remoção forçada de sua posição instalada e com pouco ou nenhum dano térmico do fogo. Uma fechadura de ignição exemplar pode ajudar o investigador a determinar o tipo de dano que o cilindro da fechadura de ignição poderia sofrer se fosse removido à força ou derrotado antes do incêndio.*[Veja a figura 26.11.1.2.2 (a) e Figura 26.11.1.2.2 (b).]*

26.11.1.3 Exame Detalhado de Fechaduras de Ignição. Os restos da fechadura de ignição devem ser inspecionados quanto a indícios de danos mecânicos que possam indicar que ela tenha sido derrubada antes do incêndio.*[Veja a figura 26.11.1.3 (a) através da Figura 26.11.1.3 (c).]*Em circunstâncias em que danos mecânicos são



FIGURA 26.11.1.2.1(a) Restos de Wafers de Bloqueio de Ignição Dentro da Camada Superior de Detritos.



FIGURA 26.11.1.2.1(b) Restos de uma bolacha de bloqueio de ignição em cima dos escombros.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

não é óbvio, alguns meios de ampliação podem ser necessários para o exame da "via chave" do wafer. Um exame detalhado dos restos da trava de ignição pode mostrar se a trava de ignição foi girada à força ou "escolhida". Se houver uma deformação rotacional do wafer, a trava de ignição pode ter sido forçada. Ranhuras afiadas ou arranhões no interior do compartimento da chave podem indicar que a fechadura da ignição foi arrombada. Testes adicionais e análises laboratoriais podem ser necessários para comparação forense da fechadura de ignição se houver suspeita de que ela foi removida à força ou derrotada antes do incêndio. *[Veja a figura 26.11.1.3 (b) e Figura 26.11.1.3 (c) para detalhes da bolacha indicada.]*

26.11.1.4 Permanece a trava de ignição não recuperada. Se os restos da fechadura de ignição não são prontamente identificados durante o processo de exame de detritos, esses restos podem ser escondidos por materiais componentes que derreteram durante o incêndio e resolidificaram após o resfriamento do ambiente imediato. O uso de imagens radiográficas pode ser necessário para identificar os artefatos da trava de ignição dentro dos detritos. *[Veja a figura 26.11.1.4 (a) e Figura 26.11.1.4 (b).]* Uma vez identificado, o os restos podem ou não ser recuperáveis e dependem da matriz do material de ocultação. As imagens radiográficas podem fornecer detalhes suficientes para uma análise sem realmente recuperar os restos da fechadura de ignição do material de ocultação.

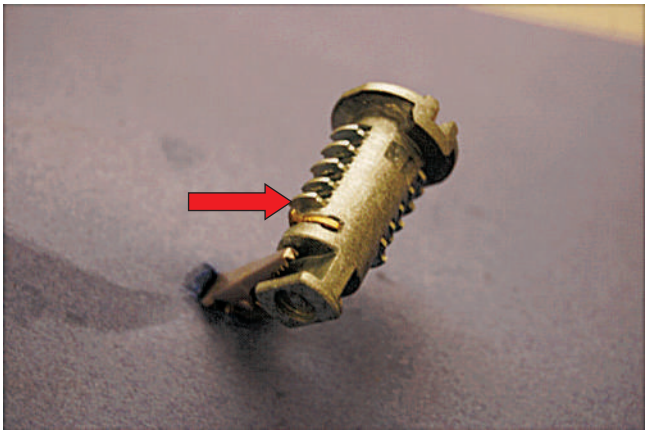


FIGURA 26.11.1.2.2(a) Bloqueio de Ignição Exemplar com o Wafers na posição estendida ou travada.

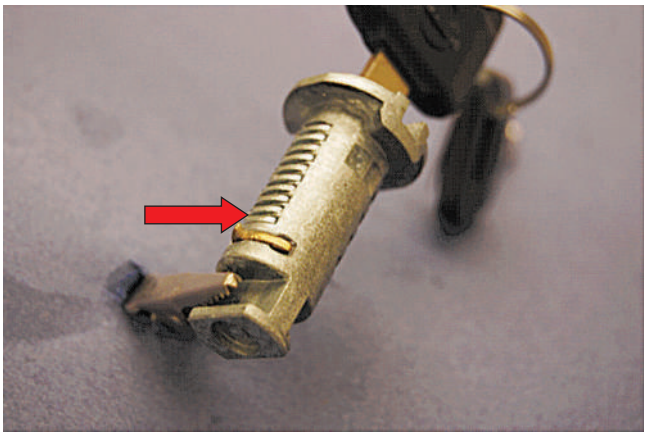


FIG 26.11.1.2.2(b) Trava de ignição exemplar com as bolachas na posição destravada.



FIGURA 26.11.1.3(a) Wafers de bloqueio de ignição removidos de um Trava de ignição danificada propositalmente. Este dano foi criado forçando uma chave de fenda de cabeça chata na trava de ignição e girando-a no sentido horário.



FIGURA 26.11.1.3(b) Wafer danificado por forçar uma lâmina metálica na trava de ignição e girar a trava.

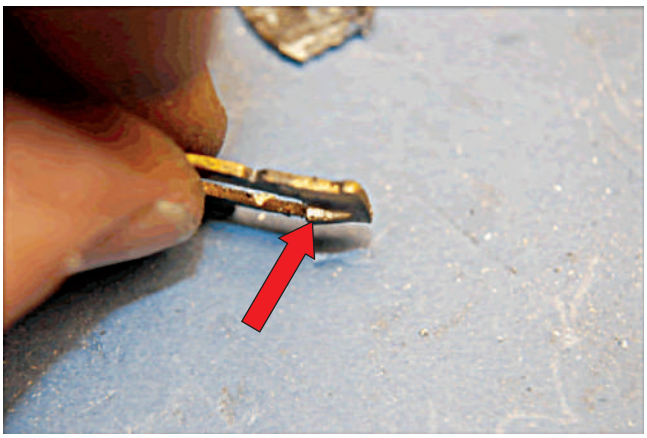


FIGURA 26.11.1.3(c) Vista Lateral do Wafer Danificado.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

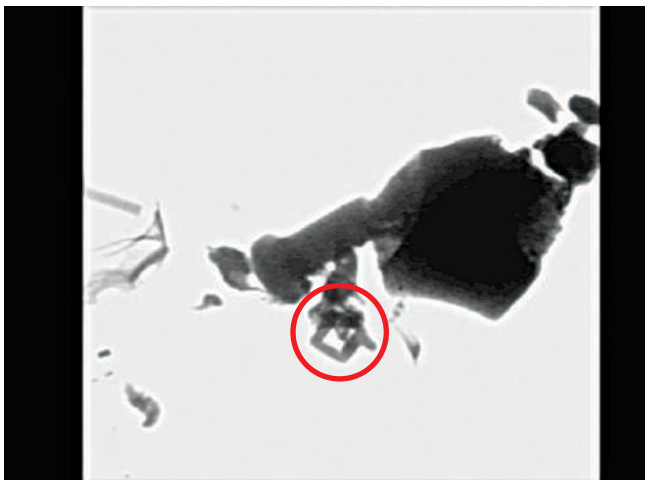


FIGURA 26.11.1.4(a) **Imagem radiográfica mostrando uma Wafer de bloqueio de ignição não danificado em detritos.**

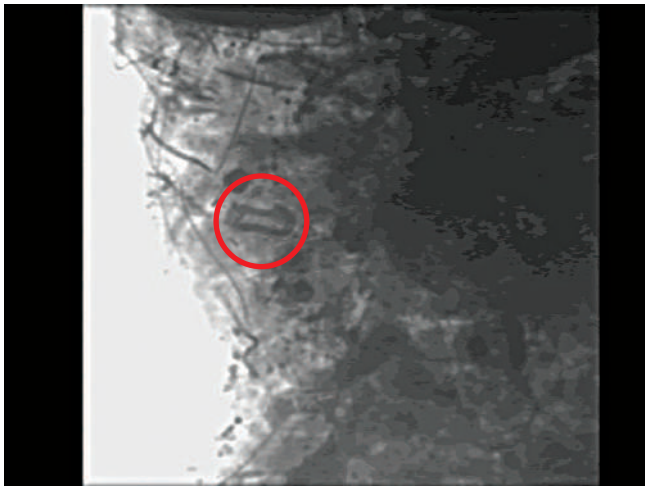


FIGURA 26.11.1.4(b) Imagem radiográfica mostrando uma pastilha de trava de ignição não danificada em detritos.

26.11.1.4.1 Outras Considerações. Alguns fabricantes utilizam wafers sem latão em fechaduras de ignição. Os restos pós-fogo dessas bolachas podem ser derretidos ou destruídos. O investigador é avisado de que outros componentes do sistema de trava de ignição podem sobreviver a ambientes de incêndio de veículos e podem ser usados para auxiliar o investigador a determinar a condição pré-incêndio da trava de ignição. Alças de travamento, tampas de cilindros de trava blindada, tumblers, pinos de retenção, molas, antena de anel, retentor de núcleo de trava e outras peças endurecidas também podem ser encontradas no campo de detritos de incêndio do piso. Esses componentes podem ser úteis para determinar se a trava de ignição estava presente no veículo no momento do incêndio. Esses componentes podem não ser úteis para determinar se a trava de ignição foi desativada antes do incêndio.

26.12 Veículos em Estruturas. Os veículos motorizados são frequentemente armazenados em estruturas e podem ser danificados por um incêndio que ocorre dentro da estrutura. Os danos podem incluir efeitos térmicos do incêndio e esmagamento do veículo por colapso da estrutura. Se o veículo estiver localizado na área de origem, ele deve ser examinado como uma possível causa de incêndio, conforme descrito na Seção 26,5 Seção 26.10. A realização de um exame minucioso de este veículo pode incluir removê-lo dos detritos, remover o capô e o teto, remover os detritos do interior e elevar o veículo para examinar sua parte inferior. Independentemente de o veículo ser causador ou vítima do incêndio, um veículo fornece um pacote de combustível substancial, que também está associado à baixa queima e deve ser cuidadosamente considerado para evitar uma conclusão errônea de origem na estrutura.

26.12.1 Incêndios que começam fora do veículo podem se espalhar para o veículo e fazer com que o veículo sofra danos significativos. O fogo externo também pode causar perda de integridade dos componentes do sistema de combustível, incluindo linhas e tanques de combustível, e pode causar a liberação de líquidos inflamáveis.

26.12.2 Veículos que estão em estruturas podem estar lá para fins de reparo ou reconstrução. É importante documentar o estado desses esforços no momento do incêndio.

26.13 Veículos recreativos. Esta seção trata de fatores relacionados às investigações de incêndios envolvendo veículos recreativos (RVs). As informações relativas à investigação de incêndios em RV incluem materiais de construção, sistemas e modos de falha. Informações adicionais sobre sistemas e padrões de RV estão disponíveis na NFPA 1192. RVs incorporam muitas semelhanças com casas e trailers. Eles também são, em muitos casos, um veículo motorizado, contendo todos os detalhes intrincados dos automóveis. No entanto, devido aos padrões exigidos para seus métodos de construção leve, eles utilizam grandes volumes de plásticos e outros materiais combustíveis. Muitas vezes, haverá itens de combustível grandes adicionais, como espuma de poliuretano em sofás, colchões, isolamento de geladeira e gás propano.

26.13.1 Geral. Os veículos recreativos são uma combinação única de um veículo e uma residência, utilizando materiais e métodos de construção únicos. O investigador precisa ter uma familiaridade básica com os métodos de construção, os sistemas e os subsistemas associados da unidade. Como em qualquer outro incêndio, o primeiro passo é determinar uma área de origem. Os veículos recreativos podem ser divididos em várias áreas principais: exterior, compartimento do motor, cave ou compartimento(s) de armazenamento, cozinha, lavatório e quarto. O tamanho, construção e carga de combustível desses compartimentos podem variar consideravelmente dependendo do tamanho, estilo e fabricante do RV.

26.13.2 Segurança de Investigação de Veículos de Recreio.A segurança deve ser sempre a primeira preocupação do investigador. A documentação pode ser realizada durante a avaliação de segurança.*(Consulte o Capítulo 13 para mais informações.)*

26.13.2.1 Espaços Confinados. Por sua natureza, as investigações de incêndio em RVs podem muitas vezes envolver o trabalho em espaços confinados. O investigador deve estar ciente do raro potencial de problemas de entrada em espaço confinado (ou seja, entrada/saída e problemas atmosféricos), e as precauções apropriadas devem ser tomadas. Antes da entrada, o investigador deve garantir que o espaço não contenha níveis perigosos de vapores ou gases explosivos ou tóxicos (por exemplo, monóxido de carbono) ou que não seja deficiente em oxigênio. Os perigos do espaço devem ser avaliados antes de entrar e o nível apropriado de EPI deve ser usado. As luzes e outros equipamentos devem ser intrinsecamente seguros e adequados para tais ambientes.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

26.13.2.2 Partículas Aerotransportadas. Como muitos RVs incorporam grandes quantidades de fibra de vidro em sua construção, a resina usada como parte do processo de construção geralmente queima, deixando pequenas partículas irritantes de fibra de vidro. Espuma de poliuretano queimada e outros plásticos podem representar riscos de contato após o incêndio. Ao lidar com questões como incêndios em geladeiras, alguns materiais, como o cromato de sódio, podem ser cancerígenos por natureza. Essas partículas, quando combinadas com resina queimada, são altamente irritantes para o sistema respiratório e o nível adequado de EPI, incluindo proteção respiratória, deve ser usado conforme indicado pelo nível de risco.

26.13.2.3 Fontes de Energia. Pode haver inúmeras fontes de energia presentes em um RV. Os riscos elétricos podem ser de baterias de 12 V CC ou 120/240 V CA de energia da costa ou de um gerador. Combustíveis como gasolina, diesel ou propano podem representar risco de derramamento, incêndio ou explosão. Os recipientes pressurizados podem romper e os cilindros pneumáticos ou hidráulicos podem falhar. Devem ser tomadas precauções para garantir que os perigos sejam desativados, minimizados ou tornados seguros de outra forma para evitar ferimentos pessoais, bem como a possível recorrência de um incêndio ou explosão. O investigador deve empregar EPI apropriado para os perigos previstos.

26.13.2.4 Estabilidade. As cenas de incêndio de RV podem ser instáveis. Deve-se ter cuidado ao acessar o interior de um trailer devido ao possível colapso do teto, parede lateral ou piso. Os fabricantes de trailers geralmente colocam itens como condicionadores de ar e antenas parabólicas nos telhados. As paredes laterais podem parecer estáveis, mas podem falhar apenas pelo movimento de detritos. Nunca coloque qualquer parte do seu corpo debaixo de um RV sem o suporte adequado do RV.

26.13.3 Veículo Recreativo (RV). Uma unidade do tipo veicular que é projetada principalmente como alojamento temporário para recreação, acampamento ou uso sazonal; tem força motriz própria ou é montado ou rebocado por outro veículo; é regulamentado pela National Highway Traffic Safety Administration como um veículo ou equipamento de veículo; não requer licença especial de uso de rodovias para operação nas rodovias; e pode ser facilmente transportada e montada diariamente por um indivíduo.

26.13.3.1 Autocaravana. Um veículo recreativo construído sobre um chassi de veículo automotor.

26.13.3.2 Reboque de Viagem na Quinta Roda. Um trailer rebocável montado sobre rodas e projetado para ser rebocado por um veículo motorizado por meio de um mecanismo de reboque montado acima ou à frente do eixo traseiro do veículo de reboque.

26.13.3.3 Reboque de Campismo Dobrável. Um trailer rebocável montado sobre rodas e projetado para ser rebocado por um veículo motorizado construído com um teto dobrável e paredes laterais parciais dobráveis que se desdobram e se estendem no modo de configuração e dobram de volta para viagem.

26.13.3.4 Reboque de Viagem. Um trailer rebocável montado sobre rodas e projetado para ser rebocado por um veículo motorizado construído com teto e paredes laterais feitos de materiais rígidos.

26.13.3.5 Dispensação. Aplicado a sistemas de gasolina ou diesel, retirar combustível do(s) tanque(s) de combustível de veículos recreativos aplicáveis para outros veículos motorizados ou recipientes aprovados por meio de uma mangueira e válvula de bico de mangueira.

26.13.3.6 Chassi.O suporte da estrutura de metal sobre o qual o RV é construído e, nos casos de unidades autopropulsadas, inclui os eixos, motor, transmissão, linhas de combustível e bomba de combustível.

26.13.3.7 Listado. Equipamentos, materiais ou serviços incluídos em uma lista publicada por uma organização que seja aceitável para o AHJ e preocupada com a avaliação de produtos ou serviços, que mantém inspeção periódica da produção de equipamentos ou materiais listados ou avaliação periódica de serviços, e cuja listagem indica que o equipamento, material ou serviço atende aos padrões designados apropriados ou foi testado e considerado adequado para uma finalidade específica.

26.13.4 Sistemas ou Componentes Exclusivos. Muitos RVs são equipados com uma variedade de componentes e equipamentos normalmente não encontrados em nenhum outro veículo.

26.13.4.1 Energia em Terra. Alimentação elétrica de 120/240 V CA V CA fornecida de uma fonte de receptáculo próxima por meio de um conjunto de cabos.

26.13.4.2 Gerador. Os sistemas de geradores de energia auxiliares às vezes são instalados e podem variar em tamanho e localização dependendo da classe de RV. Os geradores podem ser abastecidos com gasolina, diesel ou propano. Os motores geradores de propano terão o propano entregue como um líquido de alta pressão através de uma mangueira reforçada com trança de aço. Os geradores podem ser resfriados a ar ou líquido.

26.13.4.3 Sistema de Partida de Gerador Automático (AGS). Um sistema de controle que inicia e para automaticamente os geradores de motores quando ocorrem condições de RV predefinidas, como início e fim do tempo de silêncio, carga ou demanda baixa ou alta da bateria, disponibilidade ou perda de conexão de energia em terra ou demanda do aparelho alterações como, por exemplo, ciclos de ar condicionado com temperatura controlada.

26.13.4.4 Conversor Elétrico. Como existem dois sistemas elétricos diferentes (12V DC e 120V AC), às vezes é necessário alternar seu uso. Alguns componentes e aparelhos são projetados para operar em 12 V DC, enquanto, ao mesmo tempo, outros podem ser projetados para operar em 120 V AC. Um conversor elétrico é usado para transformar a entrada de 120V AC em saída de 12V DC. Isso geralmente é realizado quando o RV está conectado à energia da costa ou quando o gerador está em operação. O conversor também é usado para carregar a bateria.

26.13.4.5 Inversor Elétrico. Enquanto os conversores mudam de 120 V CA para 12 V CC, os inversores realizam a função oposta. O inversor altera uma entrada de 12V DC para uma saída de 120V AC. Isso permite o uso de alguns aparelhos sem ter que operar o gerador ou estar conectado a uma fonte de energia em terra. A desvantagem dos inversores é que podem consumir grandes quantidades de energia das baterias em pouco tempo. Deve-se notar que alguns RVs são equipados com um único componente que incorpora as funções do conversor e do inversor. O investigador pode observar apenas um componente que serve a ambas as funções.

26.13.4.6 Baterias.A quantidade e disposição das baterias em um trailer pode ser bem diferente de outros veículos. Em um motor home, normalmente há uma única bateria de 12V DC para a partida e operação do motor. O sistema de ônibus normalmente possui um sistema separado de duas a quatro baterias de ciclo profundo. Dependendo do fabricante, eles podem ser conectados de várias maneiras. O fabricante fornece a separação do sistema de 12V DC para que as baterias de partida não possam ser esgotadas ao operar os acessórios ou aparelhos do ônibus. Embora esses sistemas sejam separados para saída, o gerador montado no motor pode recarregar as baterias do ônibus e de partida enquanto o motor está funcionando. Alguns sistemas geradores têm recursos de carregamento direto da bateria, enquanto outros funcionam através do conversor. Muitas vezes os RVs são equipados com desconexões de bateria para o

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

lado treinador do sistema de 12V DC. As baterias podem não estar todas localizadas na mesma área do RV. As baterias de partida do motor geralmente estão localizadas na área do motor. As baterias do ônibus geralmente estão localizadas em um compartimento separado do porão ou muitas vezes em um compartimento acessível sob as escadas da entrada.

26.13.4.7 Meios de Fuga. Os RVs são obrigados a ter duas saídas separadas, distantes uma da outra. O principal meio de fuga de um RV é uma(s) porta(s) para o exterior do veículo. Um meio de fuga secundário ou de emergência é fornecido na forma de janelas, portas ou escotilhas especialmente construídas para esse fim.

26.13.4.8 Tanque de retenção de líquido. Os RVs podem ser equipados com tanques de retenção de esgoto. Os tanques para a contenção de resíduos de banheiro são chamados de tanques de "água preta" ou "dejetos corporais" e aqueles para a contenção de resíduos de pia e chuveiro são chamados de tanques de "água cinza". Um tanque de água doce também pode estar presente.

26.13.5 Sistemas.

26.13.5.1 Sistemas Elétricos. Os veículos recreativos normalmente contêm dois sistemas de fiação elétrica diferentes – 120 V CA e 12 V CC. Toda a fiação elétrica em RVs é necessária para cumprir *NFPA 70*. A maioria dos componentes do sistema de 120 V CA são semelhantes aos encontrados em ambientes residenciais. Condutores trançados são usados para 12V DC e condutores sólidos são usados para fiação de 120V AC. Os sistemas de iluminação, por exemplo, podem usar 12V DC e 120V AC na mesma luminária. Quando conectado à energia da costa, as demandas elétricas do RV são atendidas pela entrada de 120 V CA. Os componentes de 12V DC são alimentados através do conversor. Quando desconectado da energia de terra, a saída do gerador de 120 V CA pode ser a fonte de alimentação de entrada do ônibus. Quando não estiver conectado a nenhuma fonte de 120 V CA, são utilizados componentes de 12 V CC. Painéis solares podem estar presentes e são normalmente usados para recarga lenta da bateria quando não há energia em terra disponível. As informações detalhadas sobre o sistema de 12 V CC para o chassi são geralmente as mesmas de um veículo motorizado.

26.13.5.1.1 Energia em Terra.A energia shore RV mais comum é uma entrada de 30 amperes. Este é um sistema de três fios. Este sistema foi projetado para alimentar até cinco circuitos de 120 V AC. Alguns RVs maiores usam uma entrada de 50 amperes. Este é um sistema de quatro fios. O sistema de quatro fios utiliza dois condutores quentes, um neutro e um terra. Embora existam dois condutores quentes, os RVs normalmente não usam a entrada tradicional de 240V AC. No entanto, autocaravanas Classe A com eletrodomésticos padrão podem, de fato, utilizar circuitos de 240V AC. Os acampamentos geralmente têm tomadas de 30 amperes e 50 amperes disponíveis no mesmo alojamento. Adaptadores também podem ser usados. Por exemplo, um RV fabricado com um sistema de quatro fios de 50 amperes pode usar um "adaptador" para se conectar a um receptáculo de três fios de 30 amperes. Isso pode limitar os circuitos de derivação disponíveis para uso no RV.

26.13.5.2 Sistemas de Propano.O propano é usado para cozinhar, aquecer e refrigerar. Os cilindros de propano portáteis devem ser construídos de acordo com as especificações do Departamento de Transporte dos EUA para recipientes de gás LP (49 CFR) ou os requisitos do Transport Canada (TC). Um tanque de propano fixo deve ser construído de acordo com a ASME*Código de Caldeiras e Vasos de Pressão*, Seção VIII, "Regras para a construção de vasos de pressão não queimados".

26.13.5.2.1 Reguladores de Propano. Reguladores de dois estágios são normalmente usados em RVs. Eles são obrigados a ter uma capacidade superior à entrada total de todos os aparelhos movidos a propano. O primeiro estágio do regulador reduz a pressão do tanque de propano para uma saída que não exceda 10 psi (69 kPA). O segundo estágio do regulador reduz a pressão ainda mais para dentro das tolerâncias de todo o sistema, normalmente coluna de água de 11 pol. (0,40 psi).

26.13.5.2.2 Capacidades Máximas do Recipiente de Propano. A NFPA 1192 limita a capacidade de contêineres de propano armazenados em um RV.

Δ **26.13.5.2.3 Blindagem do Sistema de Propano.**Muitos fabricantes fornecem blindagem térmica, de impacto e de abrasão do recipiente e dos sistemas de tubulação. Devem ser feitas medições das distâncias do recipiente de propano aos componentes produtores de calor. O recipiente, tubulação ou mangueiras podem ser blindados por um membro da estrutura do veículo ou por um defletor não combustível com um espaço de ar em ambos os lados do membro da estrutura ou defletor.

26.13.5.2.4 Fogões. Existem dois tipos básicos de fogões de cozinha – um cooktop e um fogão. Um cooktop é um aparelho montado em uma configuração drop-in na bancada. Não possui forno. Um cook top com um forno acoplado é um intervalo. Os intervalos são instalados em um recorte do gabinete. Esses componentes são alimentados por gás propano. O controlo da cozedura é assegurado por um conjunto colector e válvulas de controlo do queimador. Os fogões estão equipados com um regulador de propano não ajustável como recurso de segurança obrigatório. Os fogões podem ter pilotos permanentes para o forno e ignição por faísca para os queimadores de superfície. As folgas são importantes, pois esses dispositivos são projetados especificamente para os espaços apertados encontrados em RVs.

26.13.5.2.5 Aquecedores de Água. Aquecedores de água são alimentados por propano ou são eletricamente energizados por 120V AC. 12V DC é normalmente necessário para controles. O propano é inflamado em uma caixa de queimador selada. O calor é então passado através de um tubo de combustão dentro do tanque de água e os gases quentes de exaustão são então liberados para o exterior. Todo o processo de combustão ocorre fora dos alojamentos do ônibus. Os aquecedores de água podem ter pilotos permanentes ou ignitores eletrônicos. Aquecedores de água usam um termostato interno para regular a temperatura da água. Uma combinação de válvula de alívio de pressão e temperatura foi projetada para abrir e liberar a pressão antes de atingir níveis perigosos.

26.13.5.2.6 Fornos. Fornos de ar forçado e dutos operam com os princípios de combustão e transferência de calor. Esses componentes são alimentados por gás propano. A maioria dos fornos usa 12V DC para controles e operação do soprador.

26.13.5.2.7 Frigoríficos de Absorção de Amônia Anidra. Esses tipos de refrigeradores RV não possuem compressores. Esses refrigeradores usam um sistema de absorção de calor que permite que a amônia anidra seja aquecida e depois flua através de um sistema de tubos. O resfriamento da amônia anidra proporciona resfriamento para o interior do refrigerador. A amônia anidra é aquecida por propano em um queimador, ou por um elemento de aquecimento de 120V AC (sistema de duas vias), ou por um elemento de aquecimento adicional de 12V DC (três vias). O operador seleciona a fonte de energia (automatic/eletricidade ou propano) para o funcionamento do refrigerador. 12V DC é sempre necessário para o funcionamento do refrigerador. Todos os refrigeradores modernos usam ignição eletrônica, mas algumas unidades mais antigas podem ter pilotos em pé. É possível misturar refrigerante de amônia anidro com gás hélio ou hidrogênio. Deve-se tomar cuidado para verificar o sistema exato em uso.

26.13.5.3 Sistemas de Segurança. Todos os RVs são obrigados pela NFPA 1192 a ter instalado pelo fabricante um alarme de fumaça, alarme de monóxido de carbono e extintor de incêndio. Na maioria dos casos um

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

detector de propano também é necessário. Para obter detalhes específicos sobre cada dispositivo ou sistema, consulte a NFPA 1192.

26.13.6 Construção.

26.13.6.1 Construção Exterior.O investigador deve estar familiarizado com a composição e construção do RV. Os métodos gerais de construção usam uma estrutura de aço soldada à qual o piso é fixado. O sistema de piso pode ser construído em estruturas de aço, alumínio ou madeira com um contrapiso de madeira ou material composto anexado. Ao contrário da construção residencial, os RVs geralmente são construídos de dentro para fora. Todos os componentes estruturais internos são instalados no piso antes da instalação das paredes externas. Isso pode incluir alguns dos aparelhos e acessórios. As paredes laterais são então adicionadas. Esses componentes podem ser de madeira, aço ou alumínio, com revestimento externo de fibra de vidro, alumínio ou aço inoxidável e revestimentos de paredes internas. Os métodos mais recentes usam um processo de vácuo para "ligar" todos os materiais da parede em um conjunto fino, forte e leve. Esses conjuntos podem incluir toda a fiação necessária, tanto 12 V CC quanto 120 V CA. O componente principal final é a fixação do conjunto do telhado. O tipo de telhado mais comum é uma construção de bainha de madeira sobre estrutura coberta por uma membrana impermeável. Um telhado de fibra de vidro de uma peça também pode ser usado. Os fabricantes podem manter uma extremidade do RV aberta para facilitar a instalação de grandes aparelhos ou acessórios.

26.13.6.2 Interior. Devido a questões de design e peso, os materiais de construção do interior podem diferir daqueles encontrados em uma estrutura residencial. Os interiores podem ser construídos com painéis reforçados com fibra (FRP) ou estrutura de madeira e compensado ou folheado de grau externo. ASTM E84,*Método de teste padrão para características de queima de superfície de materiais de construção,*A taxa de propagação de chama de 200 ou inferior é necessária para acabamentos internos de paredes, divisórias, tetos, portas de passagem externa, armários, áreas habitáveis, corredores e banheiros, incluindo paredes de chuveiro/banheira. As superfícies do balcão podem ser naturais (mármore ou granito), sintéticas (laminado plástico) ou folheado de madeira. Cargas adicionais de combustível podem existir na forma de carpetes e outros materiais sintéticos utilizados como acabamentos verticais e suspensos. Os requisitos de propagação de chamas não se aplicam a molduras, guarnições, móveis, janelas, portas, caixilhos de clarabóias, revestimentos, portas de passagem interna, bancadas, trilhos de armários, travessas, montantes, pés de apoio ou extremidades de armários acolchoadas. Esses combustíveis podem afetar drasticamente qualquer incidente de incêndio, afetando a propagação e o crescimento do fogo.

26.13.7 Exames de veículos recreativos. As dimensões, folgas e tolerâncias do RV podem ser importantes, dependendo do sistema. Qualquer exame e documentação de evidência, incluindo a remoção e proteção de itens de evidência, deve ser realizado de acordo com as diretrizes especificadas no Capítulo 17 e as normas ASTM apresentadas no Anexo A deste guia. Se removido incorretamente, o investigador pode alterar ou destruir peças-chave de evidências e informações relevantes para uma causa potencial.*(Consulte a Seção 17.3.)*

26.13.7.1 Um exame do exterior do RV pode revelar padrões de incêndio significativos. Deve-se ter cuidado ao interpretar padrões em torno de compartimentos, como compartimentos de geladeira, forno ou aquecedor de água. Esses compartimentos são ventilados e podem conter pacotes de combustível significativos. que podem afetar os padrões de incêndio no exterior.

26.13.7.2A análise dos padrões de incêndio pode ajudar a determinar se o fogo se espalhou de dentro do compartimento. A disposição da cabine, eletrodomésticos, acessórios e se as janelas estavam abertas ou fechado pode influenciar as características de propagação do fogo e os padrões de incêndio resultantes. Os compartimentos normalmente usados para dormir, descansar, cozinhar, armazenamento ou banheiro podem incluir uma variedade de materiais e cenários de ignição.

26.13.7.3 Investigando Sistemas e Componentes Exclusivos de Veículos Recreativos. Sistemas especializados exclusivos para RVs incluem sistemas de gás propano, sistemas elétricos, sistemas de aquecimento, eletrodomésticos e sistemas de segurança contra incêndio. Esses sistemas são discutidos nos parágrafos 26.13.5.1 a 26.13.5.3. Eles devem ser examinados e analisados quanto aos seus possíveis papéis como fontes de ignição ou calor anormal, seus papéis como combustíveis iniciais ou subsequentes e seus papéis no crescimento e propagação do fogo. Esses exames e análises devem incluir uma possível análise de falha, que inclui a verificação de instalação ou função inadequada, danos pré-incêndio, vazamento de combustível e o funcionamento adequado dos recursos de segurança e controle.

26.13.8 Fontes de ignição. Na maioria dos casos, as fontes de energia de ignição em RVs serão semelhantes às já descritas neste capítulo e àquelas associadas a incêndios estruturais, como arcos, faíscas mecânicas, fiação sobrecarregada, chamas abertas e materiais fumegantes. Considerações adicionais incluiriam os aparelhos adicionados descritos anteriormente e os efeitos de vibração, danos mecânicos, atividade de roedores ou movimento devido a ser conduzido ou rebocado.

26.13.9 Identificação do Veículo Recreativo.A National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) exige que todos os RVs sejam identificados por um número de identificação do veículo (VIN) de 17 dígitos. O fabricante aplica um VIN ao ônibus, bem como para identificar a marca, modelo e número de série dos principais aparelhos. Essas informações geralmente são encontradas nos documentos do proprietário, em uma etiqueta na parte externa do vagão e possivelmente em uma placa localizada em um armário da cozinha. Após um incêndio, esses cartazes ou números podem não estar prontamente disponíveis. Quaisquer números encontrados estampados no chassi podem ser apresentados ao National Insurance Crime Bureau (NICB) ou ao Insurance Bureau of Canada (IBC) para verificar a identidade do veículo. Esses números podem não estar diretamente relacionados ao VIN do fabricante final.

26.13.10 Informações sobre veículos recreativos. Existem muitos recursos disponíveis ao investigador para auxiliar na determinação da origem e da causa. Esses recursos podem incluir folhetos de vendas, manuais do proprietário e sites dos fabricantes de chassis, ônibus e componentes.

26.13.11 Veículos de recreio em estruturas, parques e parques de campismo.

26.13.11.1RVs dentro de garagens, garagens ou outros recintos devem ser examinados levando em consideração os combustíveis dentro do recinto. A transferência de calor de um incêndio originado na estrutura pode danificar o RV. O serviço elétrico do prédio deve ser inspecionado quanto a evidências de mau funcionamento do sistema elétrico, incluindo tensão e polaridade, para verificar se eles são consistentes com os requisitos dos subsistemas elétricos e associados do RV. A NFPA 1194 refere-se a parques ou acampamentos. Considerações semelhantes precisam ser feitas quando o RV estiver estacionado em uma dessas propriedades. Todos os serviços, incluindo propano, eletricidade e esgoto, fornecidos pelo parque ou acampamento precisam ser examinados. Para a operação adequada de alguns componentes, os RVs devem ser estacionados em uma posição nivelada. O tipo de superfície e a posição estacionada do RV devem ser documentados.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

26.14 Equipamento Pesado. Equipamentos pesados incluem caminhões médios e pesados e veículos de transporte de massa (ônibus), e equipamentos de terraplenagem, mineração, silvicultura, aterros sanitários e equipamentos agrícolas. Alguns desses veículos têm uma função significativa de movimentação de materiais além da função de locomotiva. Este equipamento é geralmente movido a diesel e pode ter uma transmissão hidráulica. Os equipamentos pesados estão sujeitos aos mesmos modos de falha que os veículos comuns, mas também suscetível a falhas devido à sobrecarga da transmissão, falha da hidráulica envolvida no manuseio de materiais, falhas de rolamentos e ignição do material que está sendo manuseado. A investigação de um incêndio em equipamento pesado requer conhecimento dos sistemas envolvidos, incluindo os sistemas específicos desse veículo. Alguns equipamentos pesados podem ser equipados com sistemas fixos de supressão de incêndio.

26.14.1 Caminhões Médios e Pesados e Ônibus.A maioria dos caminhões médios e pesados e caminhões-tratores são construídos como veículos incompletos comumente chamados de unidades chassis-cabine. Este é o primeiro passo para veículos fabricados em dois ou mais estágios de acordo com o Título 49 do Código de Regulamentações Federais, Parte 568. Os fabricantes de estágios subsequentes são tipicamente fabricantes de carrocerias e instaladores que podem completar apenas uma parte ou todo o veículo. Modificações e acréscimos podem ser extensos e envolver modificações na carroceria, elétricas e mecânicas no chassi-cabina.

26.14.1.1 Normalmente, caminhões e caminhões-tratores concluídos são unidades personalizadas projetadas para atender a uma aplicação específica. Os fabricantes de equipamentos originais de caminhões (OEMs) geralmente oferecem opções de especificações do veículo. Essa disponibilidade de opções e marcas possibilita um grande número de combinações de recursos possíveis. O investigador deve ter o cuidado de entender como o veículo específico foi construído e por quem.

26.14.1.2 Caminhões, caminhões-tratores e ônibus também estão sujeitos a ciclos de trabalho severos, incluindo longas horas de operação e alta quilometragem. Isso torna a manutenção e os reparos adequados, além da qualidade e aplicabilidade das peças de reposição, importantes para a prevenção de incêndios nesses veículos.

26.14.1.3A interpretação dos padrões de incêndio é ainda mais complicada por efeitos de ventilação específicos, cargas de combustível em diferentes áreas do veículo, sistemas elétricos complexos e a progressão incomum do incêndio, uma vez que é obstruído ou contido por membros estruturais na estrutura e táxi. As cabines dos caminhões podem ser construídas a partir de combinações de aço, alumínio, madeira, fibra de vidro e plásticos. As diferenças nas propriedades do material e a influência da ventilação de janelas abertas, portas ou uma abertura no gabinete da cabine podem criar padrões de incêndio que podem enganar o investigador quanto à verdadeira origem e causa. O uso extensivo de plásticos e a concentração e volume de materiais combustíveis como fluidos hidráulicos, filtros de combustível de grande capacidade e óleos de motor e transmissão também podem criar padrões de incêndio que não estão relacionados à origem.

26.14.1.4 Uma ampla variedade de aplicações de caminhões, incluindo despejo, lixo, limpa-neves e lixadeiras, aspiradores, etc., utilizam sistemas hidráulicos para sua operação. Um vazamento hidráulico pode pulverizar fluido em uma área ampla com possível ignição em componentes de exaustão quentes.

26.14.1.5 Como os veículos a diesel geralmente têm tanques de combustível de grande capacidade com 760 L (200 gal) de capacidade ou mais, um incêndio em um caminhão em que a supressão de incêndio é atrasada pode envolver todo o combustível e causar danos graves. Isso muitas vezes torna a determinação da origem e causa do incêndio mais difícil. Em climas mais frios, muitos veículos usam aquecedores de refrigerante programáveis, combustível e aquecedores de óleo do motor. Aquecedores de cabine/leito que operam com óleo diesel também estão disponíveis. Esses sistemas devem ser inspecionados para possível envolvimento na causa do incêndio.

26.14.1.6O sistema elétrico nesses veículos é tipicamente mais extenso e complexo do que outros veículos e pode incluir sistemas de alta corrente, sistemas de 12 ou 24 volts, sistemas de corrente alternada, bem como circuitos multiplexados de baixa tensão. Alguns motores usam aquecedores de ar do coletor de admissão elétrico de alta amperagem ou velas de incandescência. Algumas fiações de bitola grande e relés de alta capacidade geralmente permanecem energizados e podem falhar, resultando em incêndio, ou falhar como resultado de um incêndio.

26.14.1.6.1 Em muitos dos sistemas de alta corrente usados em caminhões pesados, os fusíveis são frequentemente usados para fornecer proteção contra sobrecorrente para condutores em caso de sobrecarga ou condições de curto-circuito. Os fusíveis são normalmente encontrados no lado positivo dos circuitos da bateria/arranque, mas também podem ser encontrados no lado negativo (terra). No caso de um cabo positivo da bateria ou cabo positivo do alternador entrar em contato com o chassi/terra do motor, as correntes de curto-circuito fluem através do elo fusível do lado negativo quando ele retorna ao poste negativo de partida e, assim, abre para evitar mais fluxo de corrente. O investigador deve documentar as conexões com o poste de partida positivo, o poste de aterramento de partida e os terminais negativos da bateria na caixa da bateria para avaliar seu efeito no funcionamento do elo fusível negativo. Esses links fusíveis podem não apresentar problemas de calor na superfície, mas ainda podem ter sido abertos internamente. Para qualquer link fusível, um ohmímetro pode ser usado para verificar a condição.

26.14.1.7 Caminhões médios e pesados, tratores e ônibus podem usar freios hidráulicos ou pneumáticos. Os freios a ar são operados com ar fornecido por um compressor de até 830 kPa (120 psi). Danos a uma mangueira de ar (tubulação de plástico ou borracha reforçada com trança de aço) ou tubulação de aço no momento do início do incêndio, ou durante o incêndio, pode empurrar e atiçar significativamente um incêndio. Isso pode fornecer padrões de incêndio que não estão relacionados à causa do incêndio. Podem ocorrer incêndios nos freios e nas rodas quando os freios não são liberados e o veículo é conduzido. A maioria dos motores controlados eletronicamente pode desenvolver torque suficiente em baixa velocidade para sobrecarregar os freios de estacionamento. Às vezes, os pneus podem inflamar durante a condução, quando estão com pouca pressão ou se os detritos da estrada estiverem alojados entre os pneus duplos.

26.14.2 Veículos de transporte de massa Os ônibus de trânsito podem ser abastecidos por diesel, GNV ou híbrido diesel-elétrico. Muitos estão equipados com conversores catalíticos e silenciadores. Os sistemas de ar comprimido são semelhantes aos caminhões pesados. Grandes sistemas de ar condicionado, sistemas elétricos de 24 volts dc, um alternador de 24 volts dc 270 amperes, direção hidráulica, rampas para cadeiras de rodas e motores de ventiladores e aquecedores auxiliares de refrigerante são comuns. Muitos ônibus possuem sistemas de combate a incêndio a bordo. Alguns ônibus urbanos usam plástico inquebrável, mas combustível, para o vidro das janelas. Muitos ônibus usam assentos de baixa combustibilidade ou retardadores de fogo. Os ônibus rodoviários intermunicipais têm componentes do compartimento do motor semelhantes aos dos ônibus de trânsito, mas geralmente empregam um motor a diesel mais potente.

26.14.3 Equipamentos de Terraplenagem. Os equipamentos acionados por rodas geralmente são acionados mecanicamente pelo motor. Os equipamentos acionados por esteiras geralmente são acionados por motores hidráulicos. Quase todos os outros componentes móveis são operados hidraulicamente. Componentes hidráulicos danificados ou vazamento de fluido podem entrar em contato com uma fonte de ignição competente e resultar em incêndio. A causa do dano ao sistema hidráulico deve ser investigada.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

26.14.4 Equipamento Florestal/Segmentar. Um incêndio no equipamento, se não for extinto por um sistema de combate a incêndio a bordo, pode queimar completamente. A hidráulica opera quase todas as funções do equipamento, e as condições de serviço difíceis inerentes às florestas significam que as mangueiras podem ser danificadas. Vazamentos de fluido hidráulico de até 40.000 kPa (6.000 psi) podem entrar em contato com o turbocompressor ou outros componentes quentes do escapamento e incendiar. Acumulações de lascas de madeira e poeira podem ser inflamadas por componentes quentes ou fricção.

26.14.5 Equipamento de Aterro.O equipamento de aterro sanitário tem o problema adicional de que, se o equipamento pegar fogo, os combustíveis no aterro também podem se inflamar. A acumulação indesejada de detritos combustíveis em equipamentos de aterros normalmente fornece combustíveis iniciais e secundários. Isso geralmente é agravado por uma manutenção de limpeza diária abaixo do ideal (arrumação). Os sistemas de extinção de incêndios são comuns em equipamentos de aterros por esta razão.

26.14.6 Equipamento Agrícola. Colheitadeiras, colhedoras de algodão, enfardadeiras, tratores agrícolas e outros equipamentos similares possuem diversos componentes hidráulicos com potencial de vazamento de fluido semelhante a outros equipamentos pesados. Enfardadeiras e colhedoras de algodão podem pegar itens do campo que podem acender contra componentes de aço, inflamando materiais de colheita secos. A evidência da substância inflamada pode não ser encontrada após o incêndio. Rolamentos desgastados ou não lubrificados podem superaquecer, inflamando materiais de colheita combustíveis. A desmontagem dos rolos após o incêndio deve revelar o rolamento danificado. Aves e pequenos roedores podem construir ninhos em equipamentos agrícolas quando não estão em uso e se localizados próximos aos componentes de exaustão, o ninho pode ser incendiado pelo calor do sistema de exaustão quando o equipamento for usado posteriormente.*(Para obter mais informações sobre incêndios em equipamentos agrícolas, consulte a Seção 26.15.)*

26.15 Introdução de Equipamentos e Implementos Agrícolas.

Esta seção se refere à investigação de incêndios envolvendo equipamentos agrícolas autopropelidos e implementos agrícolas de tração. Equipamento agrícola autopropelido é qualquer tipo de equipamento movido por um motor de combustão interna e não precisa ser empurrado ou puxado por outros equipamentos. Os implementos agrícolas trefilados devem ser conectados a um trator ou equipamento similar e puxados ou empurrados para cumprir sua tarefa projetada. As funções comuns desempenhadas pelos implementos incluem o cultivo do solo, plantio, fertilização, pulverização, irrigação e colheita. Os implementos geralmente usam elevadores hidráulicos ou podem exigir conexão com a tomada de força (PTO) de um trator para operação. Muitos implementos requerem energia hidráulica para acionamentos hidráulicos integrados ou energia elétrica para luzes, controles eletrônicos e equipamentos de detecção.

26.15.1 Segurança de Investigação de Equipamentos Agrícolas. Além das orientações apresentadas no capítulo Segurança, os seguintes perigos podem ser encontrados ao realizar uma investigação pós-incêndio.

26.15.1.1 Devido à natureza da construção e uso de equipamentos agrícolas, um investigador pode encontrar partículas de materiais compósitos queimados (por exemplo, fibra de vidro) e vegetação queimada ou em decomposição. Bordas afiadas de vidro ou metais re-solidificados podem causar ferimentos penetrantes ou lacerações. O tamanho e o volume dos equipamentos agrícolas criam um ambiente suspenso com riscos potenciais de impacto que podem causar lesões na cabeça ou nos olhos. As investigações podem exigir o trabalho em ções com pouca ou nenhuma plataforma ou suporte e superfícies escorregadias e/ou irregulares com risco de escorregamento ou queda. Escadas ou outros equipamentos especializados podem ser necessários para trabalhar nas regiões superiores deste equipamento. Esses perigos podem exigir o uso de equipamentos ou procedimentos de segurança adicionais, conforme descrito no capítulo Segurança.

26.15.1.2 Materiais perigosos como combustíveis, herbicidas, pesticidas e outros produtos químicos agrícolas podem ser encontrados em vários tanques ou recipientes localizados na unidade. As capacidades potencialmente grandes dos tanques de armazenamento (combustível, fluido hidráulico, água, produtos químicos) podem resultar em grandes derramamentos ou poças de líquido. Os produtos químicos também podem estar presentes na forma de pó ou granulado. O solo ao redor do equipamento envolvido pode estar contaminado por esses produtos. A exposição a esses materiais pode resultar em problemas de segurança, como lesões por inalação, queimaduras químicas, irritações, escorregões ou quedas. Esses perigos podem exigir o uso de equipamentos ou procedimentos de segurança adicionais, conforme descrito no capítulo Segurança.

26.15.1.3A condição pós-fogo ou a localização do equipamento agrícola pode ser instável. Esforços semelhantes aos descritos anteriormente neste capítulo devem ser empregados para estabilizar o equipamento antes de iniciar um exame, conforme necessário. Peças ou componentes mecânicos podem cair, apertar, deslizar, cisalhar, romper, colapsar ou liberar líquidos ou gases pressurizados. Devem ser feitos esforços para identificar e proteger esses perigos potenciais antes de realizar uma investigação.

26.15.1.4 Incêndios em equipamentos agrícolas geralmente ocorrem em campos agrícolas, estradas ou galpões de equipamentos. Equipamentos queimados em campos podem representar perigos adicionais, incluindo terreno irregular, solo solto, água, lama, neve, plantas, cobras e insetos. Equipamentos agrícolas queimados podem fornecer esconderijos para répteis ou roedores. Incêndios em equipamentos agrícolas em estruturas podem representar riscos adicionais, como colapso, exposição a produtos químicos, colapso de conteúdos empilhados ou armazenados ou ferramentas ou implementos afiados ou pontiagudos.

26.15.2 Classificação e Descrição do Equipamento. Para especificações de uma determinada marca ou modelo de equipamento, consulte as informações do fabricante desse equipamento específico.

26.15.2.1 Tratores Agrícolas. Os tratores são usados para puxar ou empurrar máquinas ou reboques, levantar, carregar, carregar, arar, lavrar, discoar, gradar, plantar e tarefas semelhantes. A maioria dos tratores atualmente em uso nas fazendas está equipada com motores a gasolina ou diesel. Os tratores podem ser tratores convencionais “em linha” ou tratores articulados que dobram no meio. Os motores são normalmente localizados à frente da estação do operador. Os tratores podem ter transmissões manuais, transmissões hidrostáticas ou transmissões hidráulicas assistidas eletronicamente. Os tratores podem ter tração nas duas ou quatro rodas. Os tratores podem ter freios a disco ou a tambor.

26.15.2.1.1 Tomada de Força (PTO). Os tratores são equipados com uma tomada de força que consiste em um acoplamento de eixo estriado fora da transmissão do trator. Um eixo é conectado do trator a um implemento para fornecer potência rotativa. As tomadas de força podem ser montadas na parte frontal, central ou traseira do trator.

26.15.2.1.2 Componentes Hidráulicos. Os tratores podem ser equipados com acessórios acionados hidraulicamente. Uma série de bombas hidráulicas, válvulas e mangueiras são necessárias para a operação.

Δ **26.15.2.2 Colheitadeiras.**As colheitadeiras são usadas para colher milho, soja, trigo e outras culturas de grãos. Existem três funções separadas que uma colheitadeira executa durante a colheita

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

processo. Primeiro, uma unidade de corte, geralmente chamada de "cabeçalho", corta a colheita a ser colhida. A colheita é então recolhida e transportada por um mecanismo de debulha, que separa e retira o material indesejado (resíduo). A colheita restante é então alimentada através de um sistema de limpeza e em uma tremonha ou tanque. Quando a tremonha está cheia, a colheita é descarregada mecanicamente em um reboque ou caminhão de transporte móvel. A maioria das colheitadeiras atualmente em uso nas fazendas hoje são equipadas com motores diesel turboalimentados. Os motores são geralmente montados transversalmente no alto e na parte traseira do tanque graneleiro. Em algumas unidades mais antigas, os motores podem ser encontrados no lado direito da estação do operador, à frente do tanque graneleiro. As colheitadeiras são geralmente equipadas com transmissões de acionamento hidrostático. As rodas dianteiras em uma colheitadeira são as rodas motrizes enquanto as rodas traseiras dirigem.*(Veja a figura 26.15.2.2 .)*

26.15.2.2.1 Cabeçalhos. Existem várias configurações de cabeçalho para combinar com a cultura a ser colhida. As plataformas são presas à frente da colheitadeira por meio de um sistema de travamento que permite a troca e o ajuste. Conexões hidráulicas e elétricas também são feitas ao cabeçalho para seu funcionamento.

26.15.2.2.2 Sistema de Debulha/Limpeza de Cultivos. Depois de cortada, a colheita é transportada para um sistema de cilindros e placas para separar o resíduo da colheita. A colheita então passa por uma série de peneiras e ar acionado por ventilador para limpar ainda mais a colheita. O resíduo é transportado em uma série separada de placas para a parte traseira da colheitadeira, onde pode ser picado em pedaços finos. Um espalhador mecânico pode ser usado na parte traseira da colheitadeira para espalhar o resíduo no chão atrás da unidade enquanto ela se move pelo campo.

26.15.2.2.3 Sistema de Descarga. Depois que a colheita é limpa, ela é alimentada em uma tremonha ou tanque de grãos. Sensores no tanque fornecem indicação ao operador quando o tanque está cheio. Um trado sistema move a colheita colhida através de uma calha e a descarrega em um "reboque de atendimento".

26.15.2.3 Colheitadeiras de Forragem. As colhedoras de forragem (também conhecidas como colhedora de silagem, forrageira ou picadora) são equipamentos semelhantes que colhem colheitas de campo para fazer silagem. Silagem é grama, milho ou outras plantas que foram cortadas em pequenos pedaços, compactadas e depois fermentadas parcialmente para fornecer ração para o gado. Haylage é um processo semelhante, mas usa feno seco. As colhedoras de forragem utilizam cabeçotes de corte especiais que cortam as plantas e as alimentam em uma série de tambores rotativos de processamento, que utilizam facas de aço para cortar o material vegetal em pequenos pedaços (silagem). A silagem é então alimentada em um dispositivo acelerador semelhante a um ventilador rotativo, que empurra com força a silagem para cima e para fora de uma calha de descarga e para um "reboque de atendimento". A maioria das colheitadeiras de forragem atualmente em uso nas fazendas são equipadas com motores diesel turboalimentados. Os motores são geralmente montados em linha na parte traseira da colheitadeira. As colhedoras de forragem são geralmente equipadas com transmissões hidráulicas assistidas eletronicamente. As rodas dianteiras de uma colheitadeira são as rodas motrizes, enquanto as rodas traseiras dirigem. As colheitadeiras podem ser equipadas com tração nas quatro rodas.

26.15.2.4 Colhedoras de Algodão. Os colhedores de algodão colhem o algodão usando acessórios chamados unidades de linha ou tambores de colheita. Fileiras de fusos farpados giram em alta velocidade para remover o algodão da planta. O algodão é removido dos fusos por um trocador de rotação contrária e soprado para cima em uma grande cesta de aço montada na parte traseira da unidade. Uma vez que a cesta está cheia, a colhedora é projetada para despejar o algodão colhido em uma caixa de aço destacada com um braço compactador hidráulico chamado construtor de módulos. Desenhos de colhedoras de algodão em evolução pegam o algodão colhido, formam um fardo redondo ou quadrado, embrulham-no e ejetam o fardo como uma enfardadeira de feno (veja abaixo). A maioria das colhedoras de algodão atualmente em uso são equipadas com motores diesel turboalimentados. Os motores são geralmente montados transversalmente abaixo e

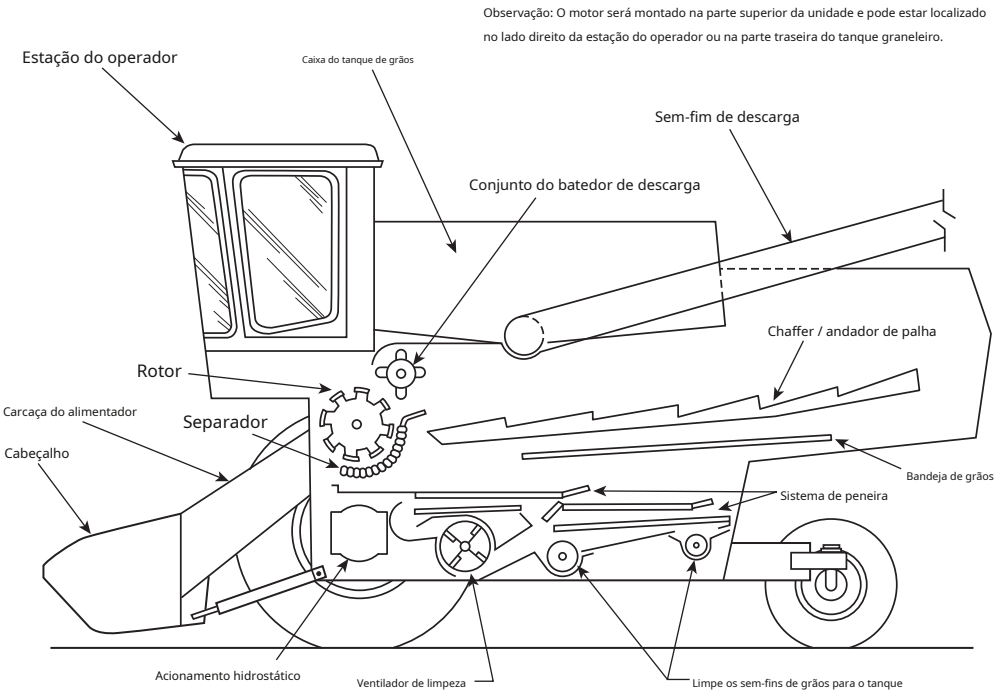


FIGURA 26.15.2.2 Combinar Terminologia.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

na parte traseira do posto do operador, próximo ao centro da unidade. As colhedoras de algodão geralmente são equipadas com transmissões de acionamento hidrostático. As rodas dianteiras em um colhedor de algodão são as rodas motrizes, enquanto as rodas traseiras direcionam e fornecem alguma assistência à movimentação. Colhedoras de algodão geralmente são equipadas com freios a disco, a tambor ou freios úmidos selados.

26.15.2.4.1 Unidades de Linha. As unidades de linha são anexadas a um cabeçalho na frente da colhedora de algodão. O processo de colheita e separação ocorre nas unidades de linha. As unidades individuais são fixadas na plataforma de forma a permitir um ajuste fácil. As conexões hidráulicas, elétricas, de lubrificação e de água são feitas em cada unidade de linha. As operações mecânicas das unidades são geralmente acionadas pela tomada de força. As conexões elétricas são para ajuste fino das unidades de linha e sensores de operação. Cada unidade de fileira contém uma série de dois tambores verticais montados com uma pluralidade de hastes cônicas umedecidas que puxam o algodão das cápsulas à medida que a planta passa pela unidade. À medida que os fusos passam pelos terminais "doffer" emborrachados, o algodão é esfregado dos fusos. O algodão liberado é então coletado na parte de trás da unidade de linha, *[Veja a figura 26.15.2.4.1 (a) e Figura 26.15.2.4.1 (b).]*



FIGURA 26.15.2.4.1(a) Vista de Elevação do Interno Componentes de uma Unidade de Linha.

26.15.2.4.2 Sistema Umidificador. Exclusivo para colhedores de algodão é o sistema de umidificação, que consiste em um tanque de água, uma bomba e sistema de distribuição. Dependendo do projeto, o tanque pode estar localizado dentro da estrutura, sob a cesta, na parte traseira da unidade ou imediatamente atrás da estação do operador e na frente da cesta. O sistema umidificador mantém os fusos úmido durante a operação para uma colheita mais eficiente do algodão à medida que passa pela unidade de linha.

26.15.2.4.3 Sistema Hidráulico. Os sistemas hidráulicos operam as unidades de linha, rodas motrizes, freios, direção e sistemas de levantamento de cestos. Os componentes do sistema incluem um reservatório de grande capacidade, bomba, conjunto de válvula manifold, mangueiras e acoplamentos.

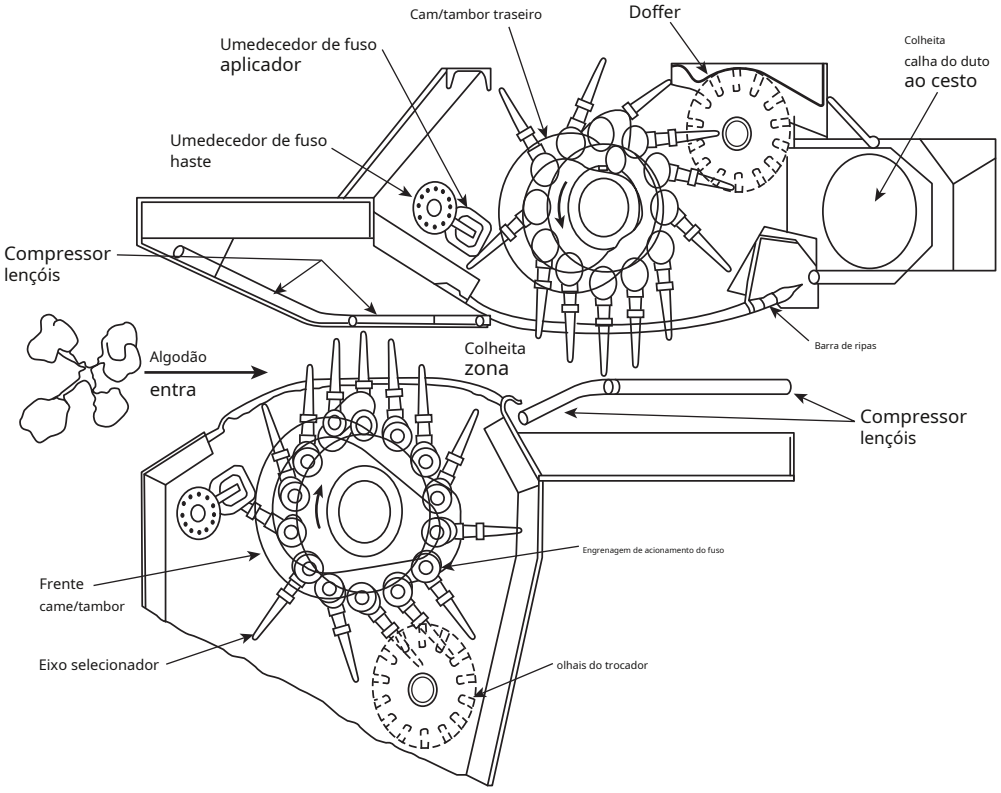


FIGURA 26.15.2.4.1(b) Esquema de uma Unidade de Linha.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

26.15.2.4.4 Sistema de Lubrificação. As colhedoras de algodão também contêm um sistema de lubrificação separado para as unidades de linha. Este sistema de lubrificação é composto por um reservatório de lubrificante não metálico, uma bomba de lubrificação, caixa de controle, mangueiras e acoplamentos. O lubrificante à base de óleo fornece uma carga adicional de combustível nas unidades de coleta em caso de incêndio.

26.15.2.5 Pulverizadores. Os pulverizadores podem ser tratores autopropelidos equipados com tanques de solução, barras e um sistema de distribuição de solução projetado especificamente para aplicações de soluções químicas em plantações em linha. A maioria dos pulverizadores tem características semelhantes aos tratores agrícolas. A principal diferença entre os dois é que os pulverizadores são elevados para uma distância adequada do solo acima das culturas em maturação. A maioria dos pulverizadores não está equipada com acessórios de tomada de força. Pulverizadores também podem ser encontrados como acessórios para tratores padrão.

26.15.2.6 Enfardadeiras, Flutuadores, Espalhadores, Aplicadores de Fertilizantes. Cada um desses equipamentos é projetado para uma função agrícola específica com características físicas semelhantes aos pulverizadores. Cada equipamento também pode ser encontrado como acessório para tratores padrão.

26.15.2.7 Equipamento de enfardamento. Uma enfardadeira é usada para comprimir uma colheita cortada e recolhida (como feno, palha, plantas de milho ou plantas de amendoim) em fardos redondos ou quadrados, que são amarrados com barbante, arame ou envoltório sintético.

26.15.2.7.1 Enfardadeiras redondas. As enfardadeiras redondas produzem fardos “redondos” ou “laminados” de feno ou silagem. A colheita é enrolada dentro da enfardadeira usando uma série de correias emborrachadas e rolos fixos. Quando o fardo atinge um determinado tamanho, é amarrado e descarregado pela parte traseira.

26.15.2.7.1.1 Câmara de enfardamento.A câmara de enfardamento está localizada no centro da unidade. A câmara contém uma série de correias rotativas emborrachadas, montadas lado a lado e direcionadas em torno de uma série de rolos fixos e flutuantes, que geram o rolo ou fardo. O material de corte adicional é adicionado à parte externa do rolo. Uma vez que o rolo está completo, o operador prepara o rolo e é descarregado.

26.15.2.7.1.2 Portão. Um portão hidráulico está localizado na parte traseira da enfardadeira. Quando aberto, um fardo é descarregado, depois fechado, e inicia-se a formação de um novo fardo. Alguns modelos estão equipados com um ejetor ou rampa de fardos operado hidraulicamente.

26.15.2.7.2 Enfardadeiras Quadradas. Uma faca corta o feno onde ele entra na câmara do coletor. O êmbolo mecânico então empurra o feno para trás, comprimindo-o em lâminas finas ou seções que formam o fardo. Um dispositivo de medição mede o comprimento adequado do fardo e aciona o mecanismo de amarração do fio. À medida que o próximo fardo é formado, o fardo acabado é retirado da parte traseira da câmara de enfardamento. Algumas enfardadeiras quadradas estão equipadas para ejetar hidraulicamente os fardos de uma calha para um reboque rebocado.

26.15.2.7.3 Coletas. Os colectores utilizam uma série de dentes para recolher o material de colheita que foi empilhado em filas e está localizado por baixo da frente da enfardadeira. O coletor, que é acionado por uma corrente e uma roda dentada anexada à roda dentada principal, coleta o material da colheita e o alimenta na câmara de enfardamento.

26.15.2.7.4 Sistemas de Acionamento por Corrente. Esses sistemas possuem uma série de correntes, rodas dentadas e polias tensoras intermediárias que são usadas para acionar o coletor e o sistema de correia e rolete. Esses componentes podem ser encontrados atrás dos painéis das portas basculantes ou elevatórias, ou atrás dos painéis de inspeção aparafusados, que fornecem acesso aos pontos de montagem dos rolos fixos. O sistema de acionamento por corrente é alimentado através de uma caixa de engrenagens na enfardadeira por fixação do eixo à tomada de força do trator.

26.15.2.7.5 Sistema Hidráulico.A pressão hidráulica é fornecida à enfardadeira pelo trator através de conexões de linha hidráulica. O equipamento de bordo inclui linhas hidráulicas, válvulas e conectores.

26.15.2.7.6 Sistema Elétrico. Os circuitos elétricos da enfardadeira operam luzes e sensores alimentados e protegidos pelo sistema elétrico do trator.

26.15.3 Preocupações Exclusivas de Segurança.

26.15.3.1 Capacidades de Fluido. Todas as capacidades de fluido tendem a ser maiores em equipamentos agrícolas. As capacidades de combustível diesel podem ser de várias centenas de galões para permitir a operação ininterrupta por muitas horas. Grandes quantidades de líquidos combustíveis podem ser liberadas antes ou durante um incêndio, o que pode aumentar a taxa e a intensidade do incêndio. Isso pode potencialmente obscurecer os padrões de incêndio produzidos nos estágios iniciais do incêndio. A construção do tanque de combustível pode ser não metálica e sua localização pode ser elevada. O material de construção do tanque de líquido também pode contribuir para a carga total de combustível.

26.15.3.2 Equipamento Interno. Devido à construção deste tipo de equipamento, podem ser necessárias ferramentas ou assistência especializada para aceder às áreas internas. O investigador pode procurar assistência de pessoas que tenham experiência com a marca e modelo específico do equipamento para concluir a investigação mantendo a preservação das evidências. Consulte o capítulo Considerações Legais para obter informações detalhadas sobre espoliação de provas, notificação de partes interessadas e procedimentos recomendados para testes destrutivos antes de qualquer desmontagem do maquinário.

26.15.3.3 Riscos elétricos aéreos.A altura normal de equipamentos agrícolas pode ultrapassar a altura de veículos padronizados, como semi-caminhões. As alturas operacionais também podem ser maiores devido a despejo ou outras operações razoavelmente previsíveis. Campos agrícolas atravessados ou margeados por linhas elétricas aéreas de alta tensão podem representar um risco adicional, uma vez que essas linhas energizadas podem ser contatadas pelo equipamento agrícola durante as operações normais. Caso o equipamento agrícola tenha entrado em contato com linhas elétricas de alta tensão, o investigador deve tomar todas as precauções necessárias para garantir que o condutor elétrico (linhas) tenha sido devidamente desenergizado, testado e aterrado por pessoal qualificado da concessionária de energia elétrica antes de se aproximar do equipamento para investigação.

26.15.3.4 Cesta Elevada. Incêndios na colhedora de algodão podem ocorrer no algodão colhido coletado na cesta. Uma ação típica do operador é tentar despejar o algodão da cesta e afastar a colhedora do algodão queimado. Se o operador não conseguir completar esta ação, a cesta pode ser elevada de sua posição normal na estrutura. O coletor pode estar instável devido a esta condição ou a própria cesta pode precisar ser protegida antes que uma investigação possa ser iniciada. Em alguns casos, a cesta pode ter caído para o lado da catadora, dificultando a investigação do sistema hidráulico. Assistência ou equipamento especial pode ser necessário para obter acesso seguro às áreas embaixo da cesta.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

26.15.3.5 Falha do Portão. Nas enfardadeiras de fardos redondos, a falha do sistema hidráulico do portão pode resultar em graves riscos de esmagamento ou aprisionamento. Deve-se tomar cuidado para proteger o portão se estiver aberto.

26.15.3.6 Ejetor Hidráulico de Fardos. Os ejetores de fardos podem ser encontrados como opção em certas marcas de enfardadeiras de feno quadradas. Esses ejetores são acionados hidraulicamente e controlados por sensores/interruptores elétricos para operação. O sistema hidráulico é autônomo e pré-carregado. A bomba hidráulica é acionada pela tomada de força do trator. Molas podem ser usadas para auxiliar no processo de ejeção. Como o sistema é acionado hidraulicamente, o ejetor não é uma preocupação de segurança após o incêndio, a menos que a unidade seja colocada em operação.

26.15.4 Preocupações Únicas com Causas de Incêndio.

26.15.4.1 Sucateamento.A sucata é a prática comum de uma colheita secundária de campos de algodão previamente colhidos em que a sucata de algodão, ainda presa à cápsula, é colhida. Durante esta colheita, a planta está morta há algum tempo e geralmente está muito seca. Nesta condição seca, a água não é necessária para ajudar na limpeza do fuso, como ocorre durante a colheita primária. A bomba de água é retirada de linha para proteger a bomba contra cavitação, superaquecimento e empenamento das vedações. Durante esta operação, quantidades excessivas de resíduos de colheita podem se acumular dentro da unidade de linha causando atrito com os componentes mecânicos rotativos ou resíduos de colheita presos podem forçar o desalinhamento desses componentes mecânicos, resultando em contato metal-metal entre os fusos ou o metal componentes de alojamento da unidade de linha.

26.15.4.2 Materiais Combustíveis Estrangeiros.A coleta e o acúmulo de materiais combustíveis estranhos podem ocorrer em vários locais nos equipamentos agrícolas. Esses materiais incluem detritos ou resíduos vegetais combustíveis, que podem se acumular dentro ou ao redor dos componentes do sistema de exaustão e turbocompressores. Ele também pode se acumular nos filtros de ar, entupindo o filtro e causando temperaturas de operação mais altas do que o normal. Detritos ou resíduos vegetais também podem se acumular dentro e ao redor de correias, correntes, rodas dentadas, eixos rotativos e outras peças móveis, levando à ignição por aquecimento por fricção. A presença de materiais combustíveis estranhos pode tornar-se cada vez mais importante como risco de incêndio com o aumento das temperaturas de operação dos componentes do motor, exigida por mudanças nos requisitos de emissões.*(Veja a figura 26.15.4.2 .)*

26.15.4.3 Manutenção. Manutenção de rotina de equipamentos agrícolas conforme descrito no Manual do Operador de Equipamentos. Se o cronograma de manutenção pré-determinado não for seguido, pode ocorrer um aumento no potencial de incêndio. O tipo de cultura a ser colhida, as condições ambientais no momento da colheita e o tempo disponível para o agricultor concluir a colheita, todos impactam a capacidade do agricultor de manter e aderir a um serviço e cronograma de manutenção aceitável e apropriado. Entrevistas realizadas com o proprietário do equipamento e/ou operador(es) e uma revisão dos registros de manutenção (se disponíveis) são úteis para estabelecer qualquer relevância do histórico de manutenção do equipamento envolvido para a origem ou causa do incêndio.

26.15.5 Combustíveis. Muitos dos combustíveis encontrados em equipamentos agrícolas são semelhantes aos encontrados em automóveis e caminhões. Consulte a seção Combustíveis em veículos deste capítulo para obter informações detalhadas sobre os vários combustíveis. Equipamentos agrícolas transportam grandes quantidades de vários líquidos inflamáveis para: a) permitir que o operador do equipamento cubra mais terreno um período de tempo maior entre as paradas de reabastecimento; b) fornecer lubrificação adequada para componentes móveis e rotativos; ou c) fornecer quantidades adequadas de fluido hidráulico para manter a pressão para funções múltiplas e simultâneas.

26.15.5.1 Combustível Diesel.O combustível diesel é o principal líquido inflamável usado para motores de equipamentos agrícolas.

26.15.5.2 Biodiesel.O biodiesel é um combustível alternativo, produzido a partir de recursos renováveis para uso em motores diesel comuns. O biodiesel em si não contém petróleo, mas pode ser misturado em qualquer nível com petróleo para criar uma mistura de biodiesel. Os equipamentos agrícolas podem ser projetados para funcionar com combustíveis biodiesel. As misturas adequadas contêm uma faixa de 2% a 20% de biodiesel e 80% a 98% de diesel de petróleo. O B20 (20 por cento de biodiesel e 80 por cento de petróleo) tem características de desempenho semelhantes às do diesel nº 2. B100 (100 por cento de biodiesel) gera uma produção de energia ligeiramente menor do que o diesel de petróleo (118.170 Btu/gal vs. 129.050 Btu/gal) e tem um ponto de fulgor mais alto do que o diesel de petróleo (100°C–170°C vs. 60°C). –80°C). (Nota de rodapé: Diretrizes de manuseio e uso de biodiesel, terceira edição. Setembro de 2006. US Dept. de Energia) O biodiesel é mais leve que a água, insolúvel, ligeiramente mais pesado que o ar e levemente volátil. Se houver suspeita de uso de uma mistura de biodiesel, as mesmas precauções de segurança devem ser tomadas para o óleo diesel. O investigador deve estar ciente da possibilidade de autoaquecimento quando o combustível biodiesel estiver em contato com trapos ou materiais semelhantes.

26.15.5.3 Plásticos. Os plásticos podem ser encontrados como acabamentos, tampas ou invólucros da maioria dos equipamentos agrícolas, principalmente aqueles com cabines fechadas. A maioria dos plásticos rígidos é usada para compartimentos de motor e tampas de rodas, e no posto do operador para painéis de acabamento, painéis de controle, botões, botões, etc. Reservatórios de combustível, água e solução, tanques também podem ser construídos em plástico e podem à carga total de combustível do equipamento.

26.15.5.4 Materiais Compósitos. Os painéis da carroceria e outros componentes da interface do usuário podem ser fabricados em fibra de vidro ou outros materiais compostos semelhantes. Tintas e resinas usadas na fabricação desses componentes podem aumentar a carga total de combustível da máquina. A principal preocupação é que esses componentes possam ser completamente destruídos, alterando o significado dos padrões de incêndio remanescentes para a análise sequencial do padrão de incêndio. Cuidado



FIGURA 26.15.4.2 Material Combustível Estrangeiro Coletado em uma Colhedora de Algodão.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

devem ser tomadas pelo investigador para reconhecer a presença de materiais compósitos e considerar o impacto de sua combustão na avaliação pós-fogo dos indicadores de origem ou propagação do fogo.

26.15.5.5 Borracha. Os componentes emborrachados encontrados em equipamentos agrícolas incluem pneus, esteiras, correias, material de mangueira e almofadas do doffer (coletores de algodão). Desses componentes, pneus e esteiras de borracha são os mais significativos em termos de carga de combustível. Pneus agrícolas podem ser muito grandes e são construídos para uso pesado. Não é incomum chegar a um incêndio em um equipamento agrícola e encontrar resíduos de pneus queimando ou fumegando, vários dias após o incêndio inicial. A produção de fumaça de um pneu em chamas ou fumegante pode interferir na investigação e pode exigir esforços adicionais de supressão antes de prosseguir.

26.15.6 Fontes de ignição. Tal como acontece com outros equipamentos motorizados, muitos dos mesmos fatores de ignição e cenários existem com equipamentos agrícolas.

26.15.6.1 Fontes Elétricas. Os equipamentos agrícolas podem ser construídos com um sistema de bateria única ou múltipla. Iluminação ou acessórios adicionais podem exigir um carregamento maior ou capacidade elétrica de reserva. Consulte as seções Fontes Elétricas e Sistema Elétrico de Veículos Motorizados deste capítulo.

26.15.6.2 Superfícies Quentes. Coletores de escape, turbocompressores e outros componentes relacionados são geralmente considerados a principal preocupação para ignição de superfícies quentes de combustíveis ou líquidos inflamáveis em equipamentos agrícolas. Muito do que está escrito na seção de superfícies quentes deste capítulo também se aplicará a equipamentos agrícolas. Existem algumas diferenças, como a configuração dos componentes do sistema de exaustão, que podem levar ao acúmulo de resíduos da colheita. A falha em manter a blindagem exigida pelo fabricante ou as folgas entre superfícies quentes e materiais combustíveis pode resultar em ignição. Mudanças na tecnologia de emissões criarão outras superfícies quentes com requisitos adicionais de folgas para combustíveis.

26.15.6.3 Faíscas Mecânicas. Faíscas mecânicas podem ser criadas por metais estranhos recolhidos e passados por unidades de linha em colhedoras de algodão. O desalinhamento forçado por resíduos de colheita encravados ou por falha de equipamento que permite que os fusos tenham contato direto com placas de compressão ou outros componentes de aço também podem gerar faíscas mecânicas. Os fusos, que são feitos de aço temperado com revestimento de cromo/liga, podem quebrar e passar pela unidade. Os eventos de faísca mecânica são de curta duração e são uma fonte de ignição minimamente viável. A energia térmica das partículas de faísca mecânica é geralmente insuficiente para inflamar materiais combustíveis comuns, exceto em raras circunstâncias. Pode ser possível causar combustão latente em finas acumulações de pó. Faíscas mecânicas podem inflamar o pó de algodão ou resíduos finos de colheita na base ou na parte traseira da unidade de fileira. O pó de algodão pode arder ou incendiar como resultado do ar forçado injetado através do compartimento. O algodão colhido que passa pela área pode então ser inflamado e soprado para dentro da cesta onde o algodão continua a arder ou queimar.

26.15.6.4 Fricção.O atrito ocorre com a aplicação de freios ou a operação normal de uma embreagem deslizante. O aquecimento por fricção pode ocorrer como resultado da aplicação inadequada de uma função de componente, manutenção deficiente, reparos inadequados ou inadequados ou falha de peça. O calor gerado pode ser bastante substancial, dependendo do tipo de materiais envolvidos, velocidade de ação entre os materiais e capacidade do calor gerado para dissipar. Calor de fricção suficiente pode ser gerado para inflamar combustíveis próximos, que podem incluir pneus, correias emborrachadas, mangueiras, graxa lubrificante ou detritos vegetais ou resíduos de colheita.

26.15.6.5 Freios. Os equipamentos agrícolas podem ser equipados com freios a disco ou a tambor. Alguns equipamentos podem estar equipados com freios de estacionamento. O calor de fricção gerado pelas operações normais de frenagem é facilmente manipulado pelo design do sistema e pelos tipos de materiais usados. Quando os freios são mal aplicados, ocorre calor excessivo por fricção. A aplicação incorreta dos freios pode ocorrer em situações em que o operador do equipamento não libera o freio de estacionamento antes de mover a máquina, usa os freios repetidamente para direção ou substituição/ajuste inadequado dos componentes do freio.

26.15.6.6 Embreagem deslizante. Uma embreagem deslizante é um dispositivo de segurança que utiliza uma placa ou disco de fricção em uma configuração de acoplamento com um eixo de acionamento rotativo. Forças excessivas no sistema de acionamento, como as causadas por "entupimento" de uma máquina com muito material de colheita, farão com que a embreagem "deslize", evitando danos aos componentes de acionamento. Uma embreagem deslizante deve ser apertada de acordo com as especificações adequadas ou a embreagem pode escorregar com muita frequência ou não escorregar. O calor de fricção de uma embreagem "deslizante" pode ser uma fonte de ignição competente na presença de resíduos de colheita secos.

26.15.6.7 Eixos Rotativos. Eixos rotativos podem ser uma fonte de calor por fricção, principalmente em situações em que o equipamento não foi limpo regularmente de detritos ou resíduos vegetais. Quando detritos estranhos se acumulam em áreas ao redor desses eixos, a rotação operacional normal do eixo pode gerar calor de fricção suficiente para inflamar os detritos estranhos.

26.15.6.8 Rolamentos Rotativos. Os rolamentos rotativos requerem lubrificação regular através de uma graxeira. Outros rolamentos são vedados e lubrificados permanentemente. Os rolamentos rotativos podem falhar por falta de lubrificação ou lubrificação excessiva, o que resulta na falha de uma vedação de graxa. Os rolamentos vedados podem falhar devido à lubrificação insuficiente durante a fabricação ou por danos físicos ao rolamento causados por força externa, como contato com um objeto estranho. Os rolamentos também falham por outros motivos: desalinhamento do eixo ou rolete, instalação inadequada e parafusos de montagem quebrados. Rolamentos soltos ou congelados são indicadores de falha do rolamento. Particular interesse deve ser dado ao desenvolvimento de um histórico de manutenção e uso para o equipamento envolvido se a falha do rolamento ou atrito excessivo for uma preocupação. *[Ver Figura 26.15.6.8(a) e Figura 26.15.6.8(b).]*

26.15.6.9 Equipamentos Eletrônicos e de Reposição. Assim como automóveis e caminhões, as máquinas agrícolas agora incorporam uma série de eletrônicos tecnologicamente avançados na estação do operador. Além disso, agricultores e operadores também podem incorporar qualquer número de eletrônicos de pós-venda na estação do operador para negócios ou lazer. Equipamentos agrícolas, como colheitadeiras e colhedoras de algodão, agora utilizam várias tecnologias para auxiliar na colheita. Sistemas de computador integrados com GPS são utilizados para auxiliar com precisão de orientação automática, mapeamento de produtividade e umidade, pulverização, plantio prescrito e maximização da produtividade para rendimentos ideais das culturas. Registradores de dados e/ou monitores estão se tornando equipamentos comuns rapidamente. Em alguns tipos de equipamentos, controles eletrônicos, joystick são usados em conjunto com sistemas de orientação auxiliados por computador para um manuseio preciso. Esses componentes eletrônicos utilizam circuitos de baixa corrente protegidos por fusíveis ou disjuntores. A maioria das unidades equipadas com cabine também terá como opções um sistema de áudio ou comunicações bidirecionais.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 26.15.6.8(a) Falha na montagem do rolamento para um eixo rotativo em uma enfardadeira de feno redonda.



FIGURA 26.15.6.8(b) Cabeça recuperada do parafuso de montagem do eixo para rolo mostrado na Figura 27.15.6.8(a).

26.16 Veículos Híbridos.O investigador é avisado para obter as informações específicas do veículo híbrido antes da investigação.

26.16.1 Segurança de Investigação de Veículos Híbridos. Como precaução de segurança, o investigador deve aproximar-se do veículo híbrido como se o sistema de alta tensão estivesse energizado. Antes de inspecionar um veículo híbrido, o investigador deve estar familiarizado com o sistema de alta tensão. A maioria dos veículos híbridos terá um meio de desconexão manual para isolar a alta tensão da bateria. Os investigadores devem garantir que a desconexão esteja na posição de isolamento antes de iniciar qualquer inspeção física. Como precaução adicional, um voltímetro deve ser usado para verificar se há alta tensão em qualquer fiação ou componente suspeito.

AVISO:*Como o potencial da bateria de alta tensão pode chegar a 600 volts, a abertura da bateria pode ser extremamente perigosa e não deve ser tentada por pessoal não treinado.*

26.16.2 Tecnologia de Veículo Híbrido. Os veículos híbridos contêm como meio de propulsão um motor de combustão interna e um sistema de acionamento elétrico. O sistema elétrico de um veículo híbrido consistirá em um sistema de alta tensão usado para tração e um sistema automotivo regular de 12 volts usado para todas as outras cargas elétricas. O sistema de alta tensão (até 600 volts) será composto por uma bateria de alta tensão, um motor de tração de alta tensão, um gerador para carregar a bateria do motor de combustão interna, um controlador eletrônico e um conversor para escalonamento de tensão. entre os sistemas de alta e baixa tensão. Os veículos híbridos também contêm uma bateria automotiva padrão de 12 volts. Os veículos híbridos podem ter um alternador e motor de partida integrados como parte do trem de força. À medida que a tecnologia híbrida evolui, outras cargas automotivas, como direção hidráulica e ar condicionado, pode ser alimentado pelo barramento de alta tensão. O sistema de alta tensão não utiliza o chassi do veículo para retorno à terra e, portanto, haverá dois condutores para cada carga de alta tensão. É padrão reservar a cor laranja para toda a fiação de alta tensão. O sistema de alta tensão provavelmente será protegido por um meio de desconexão automática que pode ser ativado por qualquer número de eventos, incluindo KEY OFF, detecção de um caminho de terra, detecção de um conector de alta tensão aberto, detecção de uma colisão, etc. A maioria dos sistemas de alta tensão também contém um dispositivo de proteção de circuito como parte da bateria para proteger contra um curto-circuito direto. É padrão reservar a cor laranja para toda a fiação de alta tensão. O sistema de alta tensão provavelmente será protegido por um meio de desconexão automática que pode ser ativado por qualquer número de eventos, incluindo KEY OFF, detecção de um caminho de terra, detecção de um conector de alta tensão aberto, detecção de uma colisão, etc. A maioria dos sistemas de alta tensão também contém um dispositivo de proteção de circuito como parte da bateria para proteger contra um curto-circuito direto. É padrão reservar a cor laranja para toda a fiação de alta tensão. O sistema de alta tensão provavelmente será protegido por um meio de desconexão automática que pode ser ativado por qualquer número de eventos, incluindo KEY OFF, detecção de um caminho de terra, detecção de um conector de alta tensão aberto, detecção de uma colisão, etc. A maioria dos sistemas de alta tensão também contém um dispositivo de proteção de circuito como parte da bateria para proteger contra um curto-circuito direto.

26.16.3 Investigação de Incêndios em Veículos Híbridos.A investigação deve prosseguir como de costume para veículos, exceto que o sistema de alta tensão deve ser considerado como uma fonte potencial de ignição. Os investigadores devem obter informações específicas do veículo sobre o tipo e localização de todos os componentes de alta tensão, o projeto do fabricante para reduzir o risco de liberação não intencional de energia elétrica do sistema de alta tensão e se esse sistema foi comprometido. O investigador deve determinar se o sistema elétrico de alta tensão está intacto e se o circuito está aberto ou fechado. Deve ser determinado se o dispositivo de proteção do circuito está ligado, desligado, desarmado ou danificado.

26.17 Considerações de Reboque.O reboque ou o transporte do veículo antes ou depois do acidente pode resultar em danos mecânicos visíveis no momento da investigação do incêndio. Às vezes, esse dano envolve o sistema de combustível do veículo. Esses danos no sistema de combustível podem incluir perfuração ou trituração do tanque, perda da braçadeira da mangueira ou separação da linha de combustível. Para evitar a perda potencial de provas, o veículo pode ser embrulhado antes de ser removido do local.

26.17.1O investigador deve identificar e documentar a natureza dos danos pós-incidente. Danos em peças metálicas que expõem metal fresco indicam que o dano provavelmente foi infligido depois que o fogo foi extinto. Danos na área ao redor do dano de interesse também podem indicar a natureza do dano e o momento em que ocorreu.

26.17.2O reboque ou o transporte de veículos antes ou depois do acidente podem resultar no início do incêndio. Veículos não danificados, como um semi-reboque, podem iniciar um incêndio devido à carga, uma unidade de energia com defeito ou uma condição elétrica. Aspectos de calor por fricção, como o arrasto do freio devido ao ar residual ou pressão do sistema hidráulico, ou freios aplicados em colisão (estacionamento), podem ser identificados erroneamente como uma fonte de ignição. Esteja ciente de que rebocar, mover ou levantar um veículo pode causar danos ao exterior do veículo. Também pode levar ao deslocamento de componentes do sistema de combustível, bem como à realocação do conteúdo do veículo durante uma investigação de incêndio. Qualquer condição observada deve ser totalmente documentada com fotografias e notas.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

26.18 Veículos movidos a hidrogênio.O investigador é aconselhado a obter informações específicas sobre o veículo movido a hidrogênio antes da investigação.

26.18.1 Segurança de investigação de veículos movidos a hidrogênio.O investigador deve estar ciente dos riscos potenciais associados aos veículos movidos a hidrogênio, como a faixa de inflamabilidade extremamente ampla (4% a 75%), facilidade de ignição e potencial da bateria de alta tensão, e proceder com cautela. Os sistemas de hidrogênio são frequentemente mantidos em altas pressões. Imediatamente após um incêndio ou colisão, o tanque de hidrogênio ou o sistema de combustível a jusante podem estar liberando combustível. O hidrogênio escapando dos sistemas de alta pressão pode se auto-inflamar. Se o tanque ou o sistema de combustível for danificado devido a um acidente ou incêndio, isso pode resultar em uma condição perigosa e uma liberação de hidrogênio pode ocorrer posteriormente. Uma investigação não deve começar até que toda a ventilação do hidrogênio esteja concluída ou o sistema de combustível esteja estabilizado. Modelos de veículos específicos podem ter meios eletrônicos ou mecânicos para ventilar com segurança o hidrogênio antes de iniciar uma investigação de incêndio no veículo. O hidrogênio tem uma energia de ignição muito baixa de 0,018 mJ e pode ser inflamado por uma fonte de energia, como uma descarga elétrica estática*(ver Tabela 26.3.2)*. O hidrogênio queima com um azul pálido, quase invisível chama que pode ser difícil de detectar. Ele se difunde rapidamente e é mais leve que o ar, mas o hidrogênio tem uma ampla faixa de inflamabilidade que pode criar um problema de segurança onde o hidrogênio pode ter sido coletado. A ignição do hidrogênio pode resultar em explosão sob algumas condições e vazamentos em espaços confinados podem ser perigosos. Os veículos movidos a hidrogênio também podem ser híbridos de bateria e, portanto, aplicam-se todas as precauções para segurança elétrica de alta tensão da seção Veículos híbridos.

26.18.2 Descrição do veículo movido a hidrogênio. Veículos movidos a hidrogênio podem ser movidos por motores de combustão interna ou por uma célula de combustível alimentando um acionamento elétrico.

26.18.2.1 Um veículo movido a célula de combustível utiliza energia elétrica para conduzir o veículo e acessórios, como o compressor de ar condicionado e a bomba de direção hidráulica. A célula de combustível e os principais componentes elétricos são resfriados por um sistema semelhante ao usado para resfriar os motores de combustão interna. As temperaturas da superfície dos componentes sob o capô são tipicamente mais baixas do que as associadas aos veículos com motor de combustão interna.

26.18.2.2 Os manuais do fabricante devem ser consultados para detalhes de configuração do sistema de combustível. Veículos movidos a hidrogênio, estacionamentos e postos de abastecimento podem ter sensores de hidrogênio projetados para disparar um alarme quando for detectado vazamento de hidrogênio. Alguns fabricantes de veículos propuseram o uso de reformadores para fornecer a fonte de hidrogênio. Um reformador usa processos químicos para liberar hidrogênio de um combustível padrão, como gasolina. Veículos desse tipo provavelmente também terão um sistema de combustível a gasolina. Veículos movidos a hidrogênio devem ter marcações padronizadas conforme recomendação da SAE J2578, com etiqueta em losango composta por letras brancas sobre fundo azul, com legenda: “CHG” ou “LH2”, referindo-se ao hidrogênio comprimido ou líquido, respectivamente.*(Veja a figura 26.18.2.2)*.

26.18.2.3 Veículos abastecidos com hidrogênio podem armazenar o hidrogênio como um gás comprimido de alta pressão (34,5 MPa – 69,0 MPa [5.000 psi – 10.000 psi]), em um tanque de pressão moderada (até 10,3 MPa [1500 psi]) como um hidreto. , ou na forma de um líquido criogênico a baixa pressão. Esses dispositivos de armazenamento e o sistema de combustível a jusante serão protegidos por um ou mais dispositivos de alívio de pressão (PRDs) ou discos de ruptura. Os dispositivos podem ser acionados por alta pressão ou alta temperatura resultante de um incêndio no veículo. Haverá também uma ou mais pressões

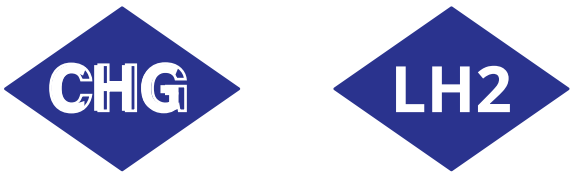


FIGURA 26.18.2.2 **Marcadores de hidrogênio.**

reguladores para reduzir a pressão do hidrogênio fornecida pela pressão do vaso de armazenamento para a célula de combustível ou o motor de combustão interna. Além disso, haverá uma linha de enchimento, uma ou mais válvulas de fechamento normalmente fechadas acionadas eletricamente e linhas de ventilação para os PRDs e a exaustão da célula de combustível.

Capítulo 27 Investigações de Incêndios Florestais

27.1* Introdução.A investigação de incêndios florestais envolve técnicas, práticas, equipamentos e terminologia especializados. Embora os princípios básicos da ciência e da dinâmica do fogo sejam os mesmos em um incêndio florestal, o desenvolvimento e a propagação do fogo são influenciados por diferentes fatores, como combustíveis florestais, clima do fogo, topografia e queima não confinada.

27.1.1O objetivo deste capítulo é identificar e explicar os aspectos exclusivos da investigação de incêndios florestais. Este capítulo é uma introdução básica e o usuário deve consultar o material de referência listado no Anexo A e Anexo B. Assim como em outros tipos de investigação de incêndio cobertos neste guia, pode ser necessário pessoal especializado para fornecer assistência técnica.

27.2 Combustíveis para Incêndios Florestais.A observação acurada das variações nos combustíveis de incêndios florestais é essencial para analisar com precisão o comportamento do fogo.

27.2.1 Análise da Condição do Combustível. Em uma terra selvagem, existem grandes diferenças no caráter dos materiais inflamáveis. Pode haver duff profundo, folhas mortas recém-caídas, touceiras de grama, galhos e galhos secos, troncos caídos, arbustos baixos, galhos verdes de árvores, musgo pendurado, galhos e muitos outros tipos de material podem estar presentes. Cada um destes materiais tem características de combustão distintas. A inflamabilidade de uma matriz de combustível particular é governada pelas características de queima de materiais individuais e pelos efeitos combinados dos vários tipos de materiais presentes.

27.2.1.1 Antes que a condição do combustível possa ser analisada, as características físicas dos materiais combustíveis florestais devem ser classificadas. Tal classificação permite a identificação dos fatores de combustível que influenciam a inflamabilidade. Após a classificação adequada do combustível, os fatores topográficos e climáticos devem ser considerados antes que a taxa de propagação e o comportamento geral dos incêndios nesse combustível possam ser determinados.

27.2.1.2*Os combustíveis florestais são variados e complexos, portanto, é necessário desenvolver uma abordagem sistemática para a análise das condições dos combustíveis. Primeiro, a matriz de combustível é subdividida em três grandes categorias dispostas verticalmente: combustíveis terrestres, de superfície e aéreos. Os investigadores de incêndios florestais devem se preocupar com a forma como os combustíveis são estratificados, suas características físicas e a quantidade de combustível na área de origem geral para determinar o contexto do comportamento do fogo. Dentro dessas amplas categorias, os combustíveis são divididos em quatro grandes grupos de combustíveis. Esses grupos são descritos como gramíneas, arbustos, serrapilheira e restos de madeira. Cada grupo é dividido em modelos do tipo combustível que são um

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

associação de elementos combustíveis para espécies distintas, forma de combustível, tamanho e arranjo. Essas características determinam uma taxa previsível de propagação ou resistência ao controle sob condições climáticas específicas. Finalmente, os combustíveis também são classificados de acordo com seu tamanho no que se refere às suas características de retenção de umidade do combustível. Os combustíveis mortos são agrupados de acordo com os combustíveis com defasagem de 1, 10, 100 e 1000 horas e os combustíveis vivos são agrupados como herbáceos (anuais ou perenes) ou lenhosos.

27.2.2 Combustíveis Terrestres. Combustíveis terrestres incluem todos os materiais inflamáveis localizados entre a camada do solo mineral e a superfície do solo. Esses combustíveis normalmente incluem galhos, folhas e serapilheira e vegetação em decomposição, como duff, musgo de turfa, galhos e raízes enterrados. Ramos e galhos enterrados podem queimar ao longo de todo o seu comprimento e acender um fogo de superfície em um local diferente. Quando suficientemente secos, os combustíveis moídos podem ser um leito de combustível muito receptivo para uma ampla variedade de fontes de ignição devido à sua alta relação área de superfície/volume. Eles também podem arder por longos períodos de tempo antes de fazer a transição para a chama aberta. Combustíveis terrestres por si só não são normalmente associados à progressão rápida do fogo; no entanto, podem contribuir para uma residência significativa do fogo a longo prazo, dependendo da profundidade dos materiais.

27.2.2.1 Duff. Duff raramente tem uma grande influência na taxa de propagação do fogo porque é tipicamente úmido e fortemente comprimido, de modo que pouco de sua superfície é exposta livremente ao ar, e sua taxa de combustão é lenta. Em incêndios florestais, a maior parte do duff pode ser consumida até o solo mineral. Ocasionalmente, o duff contribui para a taxa de propagação, fornecendo um caminho para o fogo rastejar entre manchas de material mais inflamável.

27.2.2.2 Raízes. As raízes não são um fator importante na taxa de propagação do fogo, pois o suprimento de ar muito restrito impede a combustão rápida. No entanto, os incêndios podem queimar lentamente nas raízes. Alguns incêndios escaparam do controle porque uma raiz forneceu uma avenida para o fogo cruzar a linha de controle. Raízes grandes de vegetação morta e parcialmente decomposta espalharão mais facilmente o fogo do que as raízes de vegetação viva.

27.2.3 Combustíveis de Superfície. Combustíveis de superfície são aqueles materiais inflamáveis localizados desde a superfície do solo até aproximadamente 2 m (6 pés) acima da superfície. Combustíveis de superfície incluem gramíneas, folhas, galhos, agulhas, colheitas de campo, cortes e galhos caídos. Combustíveis de superfície na categoria de umidade do combustível com retardo de uma hora são os materiais mais comuns inflamados pela primeira vez. Combustíveis de superfície contribuem para a rápida propagação do fogo e a taxa de propagação do fogo. Eles também servem como a escada de combustível primária para combustíveis aéreos.

27.2.3.1 Madeira morta fina.A madeira morta fina consiste em galhos, galhos pequenos, partículas de casca e material em decomposição. Normalmente, a classificação de madeira morta fina é restrita a materiais com diâmetro inferior a 25,4 mm (1 pol.). Esses combustíveis estão incluídos na categoria de combustível com atraso de 1 e 10 horas. Esses combustíveis finos de superfície morta estão entre os mais importantes de todos os materiais que influenciam a taxa de propagação do fogo e o comportamento geral do fogo em áreas florestais. A madeira morta fina inflama facilmente e muitas vezes fornece a principal via para transportar o fogo de uma área para outra. É o material de ignição para combustíveis maiores e mais pesados.

27.2.3.1.1 Em áreas onde existe um grande volume de madeira morta fina, um incêndio pode se desenvolver rapidamente. O maior volume de madeira morta fina é normalmente encontrado em áreas com corte de madeira. Em condições secas, as fortes correntes de convecção criadas pelo intenso calor transportam as brasas e as levam adiante, causando focos de incêndio além da frente de fogo principal.

27.2.3.1.2A madeira seca e podre granulada, embora não seja um fator especialmente importante na taxa de propagação do fogo, é um combustível altamente inflamável. As brasas do fogo principal geralmente causam incêndios pontuais em madeira podre no chão ou em locais ocos em troncos ou tocos velhos.

27.2.3.2 Folhas mortas e cama de coníferas.À medida que as folhas e a serapilheira de coníferas se decompõem no solo, elas gradualmente se tornam parte da camada de duff. Antes que essa decomposição ocorra, no entanto, folhas e lixo de coníferas são um material altamente inflamável e devem ser considerados combustíveis de superfície e não combustíveis de solo. Em muitas florestas, os combustíveis de superfície de nível inferior podem ser compostos principalmente de agulhas caídas de árvores coníferas. As agulhas de pinheiro Ponderosa, por exemplo, são extremamente inflamáveis porque seu grande tamanho e forma criam um arranjo confuso, permitindo a livre circulação do ar. Agulhas menores, como as de abeto de Douglas, geralmente queimam menos intensamente, pois são mais compactadas.

27.2.3.2.1 Agulhas que ainda estão presas a galhos mortos são especialmente inflamáveis porque são expostas livremente ao ar e normalmente não estão em contato direto com o material mais úmido no solo. Agulhas que permanecem em galhos caídos formam gravetos altamente combustíveis para materiais maiores. Por esta razão, o corte de madeira contendo agulhas secas é um combustível perigoso.

27.2.3.3 Grama. Grama, ervas daninhas e outras pequenas plantas anuais ou perenes são importantes combustíveis de superfície que influenciam a taxa de propagação do fogo. O fator chave nesses combustíveis é o grau de cura. A grama verde suculenta atua como uma barreira contra o fogo. Durante o curso de uma temporada normal de incêndio, no entanto, a grama torna-se gradualmente mais seca e mais inflamável à medida que a planta cura ou à medida que os caules e as folhas morrem devido à falta de umidade. Neste momento, a cobertura de grama torna-se facilmente inflamável. A grama curada, se presente em um volume grande e uniforme, torna-se o combustível de superfície mais inflamável e de espalhamento mais rápido. Grama e outras plantas pequenas ocorrem no chão de quase todas as florestas. Os investigadores de incêndio precisam determinar o volume e a continuidade da cobertura de grama. Em florestas densas onde pouca luz solar atinge o solo, muito pouca grama é encontrada. Em florestas mais abertas, como em povoamentos de pinheiros maduros, pode haver uma grande quantidade de combustível de gramíneas. Se houver uma cobertura mais ou menos contínua de grama seca no chão da floresta, a taxa de propagação de um incêndio será governada em grande parte por essa cobertura, e não pelos combustíveis mais pesados normalmente associados a uma floresta. Incêndios em grama seca geralmente têm altas taxas de propagação.

27.2.3.4 Troncos Abatidos, Tocos e Membros Grandes. Combustíveis pesados, como troncos caídos, tocos e galhos grandes compreendem a categoria de combustível com atraso de 100 e 1.000 horas e, portanto, exigem longos períodos de clima quente e seco antes de se tornarem altamente inflamáveis. Quando esse material atinge um estado seco, no entanto, incêndios de alta intensidade podem se desenvolver. Os combustíveis pesados mais perigosos são aqueles que contêm longarinas de madeira seca, ou muitos grandes cheques e rachaduras. O material de superfície lisa é menos inflamável, pois seca mais lentamente, tem pouca superfície exposta ao ar e contém menos combustível de ignição.

27.2.3.4.1 Incêndios sustentados de alta intensidade podem se desenvolver em pilhas de troncos caídos e galhos grandes ou em colheitas inesperadas cruzadas, à medida que os vários componentes do combustível irradiam calor uns para os outros. Galhos e troncos isolados não queimarão com muita intensidade, a menos que o fogo seja sustentado por grandes acúmulos de madeira fina e morta.

27.2.3.5 Escova Baixa e Reprodução. Escova baixa, mudas de árvores e pequenas mudas são classificadas como combustíveis de superfície. Esta vegetação de sub-bosque pode acelerar ou diminuir a taxa de propagação de um incêndio. Durante a primeira parte de uma temporada de incêndios, o

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

a sombra normalmente fornecida pela vegetação do sub-bosque evita que outros combustíveis de superfície sequem rapidamente. No entanto, à medida que a estação avança, a alta temperatura do ar e a baixa umidade relativa do ar secam tanto o combustível depositado no solo quanto a vegetação do sub-bosque. Quando isso acontece, a maior parte da vegetação rasteira, particularmente pequenas árvores coníferas, torna-se combustível contíguo que sustenta a propagação do fogo.

27.2.3.5.1A vegetação do sub-bosque em uma floresta muitas vezes fornece uma ligação entre os combustíveis de superfície e os combustíveis aéreos. As copas das pequenas árvores podem pegar fogo e, por sua vez, espalhar o fogo para combustíveis aéreos no dossel da floresta. Tanto os matagais de reprodução das árvores quanto os arbustos mortos podem fornecer os primeiros meios para que um fogo de superfície se acenda e se espalhe para as copas das árvores sobre-bosque.

27.2.4 Combustíveis Aéreos. Combustíveis aéreos são aqueles materiais inflamáveis localizados de aproximadamente 2 m (6 pés) acima da superfície até as coroas do dossel. Esses combustíveis incluem galhos de árvores, folhas, agulhas, senões, musgo e arbustos altos. Esses combustíveis raramente são os primeiros materiais inflamados e normalmente requerem quantidades significativas de calor dos combustíveis de superfície. A combinação de encostas íngremes e/ou velocidades de vento mais altas pode facilmente fazer a transição do fogo para um fogo de coroa em execução. Combustíveis aéreos podem contribuir para a rápida propagação do fogo, principalmente através da geração de marcas aéreas de fogo.

27.2.4.1 Ramos e Coroas de Árvores. As agulhas vivas das árvores coníferas são um combustível altamente inflamável. Seus arranjos nos galhos das árvores permitem a livre circulação do ar. Além disso, os galhos superiores das árvores estão mais expostos ao vento e ao sol do que muitos combustíveis de superfície. Esses fatores, mais os óleos e resinas voláteis em agulhas de coníferas, tornam os galhos e copas das árvores componentes importantes dos combustíveis aéreos.

27.2.4.1.1 Galhos e copas de árvores são combustíveis que podem inflamar-se rapidamente com a diminuição da umidade relativa. Incêndios de coroa raramente ocorrem quando a umidade relativa é alta. No entanto, as agulhas de coníferas secam rapidamente quando expostas ao ar quente e seco. A secura das agulhas é influenciada pelo processo de transpiração em uma árvore. Quando o solo está úmido, as árvores liberam uma grande quantidade de umidade no ar através das folhas. À medida que o solo fica mais seco, o processo de transpiração diminui e, como resultado, folhas e galhos ficam mais secos e mais inflamáveis.

27.2.4.1.2 Galhos mortos em árvores são um importante combustível aéreo. Concentrações de galhos mortos, como aqueles encontrados em estandes mortos por insetos ou doenças, podem permitir que o fogo se espalhe de árvore em árvore. Concentrações de galhos mortos nos troncos inferiores das árvores podem fornecer um caminho adicional para que os incêndios se espalhem de combustíveis de superfície para combustíveis aéreos. Os galhos mortos mais inflamáveis são aqueles que ainda contêm agulhas.

27.2.4.2 Musgo de Árvore.O musgo pendurado nas árvores é o mais leve e o mais apto a inflamar de todos os combustíveis aéreos. O musgo é importante principalmente porque fornece um meio de propagação de incêndios de combustíveis de superfície para combustíveis aéreos ou de um componente aéreo para outro. Como outros combustíveis leves, o musgo reage rapidamente às mudanças na umidade relativa. Durante o tempo seco, os incêndios de coroa podem desenvolver-se facilmente em povoamentos fortemente cobertos de musgo.

27.2.4.3 Escova Alta. As coroas de arbustos altos, acima de 2 m (6 pés), são classificadas como combustíveis aéreos porque são separadas distintamente pela distância dos combustíveis terrestres e superficiais. Em muitas regiões florestais, maciços de arbustos podem se desenvolver em queimadas antigas, e muitas vezes formam a principal cobertura vegetal nessas áreas. Incêndios de coroa em combustíveis de escova normalmente não ocorrem a menos que combustíveis de superfície pesados estejam presentes para desenvolver o calor necessário. Dentro alguns arbustos, no entanto, uma alta proporção de caules mortos pode criar um volume suficiente de combustíveis aéreos mortos finos para permitir fogos de coroa muito quentes e de rápida propagação. Os fatores-chave na avaliação do comportamento dos incêndios em matas altas são o volume, o arranjo, as condições gerais dos combustíveis de superfície e a presença de combustíveis aéreos mortos finos.

27.2.5 Espécies. As espécies de vegetação envolvidas podem determinar a taxa de propagação e intensidade do fogo. Cada tipo de vegetação tem características diferentes, ou seja, tamanho, teor de umidade, forma e densidade.

27.2.6 Tamanho do Combustível. Um fator importante que governa tanto a ignibilidade quanto a taxa de queima de um combustível é o seu diâmetro. Quanto menor o elemento combustível (tendo uma maior razão área de superfície para massa), mais fácil será a ignição e mais rápido será consumido. Esses combustíveis menores são classificados como combustíveis finos e são compostos por itens como mudas e pequenas árvores, galhos, capim seco, arbustos, culturas agrícolas secas e agulhas e pinhas de pinheiro. Combustíveis de maior diâmetro, classificados como combustíveis pesados, são muito mais difíceis de inflamar e queimam a taxas mais lentas do que os combustíveis leves. Na maioria das vezes, requer a queima de combustíveis leves para servir como graveto para acender os combustíveis mais pesados. Alguns exemplos de classificações de combustível pesado são árvores e arbustos de grande diâmetro, galhos grandes, troncos e tocos.

Δ **27.2.7 Teor de Umidade do Combustível.**A quantidade de umidade presente no combustível desempenha um papel importante na determinação da igni- tibilidade e na taxa de propagação do fogo. À medida que a vegetação (combustível) seca, torna-se mais facilmente inflamável e queima com maior intensidade. A vegetação verde, ou vegetação com alto teor de umidade, é mais difícil de inflamar e queimará mais lentamente devido à umidade dentro da vegetação, exigindo mais calor para evaporar essa umidade. Uma vez que a umidade é evaporada, a temperatura continuará a subir até a temperatura de ignição do combustível. O teor de umidade do combustível irá variar, dependendo do tipo e condição da vegetação, exposição solar, clima e localização geográfica. O teor de umidade do combustível em combustíveis mortos é classificado por quatro amplas categorias de intervalo de tempo. Esta é uma indicação da taxa que um combustível ganha ou perde umidade devido a mudanças em seu ambiente, ou o tempo necessário para uma partícula de combustível ganhar ou perder aproximadamente 63% da diferença entre seu teor de umidade inicial e seu teor de umidade de equilíbrio. . Combustíveis mortos são agrupados em quatro classes com base em seu tamanho: combustíveis de 1 hora, menos de 0,64 centímetros (1/4 pol.) de diâmetro; 10 horas, 0,64 cm a 2,5 cm (1/4 pol. a 1 pol.) de diâmetro; 100 horas, 2,5 cm a 7,6 cm (1 pol. a 3 pol.) de diâmetro; e 1000 horas, 7,6 cm a 20,3 cm (3 pol. a 8 pol.) de diâmetro.

27.2.8 Teor de Óleo.A presença de óleo na vegetação normalmente aumenta a facilidade de ignição do combustível, a intensidade do fogo e os fatores de propagação.

27.3 Clima.O clima desempenha um papel importante no comportamento dos incêndios florestais. Elementos climáticos podem ser descritos como o estado da atmosfera em relação à estabilidade atmosférica, temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, cobertura de nuvens e precipitação.

27.3.1 Histórico do Tempo. Um item importante a ser considerado durante uma investigação é o histórico do clima. A história do tempo é uma descrição das condições atmosféricas nos dias ou semanas anteriores. Elementos climáticos devem ser analisados para determinar quais influências eles podem ter tido na ignição do fogo e nas características de queima.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

27.3.2 Temperatura.A temperatura do ar ambiente influencia diretamente a temperatura do combustível. O sol é um fator que afeta a temperatura. À medida que a energia solar radiante do sol aquece o solo e a vegetação, o combustível torna-se mais suscetível à ignição. Podem ocorrer diferenças de temperatura de mais de 10°C (18°F) entre áreas sombreadas e áreas expostas à luz solar direta. Outro fator que influencia a temperatura é a altitude. A pressão do ar mais baixa em altas altitudes permite que o ar se expanda e esfrie.

27.3.3 Umidade Relativa.A umidade é a medida do vapor de água no ar. A umidade geralmente é expressa como umidade relativa, que é a razão entre a quantidade de umidade no ar e a quantidade que um volume conhecido de ar a essa temperatura específica pode conter, expressa em porcentagem. A umidade do ar afeta diretamente a quantidade de umidade do combustível e vice-versa. O ar seco retirará a umidade da vegetação, tornando-a mais suscetível ao fogo. Combustíveis finos respondem melhor à umidade relativa do que os grandes. Se o ar tiver uma alta umidade relativa, a vegetação absorverá parte dessa umidade, tornando-a menos suscetível à ignição, ou a umidade pode diminuir a taxa de propagação de um incêndio em andamento. O ar quente pode reter mais água do que o ar frio. Isso é ilustrado pelo orvalho da manhã. À medida que o ar da noite esfria, o ar perde sua capacidade de reter umidade. A umidade condensa no ponto de orvalho do ar e forma o orvalho.

27.3.4 Influência do Vento.O vento afeta muito a velocidade com que um incêndio se espalhará. O vento empurra a chama para frente, resultando em um pré-aquecimento do combustível. O vento também ajuda a secar a vegetação, aumentando a facilidade de ignição. O vento resulta ainda no transporte de marcas de fogo transportadas pelo ar que foram transportadas pela coluna de ar convectiva aquecida. O vento de incêndio que o acompanha pode soprar brasas e faíscas quentes à frente do incêndio principal para acender incêndios secundários em áreas de combustível não queimado. Os diferentes tipos de ventos que influenciam o comportamento do fogo são classificados como meteorológicos, diurnos, foehn e ventos de fogo.

27.3.4.1 Ventos Meteorológicos. Os ventos meteorológicos são causados por diferenciais de pressão atmosférica em massas de ar de níveis superiores que geram padrões climáticos regionais. A rotação da Terra, os oceanos e as características topográficas criam esses grandes movimentos do ar para formar cinturões de vento e pressão.

27.3.4.2 Ventos Diurnos. Os ventos diurnos são formados pelo aquecimento solar e resfriamento noturno. À medida que o ar aquece durante o dia, o ar ascendente cria ventos ascendentes e ascendentes do vale. Quando o ar esfria após o pôr do sol, esse ar mais denso e pesado afunda e causa ventos de declive e vale.

27.3.4.3 Ventos Foehn. Os ventos de Foehn são ventos secos e descendentes formados como resultado do fluxo de ar entre gradientes de pressão. À medida que o ar flui para baixo, ele é acelerado pela gravidade e aquecido através do processo de compressão adiabática. Os ventos de Foehn podem elevar as temperaturas em até 30°C (54°F) e diminuir a umidade relativa significativamente em questão de horas. Esses ventos também são frequentemente canalizados através de passagens de montanha e drenagens, o que aumenta ainda mais sua velocidade. Não é incomum ver velocidades do vento superiores a 70 mph associadas a esse fenômeno. No oeste dos Estados Unidos, foehn é conhecido como o Papai Noel Ana no sul da Califórnia e os ventos Chinook associados às Montanhas Rochosas.

27.3.4.4 Ventos de Fogo. Os ventos de fogo são causados pelo próprio fogo. Esses ventos são o resultado da crescente pluma de fogo em expansão. Os ventos de fogo influenciam a propagação do fogo.

27.4 Topografia. Topografia refere-se à forma de superfícies de terra naturais ou artificiais. A topografia afeta a intensidade e a propagação de um incêndio. Os ventos também são muito afetados pela topografia do terreno.

27.4.1 Inclinação.A inclinação de uma área é determinada pela medição da subida ao longo do percurso, ou a mudança na elevação ao longo de uma determinada distância. As zonas em uma determinada inclinação são frequentemente descritas como terço superior, terço médio e terço inferior. A inclinação permite que o combustível no lado ascendente seja pré-aquecido mais rapidamente do que se estivesse em terreno plano, pois a distância entre a chama e o combustível diminui. Isso permite que o fogo queime com mais intensidade e velocidade. As correntes de vento, que predominantemente se movem para cima durante o dia, podem acelerar o fogo morro acima. O declive também pode resultar em detritos em chamas rolando morro abaixo, iniciando incêndios pontuais abaixo do incêndio primário e através das linhas de controle.

27.4.2 Aspecto.O aspecto do declive é a direção do compasso em que o declive está voltado. Esta é uma consideração importante porque o aquecimento solar no combustível e na superfície do solo aumenta o potencial de ignição e aumenta a taxa de propagação. As encostas voltadas para o sol são tipicamente mais secas e podem ter um tipo de combustível mais combustível ou caráter de vegetação, resultando em maior facilidade de ignição e propagação mais rápida. O ângulo do sol e a quantidade de energia radiante que uma determinada área recebe diariamente ou ao longo de uma estação tem uma influência direta efeito em combustíveis florestais.

27.5 Forma de Fogo. As partes de um incêndio florestal são geralmente descritas em relação ao tipo de propagação do fogo que ocorre naquela porção do perímetro, conforme ilustrado na Figura . 27,5

27.5.1 Cabeça de Incêndio.A parte de um incêndio que está se movendo mais rapidamente é chamada de cabeça de fogo. A direção do vento local enquanto o fogo está queimando determina principalmente a rota de avanço da cabeça, sujeita a influências de inclinação e outras características topográficas. Grandes incêndios em mais de um tipo de drenagem ou combustível podem desenvolver cargas adicionais. A cabeça é geralmente a área de propagação mais rápida do fogo e de maior intensidade do fogo. O fogo espalhado na cabeça do fogo é referido como fogo avançado.

27.5.2 Flancos de Fogo. Os flancos de fogo estão localizados em ambos os lados da cabeça. Estas são as partes do perímetro de um incêndio que são aproximadamente paralelas à direção principal de propagação do fogo. Incêndio

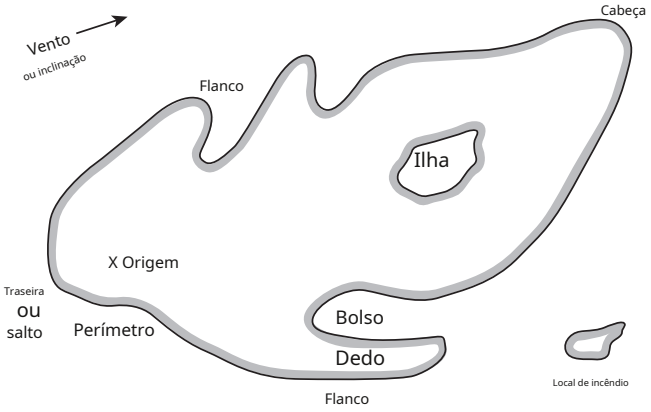


FIGURA 27.5 **Anatomia do fogo mostrando a cabeça e o calcanhar de fogo (Traseira).**

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

A progressão nos flancos do fogo é caracterizada por um comportamento de fogo menos intenso do que na frente do fogo. O fogo espalhado nos flancos do fogo é referido como fogo lateral.

27.5.3 Calcanhar de Fogo.O calcanhar de fogo está localizado na extremidade oposta do fogo da cabeça. O fogo no calcanhar é menos intenso e mais fácil de controlar. Geralmente, o fogo no calcanhar estará recuando ou queimando lentamente contra o vento ou ladeira abaixo. O fogo espalhado no calcanhar do fogo é referido como fogo de apoio.

27.5.4 Fatores que Afetam a Propagação do Fogo. Existem vários fatores a serem considerados ao avaliar a forma de um incêndio florestal para ajudar a localizar a área de origem geral. Os principais fatores são a velocidade do vento, a direção do vento e a inclinação. Esses fatores se relacionam diretamente com a velocidade e direção resultantes da propagação do fogo e criam os maiores efeitos do fogo, resultando nos indicadores mais fáceis de ler.

27.5.4.1 Confinamento Lateral. Quando os incêndios florestais são confinados por formas de relevo, como ravinas, ravinas ou vales estreitos, o aquecimento convectivo por gases confinados e o feedback da radiação das chamas e da vegetação em chamas aumentam a taxa de liberação de calor dos combustíveis em chamas. A rápida propagação do fogo também é reforçada pela aceleração e canalização do vento através destas características topográficas. Esses fatores podem resultar em uma combustão e propagação mais rápidas do que a de um incêndio em vegetação não confinada.

27.5.4.2 Influência do Combustível. Depois do vento e da inclinação, o tipo e as características do combustível fornecem a terceira maior influência na taxa de propagação e na intensidade do fogo.

27.5.4.3 Supressão.A supressão de incêndio é a combinação de todas as atividades que levam à extinção do incêndio. A supressão inclui tudo, desde o estágio inicial da descoberta do fogo até o estágio final de extinção completa do fogo. A proteção pelas equipes de bombeiros de áreas potenciais de origem é de extrema importância no estabelecimento da origem e causa do incêndio. Pode ser útil para o investigador revisar e analisar as táticas de supressão de incêndio e seus efeitos na propagação para ajudar a identificar a origem do incêndio.

27.5.4.3.1 Interruptores de Incêndio. Corta-fogo, linhas de incêndio ou linhas de controle são quaisquer barreiras naturais ou feitas pelo homem usadas para retardar, parar ou redirecionar a direção do fogo, separando o combustível do fogo. Exemplos de aceiros naturais são corpos d'água, falésias e áreas sem vegetação ou áreas onde a umidade do combustível é maior do que a da área circundante. Exemplos de quebras feitas pelo homem incluem estradas, linhas de fogo, áreas pré-queimadas e barreiras de água, retardante ou espuma.

27.5.4.3.2 Gotas Aéreas. Uma gota de ar é a aplicação aérea de água ou mistura retardante diretamente no fogo, na área ameaçada ou ao longo de uma posição estratégica à frente do fogo para parar ou retardar a propagação do fogo. As gotas de ar podem alterar os indicadores de incêndio dentro ou perto das zonas de queda.

27.5.4.3.3 Disparo. Disparar é o processo de queimar o combustível entre um aceiro e o fogo que se aproxima para estender a largura da barreira de fogo. Esses incêndios são normalmente iniciados em uma linha de controle de incêndio (normalmente no lado do vento a favor do incêndio) e são queimados de volta para a borda de ataque do incêndio. Várias fontes diferentes de ignição são usadas, incluindo tochas de gotejamento, fusíveis, fósforos e helitorches.

27.5.5 Outros Mecanismos Naturais de Propagação do Fogo.A direção e a taxa de propagação do fogo podem ser alteradas por meios naturais ou auto-induzidos.

27.5.5.1 Brasas e tições. Brasas e tições podem ser lançadas pela coluna convectiva e cair ou ser sopradas pelo vento em combustível não queimado a grandes distâncias do fogo original. Essas brasas geralmente iniciam novos incêndios fora do perímetro do incêndio principal. Essas novas origens de fogo são chamadas de focos de incêndio. Deve-se tomar cuidado para distinguir incêndios pontuais de possíveis incêndios independentes não associados ao incêndio principal.

27.5.5.2 Tempestades de Fogo. Uma tempestade de fogo é um incêndio intenso e violento criado por fortes ventos convectivos produzidos por uma grande pluma associada à instabilidade atmosférica. As correntes de ar criadas pela coluna de convecção do fogo podem ser fortes o suficiente para arrancar a vegetação e impulsionar pequenas rochas. Uma característica de uma tempestade de fogo são os redemoinhos de fogo tornados, que acompanham as poderosas correntes de ar.

27.5.5.3 Animais. Animais e pássaros podem espalhar fogo de peles ou penas em chamas. Animais foram incendiados acidental e deliberadamente para iniciar um incêndio florestal. Animais queimados que são vítimas de incêndios podem iniciar incêndios em áreas não queimadas durante o voo. As penas de um pássaro ou a pele de um animal podem ser inflamadas pelo contato com linhas de energia e podem iniciar um incêndio quando o corpo eletrocutado cai no chão.

27.6 Indicadores.A indicação da direção de propagação de um incêndio é impressa em combustíveis parcialmente queimados e objetos não combustíveis. Esses efeitos visuais de fogo podem incluir danos diferenciais, padrões de carbonização, descoloração, manchas de carbono, forma, localização e condição do combustível residual não queimado. A análise do padrão direcional mostrado por vários indicadores em uma área específica identificará o caminho do fogo espalhado por este local. Ao aplicar uma abordagem sistemática para retroceder a propagação do fogo, o investigador pode refazer o caminho do fogo até o ponto de origem.

27.6.1 Padrões em forma de V do Wildfire. Os padrões em forma de V de incêndios florestais, como mostrado na Figura 27.6.1, são padrões horizontais de queima da superfície do solo gerados pela propagação do fogo. Quando vistos de cima, eles geralmente têm o formato da letra "V". Estes não devem ser confundidos com os padrões V verticais gerados por plumas tradicionais associados a incêndios estruturais. Esses padrões em forma de V são afetados pela direção do vento e/ou pela inclinação na qual o combustível está localizado. À medida que o fogo se espalha na direção do vento ou subindo uma encosta, as pernas alargadas do V são criadas. A largura do padrão aumenta à medida que o fogo avança da área de ignição. A origem da fonte de calor que criou o padrão geralmente é encontrada na base ou no ponto mais estreito do padrão. Portanto,



FIGURA 27.6.1 Padrão em forma de V.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Δ **27.6.2 Grau de Dano.** O grau de dano a um combustível é uma indicação da intensidade, duração e direção do fogo. Folhas, galhos e galhos apresentarão maiores danos no lado de onde o fogo se aproximou. Como mostrado na figura 27.6.2, este é um dos indicadores úteis para determinar a direção de avanço da propagação do fogo. Além disso, os itens depositados e protegendo os combustíveis deixam um padrão que pode ajudar a localizar a origem. A vegetação no lado de um objeto exposto a uma frente de fogo que se aproxima será queimada, enquanto as hastes basais de vegetação adjacentes ao lado reverso (blindado) permanecerão apenas parcialmente queimadas. Além disso, os itens que estão sobre os combustíveis e que protegem deixam um padrão semelhante na vegetação residual. Este indicador está intimamente relacionado com o indicador discutido em 27.6.8.

27.6.3 Hastes de Grama. Os restos carbonizados de caules de grama deixados no rastro do fogo terão aparências diferentes dependendo da direção da propagação do fogo. Em áreas de fogo que avançam, as chamas atacarão o caule por cima e o queimarão até o nível do solo, consumindo completamente tudo, exceto a base do caule. As áreas de avanço são tipicamente caracterizadas pela ausência de caules residuais. A grama que cresce em touceiras pode não ser totalmente consumida, mostrando proteção no lado oposto ao sentido de onde veio o fogo. Quando isso ocorre em áreas avançadas, os caules basais residuais da touceira podem apresentar um ângulo de char mais acentuado que a inclinação e apresentar cupping nas pontas, com o lado inferior do copo voltado para a direção do fogo. veio de. Nas áreas de propagação do fogo de apoio, e ocasionalmente nas áreas laterais, 27.6.3. A grama restante as cabeças apontarão geralmente na direção de onde o fogo veio.

27.6.4 Ângulo de Car. Os indicadores de ângulo de carvão são divididos em dois grupos com base nos tipos de combustíveis em que ocorrem. O ângulo de carvão pode ocorrer em combustíveis tipo poste (troncos de árvores, postes, postes de cerca, etc.) combustíveis do tipo.

27.6.4.1 Ângulo de Carvão, Combustíveis Tipo Pólo. Os combustíveis do tipo poste em pé são queimados em um ângulo que corresponde ao ângulo e altura da chama associados à área de progressão do fogo. A confiabilidade geralmente é maior em amostras individuais em configurações do dossel. Em combustíveis verticais do tipo pólo, um vórtice de redemoinho cria um envoltório de chama no lado oposto ao fogo que se aproxima, deixando um ângulo característico de carvão. Em incêndios contra o vento ou em declive, o ângulo de char será paralelo ao ângulo de inclinação, veja a Figura 27.6.4.1 (uma). O acúmulo de detritos pode causará carbonização na lateral da árvore acima dos detritos, mas terá pouco efeito no padrão de carbonização ao redor do resto da árvore. Um incêndio que avança com o vento ou com o declive exibirá um padrão de carbonização mais íngreme do que o declive, veja a Figura 27.6.4.1 (b). Os padrões que indicam o movimento do fogo são representado na Figura 27.6.4.1 (c).



FIGURA 27.6.2 Grau de Dano.

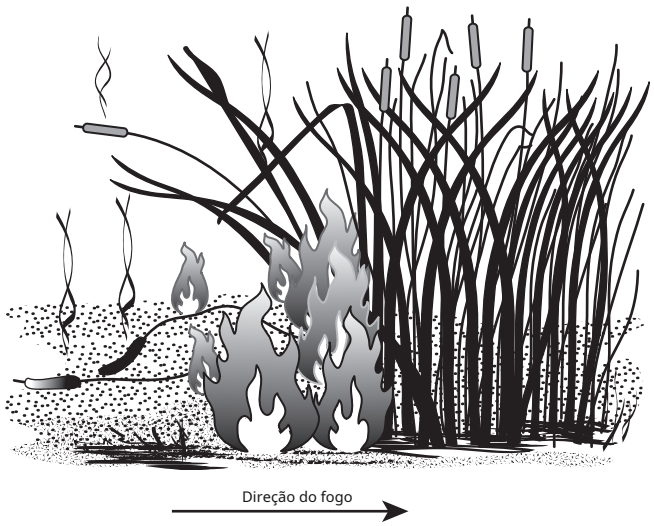


FIGURA 27.6.3 Um exemplo de hastes de grama indicando a Direção do Movimento do Fogo de Apoio (da esquerda para a direita).

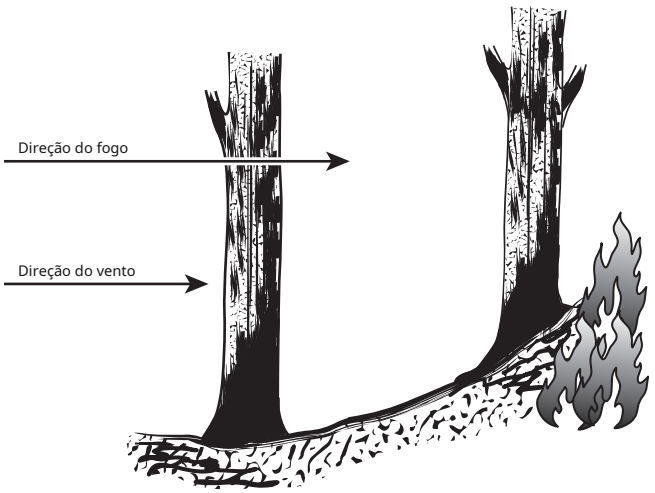


FIGURA 27.6.4.1(a) Um Incêndio Queimando Morro acima ou com o Vento, Criando Padrões de Carvão com Inclinação Maior que a Inclinação do Solo.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

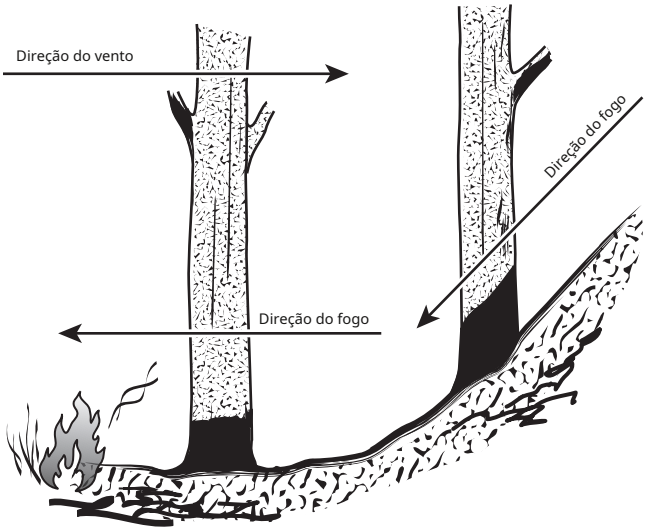


FIGURA 27.6.4.1(b) **Um fogo queimando encosta abaixo ou contra o vento, criando padrões de char que são uniformes ou paralelos à inclinação do solo.**



FIGURA 27.6.4.1(c) Padrões de Char em Árvore e Poste de Cerca Indicando Movimento de Fogo.

27.6.4.2 Ângulo de Carvão, Coroa de Folhagem. Em coroas de folhagem, a frente em chamas consumirá ou queimará combustíveis em um ângulo consistente com a direção de deslocamento do fogo. O fogo de apoio deixará o ângulo dos padrões de char paralelos ao declive. O avanço do fogo deixará o ângulo do carvão mais inclinado do que o declive devido à frente da chama entrar baixa no lado exposto e sair alta no lado de trás, veja a Figura 27.6.4.2 (uma). Altura do ângulo char é frequentemente correlacionada com a intensidade do fogo. Este padrão é melhor visualizado do lado do objeto. Figura 27.6.4.2 (b) mostra o típico efeito na copa das árvores ou arbustos, pois o fogo começa no ponto "A" e se afasta, aumentando lentamente o calor e a velocidade. No ponto de origem (ponto A), o fogo ainda é relativamente frio, pois os combustíveis de superfície são queimados, mas a copa da árvore permanece praticamente intacta. Mais longe do ponto de origem, o fogo tornou-se mais intenso e mais coroa é queimada. Todas as coroas podem ser queimadas à medida que o fogo se intensifica.

27.6.5 Depósito de Cinzas Brancas. A cinza branca pode ser o subproduto da combustão. Mais cinzas brancas serão criadas nas laterais dos objetos expostos a maiores quantidades de calor e chamas. Freqüentemente, as cinzas são dispersas a favor do vento e depositadas nos lados de barlavento dos objetos. As cinzas também podem ser usadas para reconstruir os prováveis volumes de combustível. Os combustíveis voltados para o fogo que avança parecerão mais claros no lado voltado para o fogo que se aproxima e mais escuros no lado oposto à direção de onde o fogo veio. Os indicadores de cinzas podem começar a se degradar rapidamente e perder a confiabilidade após apenas algumas horas ou quando expostos à umidade ou ventos fortes. Depósitos de cinzas brancas em troncos de árvores estarão no lado voltado para o fogo que se aproxima. Ao comparar e contrastar os dois lados opostos, o investigador pode distinguir o lado voltado para o fogo que se aproxima, pois tem mais cinzas brancas presentes. As cinzas brancas também podem revelar a direção do deslocamento do fogo em combustíveis de grama. As cinzas brancas podem permanecer nas laterais expostas dos caules e touceiras da grama. Ao olhar na direção em que o fogo avança, a área queimada parecerá mais clara. Quando visto olhando de volta para a área de onde o fogo veio, a área queimada aparecerá mais escura.



FIGURA 27.6.4.2(a) Exemplo de padrões de carvão criados pela forma como o fogo se move através de árvores e arbustos.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

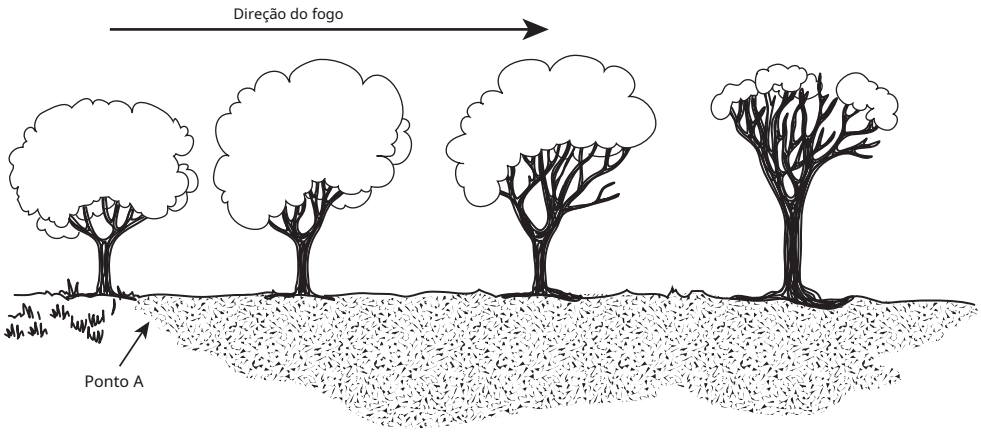


FIGURA 27.6.4.2(b) Queima progressiva da coroa a partir do ponto de origem (ponto A).

27.6.6 Ventosaterapia. O cupping é um padrão de char côncavo ou em forma de taça nas extremidades do caule da grama, pequenos tocos e nas extremidades terminais de arbustos e galhos de árvores. Os galhos e galhos do lado voltado para o fogo que se aproxima terão suas pontas queimadas pelas chamas que se aproximam deixando uma extremidade arredondada ou sem corte. Do lado oposto, galhos e galhos serão expostos às chamas de baixo, ao longo da base até a extremidade terminal, criando uma ponta cônica. Portanto, nas áreas de avanço do fogo, galhos e galhos do lado oposto à direção de onde o fogo veio mostrarão uma extremidade pontiaguda ou cônica. Os galhos do mato ou da árvore do lado voltado para o fogo que se aproxima geralmente serão rombudos ou arredondados. Tocos, extremidades terminais de galhos verticais e restos de caules de grama também podem apresentar uma ponta afilada, com a ponta afiada no lado não exposto, conforme mostrado na Figura 27.6.6. O lado baixo do copo ficará de frente para o fogo que se aproxima. este O indicador geralmente não está associado a áreas de apoio ao incêndio, exceto em áreas de encostas íngremes ou sob condições de ventos fortes. Pontas de galhos parcialmente carbonizadas podem às vezes ser encontradas no chão no lado do fogo que se aproxima de arbustos e pequenas árvores, onde caíram após serem queimadas. Cotos e galhos de grande diâmetro não devem ser considerados ao usar este indicador devido à sua residência de longo prazo em incêndios.



FIGURA 27.6.6 **Ventosaterapia.**

27.6.7 Padrão de Die-Out. À medida que um incêndio atinge diferentes tipos de combustível, áreas onde há aumento da umidade do combustível ou outros locais onde as condições causam uma diminuição na taxa de propagação e intensidade, o progresso pode diminuir ou o incêndio pode se autoextinguir. Essas áreas exibirão dedos e ilhas de combustíveis não queimados ou parcialmente queimados. Este padrão está mais frequentemente associado às áreas laterais e de fundo do incêndio, no entanto, estas áreas não devem ser consideradas como sendo a origem do incêndio. Essas áreas podem ser úteis como indicadores de macroescala para estabelecer a progressão geral do fogo.

27.6.8 Combustíveis Expostos e Protegidos. Um objeto não combustível ou o próprio combustível protege o lado não exposto de um combustível contra danos causados pelo calor. Os combustíveis não serão queimados ou exibirão menos danos no lado protegido do fogo que avança. Procure por carbonização, manchas, cinzas brancas e linhas de queima limpa nos lados expostos de combustíveis e objetos não combustíveis. Compare e contraste com os lados opostos dos objetos. Levante ou remova objetos para detectar os combustíveis expostos e protegidos. Objetos apoiados em cima dos combustíveis do solo e da superfície protegerão os combustíveis do lado não exposto. Combustíveis de superfície no lado exposto exibirão uma linha de queima limpa veja o ponto "A" na Figura 27.6.8. Combustíveis de superfície o lado protegido aparecerá irregular e irregular, veja o ponto "B" na Figura 27.6.8.

27.6.9 Coloração e Fuligem. A coloração é causada por gases quentes, resinas e óleos que se condensam na superfície dos objetos. Isso ocorre mais comumente com objetos não combustíveis, como latas de metal, garrafas de vidro ou pedras. As manchas aparecerão no lado do objeto exposto às chamas, conforme mostrado na Figura 27.6.9 (uma). Estas manchas amarelas a castanhas escuras muitas vezes parecerão pegajoso ao toque e pode ser coberto com uma fina camada de cinza branca. Intimamente relacionado à coloração está a fuligem. A fuligem de carbono é causada pela combustão incompleta e pelo conteúdo natural de óleo gorduroso em alguma vegetação. A fuligem de carbono é tipicamente depositada mais pesadamente no lado voltado para o fogo que se aproxima. A fuligem será depositada na lateral dos arames da cerca voltada para a origem

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

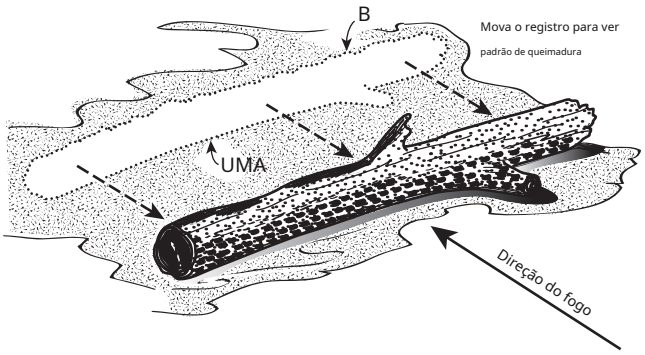


FIGURA 27.6.8 Linha de queimadura limpa na parte frontal (ponto A) e uma linha de queima irregular (ponto B) no outro lado, mostrando que o fogo se moveu do ponto A para o ponto B.

e pode ser detectado esfregando os dedos ao longo do fio. Em objetos maiores, os depósitos de fuligem também podem ser notados esfregando a mão na superfície. Em muitos casos, haverá outros indicadores, como combustível protegido ou manchas. Ao verificar se há fuligem em uma cerca de arame, verifique os arames inferiores, pois eles mostrarão mais evidências de fuligem do que os arames mais altos, conforme mostrado na Figura 27.6.9(b).

27.6.10 Profundidade de Carvão. Char em membros, troncos e produtos acabados de madeira exibem uma aparência fissurada ou semelhante a escamas. Os materiais de madeira perdem massa e encolhem à medida que queimam, formando uma superfície semelhante a escamas. Compare e contraste a quantidade de carbonização em todos os lados do objeto. O lado com a carbonização mais profunda normalmente estará no lado voltado para o fogo que se aproxima. A Figura 27.6.10 mostra que o char nos postes da cerca é mais profundo no lado exposto, conforme indicado pela seta. Isso significa que o fogo se moveu da esquerda para a direita.

27.6.11 Espalhamento. O spalling aparecerá como crateras rasas e de cor clara ou lascas na superfície das rochas, como mostrado na Figura 27.6.11, dentro da área de incêndio. Normalmente serão acompanhados por lajes ou flocos esfoliados da superfície da rocha. Spalling é causado por uma quebra na resistência à tração da superfície da rocha que foi exposta ao calor. O spalling está geralmente associado ao avanço das áreas de incêndio e aparecerá no lado da rocha exposta às chamas.

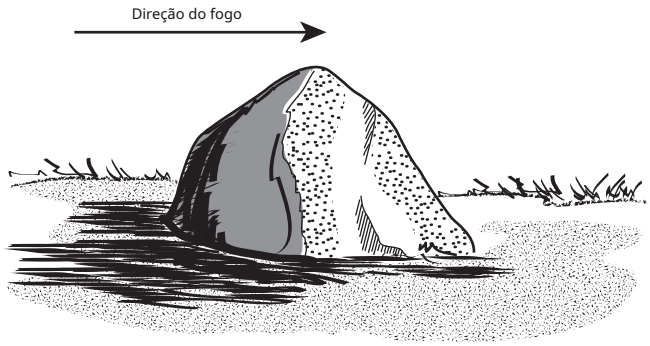


FIGURA 27.6.9(a) Coloração (Área Sombreada) de Objetos Não Combustíveis por Combustíveis Vaporizados e Partículas Minúsculas Transportadas pelo Fogo.

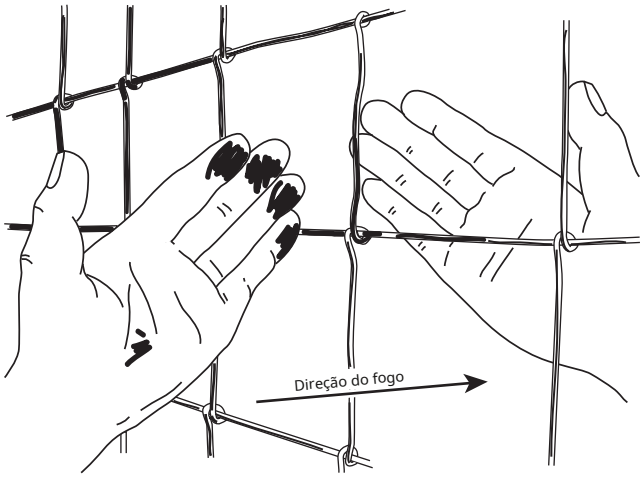


FIGURA 27.6.9(b) Fuligem depositada na lateral das cercas Enfrentando o fogo que se aproxima. A fuligem pode ser notada esfregando a mão ao longo do fio.

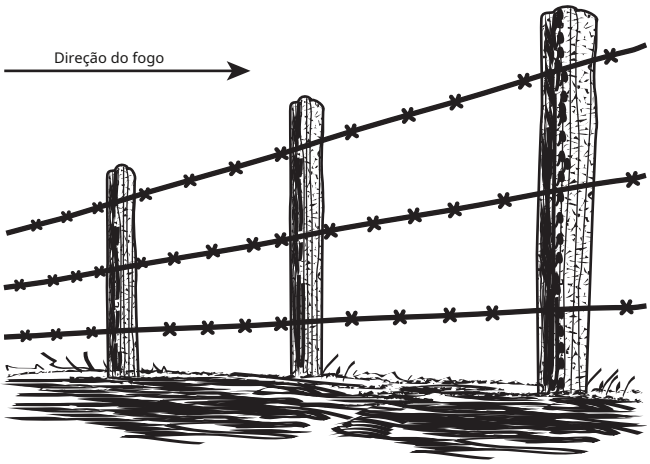


FIGURA 27.6.10 Maior profundidade do carvão na lateral do poste da cerca, indicando que o fogo foi movido da esquerda para a direita.



FIGURA 27.6.11 Descamação.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

27.6.12 Congelamento de Folhagens. Quando as folhas e pequenos caules são aquecidos, especialmente nas áreas de avanço do fogo, tendem a ficar macios e maleáveis e são facilmente dobrados na direção do vento predominante ou das correntes de ar criadas pelo fogo. Muitas vezes permanecem apontados nesta direção (congelamento) enquanto esfriam seguindo a passagem da frente de chama. Embora este indicador seja quase sempre um reflexo preciso da direção do vento naquele ponto preciso, nem sempre pode coincidir com a direção do fogo. Valide os indicadores de congelamento com outras categorias de indicadores próximos para confirmar a direção do fogo. *[Veja a figura 27.6.12(a) e Figura 27.6.12(b).]*

27.6.13 Curvatura. O enrolamento ocorre quando as folhas verdes se enrolam para dentro em direção à fonte de calor. Eles dobram na direção de onde o fogo está vindo. Isso geralmente ocorre com movimentos mais lentos, queimaduras mais leves associadas ao movimento de fogo de apoio e lateral. *[Veja a figura 27.6.13(a) e Figura 27.6.13(b).]*

27.7 Investigação de Origem. O primeiro objetivo de uma investigação de incêndio florestal é identificar a área de origem. Considerando os fatores de vento, topografia e combustíveis, a origem normalmente está localizada próximo ao calcanhar ou à retaguarda do incêndio. *(Veja a figura 27.7*

27.7.1 Área Inicial de Investigação. A área inicial de investigação pode ser determinada a partir de informações dos primeiros bombeiros e testemunhas oculares. Os bombeiros e testemunhas podem verificar a localização e a dimensão do incêndio durante o seu envolvimento inicial. Essas contas ajudarão o investigador a restringir a área de busca.



FIGURA 27.6.12(a) Folhagem Congelada.



FIGURA 27.6.12(b) Congelamento de folhagem permanente criado por Exposição ao Calor.

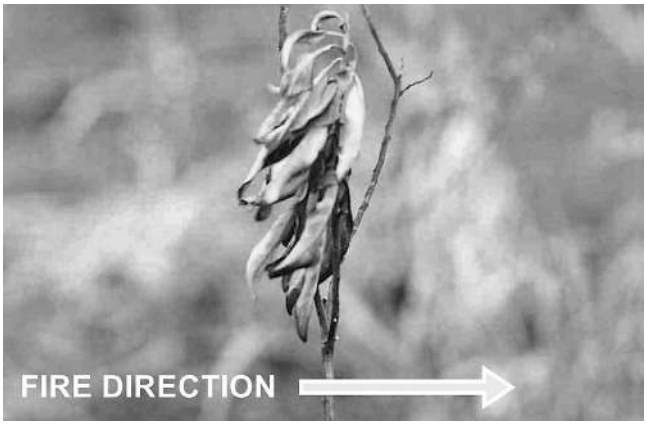


FIGURA 27.6.13(a) Curvatura.



FIGURA 27.6.13(b) Congelamento de folhagem permanente criado pela exposição ao calor.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

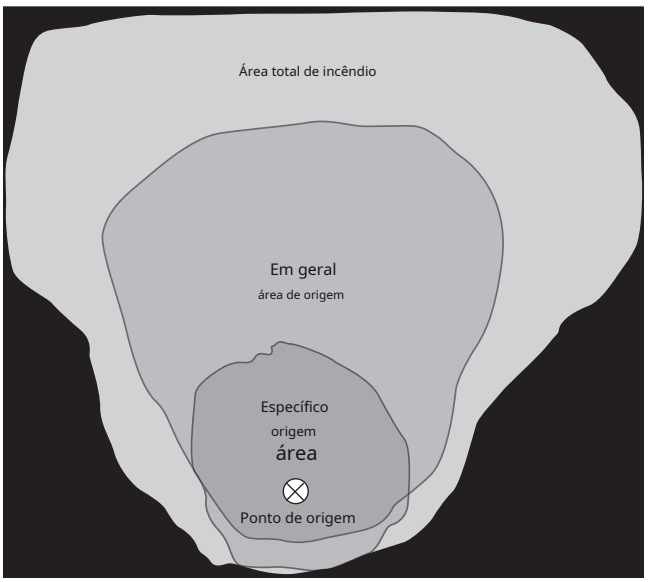


FIGURA 27.7 **Anatomia da Área de Origem.**

27.7.1.1 Observações dos Denunciantes. A parte ou partes relatoras podem ter visto o incêndio em um estágio inicial e podem fornecer informações valiosas que podem ajudar a determinar a origem e a causa. As observações dos denunciantes são importantes porque a investigação de origem pode ser restrita à área queimada no momento da denúncia. Eles também podem verificar ou complementar algumas das informações obtidas de outras testemunhas e equipes de ataque.

27.7.1.2 Observações da Tripulação de Ataque Inicial. A equipe de ataque inicial pode desempenhar um papel vital na investigação, fazendo observações durante o caminho e na chegada ao local. Os membros da tripulação podem fornecer informações valiosas relativas à área investigativa, a identificação de pessoas ou veículos que saem da área, o clima, a condição das fechaduras e portões e danos ou condições anormais. Se alguma evidência potencial for encontrada, ela deve ser marcada e protegida. As perguntas a serem feitas às primeiras equipes que chegarem incluem a localização do incêndio na chegada, a direção em que o fogo estava se espalhando, comportamento geral do fogo, descrições de pessoas ou veículos dentro ou fora da área e condições climáticas.

27.7.1.3 Observações do Pessoal Aerotransportado. O pessoal aerotransportado pode fazer os mesmos tipos de observações que as equipes de terra, mas pode ter uma perspectiva diferente e valiosa da área potencial de origem, direção de propagação do fogo e pessoas ou veículos saindo da área. A informação deve ser dada a pessoal de terra prontamente e com a mesma precisão As fotografias da área do incêndio tiradas por pessoal aerotransportado são inestimáveis para mostrar as áreas queimadas, o deslocamento direto e a intensidade em um determinado local e ponto em que possível. onnel frequentemente ção de fogo Tempo.

27.7.1.4 Observações de Outras Testemunhas. Wit isso pode muitas vezes fornecem informações vitais no incêndio de n de um selvagem investigação. Testemunhas podem fornecer informações veículos ou sobre pessoas que podem ter estado na área. Eles são da dez familiar área e podem dar informações quanto ao ar e uma e de origem possível causa. Eles também podem fornecer informaçõesção sobre o sobre a condição do incêndio, como condições de fumaça,tensão, taxa propagação e clima.

27.7.1.5 Imagens de Satélite ou Sensoriamento Remoto. As ferramentas de satélite ou de imagem que são usadas principalmente para estabelecer táticas de supressão de incêndio também podem ser utilizadas para auxiliar no estabelecimento da área de origem, com base na direção de propagação do fogo e nos dados que indicam o local do incêndio quando foi detectado pela primeira vez. As imagens pré-incêndio podem fornecer informações sobre as condições do combustível pré-incêndio e a atividade na área.

27.7.2 Área de Origem Geral. A área do incêndio que o investigador pode reduzir com base em indicadores de macroescala, declarações de testemunhas e análise do comportamento do fogo. Pode ser uma área limitada em um pequeno incêndio, ou vários acres em um grande incêndio.

27.7.2.1 Área de Origem Específica. A área menor, dentro da área de origem geral, onde a direção de propagação do fogo foi influenciada pela primeira vez pelo vento, combustível ou inclinação. Geralmente esta área é caracterizada por indicadores de direção de fogo sutis e em microescala. Geralmente não será menor do que cerca de 1,5 m × 1,5 m (5 pés × 5 pés,)e pode ser substancialmente maior, dependendo dos indicadores de propagação do fogo e outros fatores. É tipicamente caracterizada por queima menos intensa.

27.7.2.2 Ponto de Origem. Contido dentro da área de origem específica estará o local preciso onde a fonte de ignição entrou em contato com o material primeiro inflamado e a combustão sustentada ocorreu. É provável que a evidência física da fonte de ignição real esteja localizada no ponto de origem ou próximo dele.

27.7.3 Técnicas Gerais de Investigação de Origem. Uma vez determinada a localização da origem geral, a causa da ignição do fogo ainda deve ser determinada. O investigador deve realizar o exame desta área com o mínimo de perturbação, procurando expor evidências de propagação do fogo desde a origem, ao invés de destruí-la ou removê-la durante a investigação. Um registro fotográfico deve ser continuado durante todo o processo investigativo.

27.7.3.1 Proteção de Origem Geral. A integridade do local do incêndio precisa ser preservada. O tráfego de pedestres e veículos que circulam pela área deve ser reduzido ao mínimo ou eliminado. Os bombeiros devem entrar nesta área apenas se necessário para operações de incêndio. As provas não devem ser manuseadas ou removidas sem documentação. A área deve ser isolada com o uso de bandeiras, fita adesiva ou colocação de pessoal no local para restringir o acesso.

27.7.3.2 Identificação de Evidências. Durante a investigação, estacas de sinalização metálica podem ser usadas para marcar itens que podem ser considerados evidências potenciais. Bandeiras rotuladas também podem ser usadas para marcar a posição de um item de evidência que foi removido da cena. Deve-se ter cuidado contínuo para não destruir evidências, como rastros deixados por indivíduos ou veículos na área de origem suspeita. A área circundante deve ser examinada para outras evidências.

27.7.3.3 Princípios Gerais de Interpretação do Padrão de Queimadura. Ao analisar a progressão de um incêndio usando padrões de queima, o investigador deve ter em mente os seguintes princípios gerais. A interpretação deve basear-se na maioria dos indicadores dentro de uma categoria de indicadores, na totalidade dos indicadores e nos princípios de comportamento do fogo. Um único indicador só pode ser preciso dentro de um arco de 180 graus. Os indicadores geralmente se tornam menos pronunciados perto da origem. Os indicadores devem ser documentados à medida que são observados. Trabalhar desde a zona de queima mais intensa, até à zona de queima menos intensa, acompanhando o avanço do fogo alastrando até à origem.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

As formas preliminares do fogo podem depender principalmente das velocidades efetivas do vento, a velocidade do vento da chama média ajustada para o efeito da inclinação na propagação do fogo. A direção de propagação será influenciada por obstáculos.

27.7.3.4 Percorrer o Perímetro Externo da Origem Geral. Devido à influência da luz, sombras e terreno, recomenda-se que o investigador percorra o perímetro da área de origem geral pelo menos duas vezes: uma no sentido horário e outra no sentido anti-horário. Olhe para a área não queimada, bem como a área queimada. Examine e marque os indicadores de padrão de queima direcional no perímetro da origem geral com bandeiras coloridas ou outros marcadores apropriados à medida que estiverem localizados. Se forem localizadas evidências físicas relevantes, é prática padrão protegê-las e marcá-las com bandeiras brancas.

27.7.3.5 Identifique o Avanço do Fogo. Identifique a corrida inicial, o avanço rápido à frente do fogo que o fogo fez. Frequentemente esta será a área que apresenta a queima mais limpa, podendo ser caracterizada por um padrão clássico em forma de "V" ou "U". Muitas vezes é delimitado em ambos os flancos por indicadores laterais de propagação do fogo que mostram um consumo menos completo de combustíveis.

27.7.3.6 Entrar na Área de Origem Geral. Fotografe a área de origem geral antes de entrar. Uma vez identificada a corrida inicial, a área de origem geral deve ser inserida a partir da cabeceira ou do lado de avanço da corrida; este é o lado mais distante do ponto de origem suspeito. A razão para entrar pelo lado de avanço é que os indicadores de padrão de queimadura são mais óbvios nesta área e o investigador tem menos probabilidade de perturbar a área de origem específica do que se a área de origem geral for inserida a partir do calcanhar ou do lado posterior do corpo. incêndio. Há uma exceção a esta regra: se a origem geral estiver em um declive muito íngreme onde o material e o solo podem ser desalojados pelo investigador e rolar morro abaixo e perturbar a origem específica, então o investigador pode ser forçado a entrar pela retaguarda ou lado do calcanhar da área de origem geral e trabalhe morro acima.

27.7.3.7 Trabalhando a Área de Origem Geral. Um método sugerido para trabalhar a área de origem geral é o seguinte: Entrar a partir da área de avanço. Trabalhe ao longo da corrida até atingir a zona de transição lateral. Aproxime-se vários metros da origem e volte a cruzar a corrida de avanço para a zona de transição lateral oposta. Repita as etapas acima até que a área de origem específica seja alcançada Figura 27.7.3.7 . Documente cada indicador localizado com um marcador visível. As bandeiras dos agrimensores codificadas por cores foram consideradas os marcadores mais visíveis e fáceis de usar. As cores padrão recomendadas são vermelho para indicador de incêndio avançado, amarelo para indicador de incêndio lateral, azul para indicador de incêndio de apoio e branco para evidência.

27.7.4 Técnicas Específicas de Investigação de Origem.O seguimento são sugeridas técnicas para investigar o origem.

27.7.4.1 Perímetro de Origem Específico de Caminhada. Ju st como com o área de origem geral, caminhe o perímetro do s origem específica em menos duas vezes, uma vez no sentido horário e uma vez no no sentido horário antes contador. During Nesta caminhada examine cuidadosamente e origem específica a área, observe e marque quaisquer itens de potencial provas, e continue a observar e marcar o padrão de queimadura catres. Considerar usando uma luneta ou binóculos para ver a área primeiro pesquise isso antes de entrar nela.

27.7.4.2 Estabelecer Faixas de Rede. Use estacas coloridas fio e quatro para estabelecer uma pista de grade. Cada pista deve ser 305 milímetros a 457 milímetros (12 pol. a 18 pol.) em largura e ser orientados perpendicularmente lar para a primeira corrida de fogo. A faixa da grade deve se estender dos indicadores laterais em um flanco até os indicadores laterais no flanco oposto no lado de avanço do fogo. Numere e fotografe cada pista antes da busca. Meça cada extremidade da pista para o(s) ponto(s) de referência, se necessário.

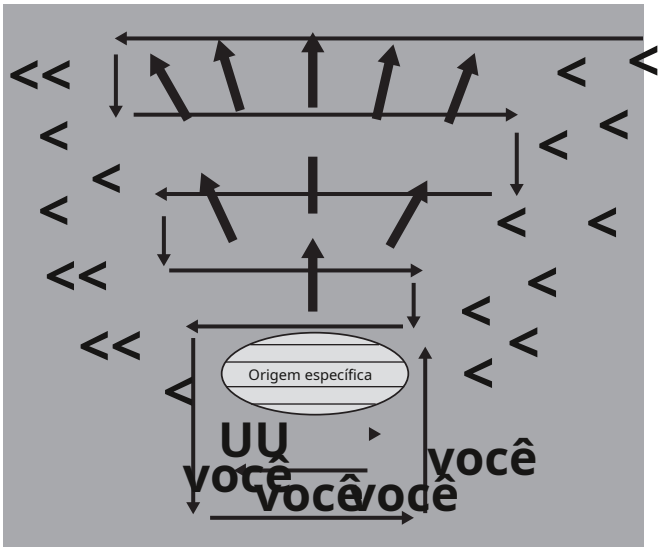


FIGURA 27.7.3.7 **Trabalhando a Área de Origem Geral.**

27.7.4.3 Pesquisar cada pista. Pesquise cada pista visualmente e depois visualmente com ampliação. Uma vez examinada a camada superficial; remova detritos leves e cinzas escovando ou soprando. Muitos pesquisadores acham útil usar uma régua ou régua para ajudar a focalizar seu padrão de busca. Continue localizando e marcando indicadores com bandeiras à medida que cada faixa é pesquisada. Após a busca visual, use um ímã forte para procurar metais ferrosos. Além disso, um detector de metais deve ser usado para procurar metais não ferrosos. Em alguns casos, pode ser necessário rastrear os detritos restantes para obter evidências. Continue este processo, uma faixa de cada vez, até que o ponto de origem seja alcançado e/ou uma fonte de ignição seja localizada. Depois que qualquer evidência tiver sido documentada e protegida, continue pesquisando além do ponto de origem ou evidência até que indicadores claros de fogo de apoio sejam encontrados.

27.7.5 Equipamento de Busca. Diferentes ferramentas são utilizadas pelos investigadores na busca da origem e causa dos incêndios florestais.

27.7.5.1 Lupa. Uma lupa ou óculos de leitura permitem que o investigador veja evidências que podem não ser visíveis sem ampliação. Ele também aprimora pequenos detalhes que, de outra forma, passariam despercebidos.

27.7.5.2 Ímã. Um ímã do tipo pull-release com fundo de aço inoxidável, com uma classificação de pelo menos 1,36 kg (3), é usado para localizar fragmentos ou partículas de metal ferroso. Mover um ímã sobre a área queimada fará com que esses materiais sejam atraídos pelo ímã. Quando um item é localizado, a liberação de puxar pode ser operada e o item cairá em um recipiente de evidência apropriado.

27.7.5.3 Borda Reta. Uma borda reta pode ser usada para segmentar a área de origem. Ao reduzir a área de busca, o investigador achará mais fácil focar em objetos pequenos. Isso é muito útil ao usar uma lupa.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

27.7.5.4 Sonda. Uma sonda é particularmente útil na descoberta de pequenos pedaços de evidência da vegetação circundante, por exemplo, removendo caules de grama da caixa de fósforos subjacente.

27.7.5.5 Pente. Um pente largo pode ser usado para separar a evidência dos detritos. Também funciona bem para coletar evidências sem danificá-las. Ao usar o pente como uma pá, o investigador pode coletar pequenos pedaços de evidência enquanto deixa a grama queimada e outros detritos passarem pelos dentes. Escovas de cabelo funcionam excepcionalmente bem para esta tarefa.

27.7.5.6 Luzes Portáteis. As luzes portáteis ajudam na localização de itens em áreas com pouca luz. Eles também eliminam sombras.

27.7.5.7 Soprador de Ar. Um pequeno soprador de ar (vendido para limpeza da câmera) é útil para separar as cinzas leves dos itens de interesse. O ar expelido através dos lábios franzidos fornece resultados semelhantes, mas não é tão controlado.

27.7.5.8 Detector de Metais. Os detectores de metal são usados para localizar objetos metálicos ferrosos e não ferrosos que podem ser de valor probatório.

27.7.5.9 Tela de Peneiramento. Telas de peneiramento de vários tamanhos auxiliam na separação de um item suspeito de evidência da sujeira e vegetação ao redor.

27.7.5.10 Gravador de Satélite de Posicionamento Global (GPS). Um GPS pode ser utilizado para obter a posição longitudinal e latitudinal precisa da origem do fogo. A posição pode ser cruzada com informações de levantamento do local, dados de raios, fotografia aérea ou imagens de satélite.

27.8 Determinação da Causa do Incêndio.O objetivo de toda investigação de origem e causa é estabelecer a causa do incêndio e confirmar essa descoberta identificando e, se possível, recuperando a fonte de calor ou dispositivo de ignição.*(veja o Capítulo 19).*Se o fogo foi iniciado intencionalmente, a fonte de ignição pode ter sido descartada nas proximidades ou removida do local.

27.8.1 Causa de Incêndio Natural. Os incêndios florestais nem sempre são iniciados pelas ações das pessoas. Muitos são inflamados por causas naturais, como raios e alguns ocasionalmente por vulcões.

27.8.1.1 Relâmpago. Os raios são uma causa bem reconhecida de incêndios florestais, particularmente em áreas florestais, com raios atingindo árvores, linhas de energia e afloramentos rochosos. A ação do raio em uma árvore pode fragmentar o tronco e formar aglomerados vítreos, chamados fulguritos, que são formados no solo pelo derretimento da areia na área das raízes. Um raio pode simplesmente atingir o solo, incendiando combustíveis próximos. Quando há suspeita de raios, um GPS pode ser usado para coletar dados, que podem ser fornecidos a um serviço de detecção de raios para confirmação dessa atividade. Incêndios causados por relâmpagos podem permanecer latentes sem serem detectados por várias semanas após um relâmpago antes que as condições mudem e o fogo passe para um incêndio ativo.

Δ **27.8.2 Causa de Incêndio Humano.**Os incêndios causados pelo homem são resultado da ação ou omissão humana e são classificados como acidentais ou incendiários. Os incêndios acidentais envolvem todos aqueles para os quais a causa comprovada não envolve um ato humano intencional para acender ou espalhar fogo em uma área onde o fogo não deveria ocorrer.

27.8.2.1 Fogueira. Um círculo de pedras, um poço com uma grande quantidade de cinzas ou uma pilha de madeira é um bom indicador de uma fogueira. Mesmo áreas de acampamento que foram completamente queimadas deixam evidências de sua existência anterior. Recipientes de alimentos descartados, estacas de barraca de metal, ou ilhós de metal de uma barraca podem ser encontrados, indicando a possibilidade de uma fogueira.

27.8.2.2* Fumar.Materiais inflamáveis descartados, como cigarros, charutos, tabaco para cachimbo e fósforos, podem iniciar incêndios florestais. Evidências dessas ignições podem sobreviver no ponto de origem ou próximo dele. A cinza e o filtro de uma ponta de cigarro ou de um fósforo queimado podem ser identificáveis no ponto de origem.

27.8.2.2.1 Materiais fumegantes requerem combustíveis receptivos para ignição. Fatores de combustível como tipo, tamanho, teor de umidade, temperatura e disposição afetam o potencial de ignição. O combustível é tipicamente fino ou em pó, como lixo ou madeira punk, que é propício à ignição da combustão latente.

27.8.2.2.2A ignição de combustíveis silvestres por materiais fumegantes é muito sensível às condições ambientais no ponto de ignição. Esses fatores incluem umidade relativa, temperatura, velocidade do vento e direção do vento. Pode haver diferenças significativas entre as condições microclimáticas no ponto de origem e as leituras de estações meteorológicas distantes. Normalmente, a umidade relativa está abaixo de 25% para que ocorra a ignição, mas a complexidade das interações das condições que levam à ignição, especialmente as variações microclimáticas, incluindo vento e radiação solar, impedem que essa porcentagem seja absoluta.

27.8.2.2.3A posição do material fumegante no combustível é um fator significativo na ignição. A área de contato entre a fonte de ignição e o combustível e a duração desse contato influenciam a ignição do combustível. A orientação da fonte de ignição sobre o combustível, como se a ponta incandescente de um cigarro está alinhada para baixo ou para cima, o que influenciaria o pré-aquecimento do combustível adjacente, é outro fator de ignição.

27.8.2.3* Queima de Detritos.Incêndios ocorrem em lixões, operações de extração de madeira e operações de limpeza de terras, bem como em residências de lixo e outros detritos incendiados. Esses incêndios podem se espalhar para a vegetação vizinha. Barris queimados ou incineradores podem ser considerados como causa de incêndio. Em condições de vento, cinzas quentes e detritos podem soprar para longe da queima de detritos e iniciar um incêndio a alguma distância. Sabe-se que grandes pilhas de detritos lenhosos, especialmente se misturados com solo, mantêm residência térmica de longo prazo por muitos meses, inclusive durante o inverno, antes de escapar para áreas selvagens adjacentes. As testemunhas são muitas vezes úteis para determinar se a queima de detritos foi ou não a causa do incêndio.

27.8.2.4 Incendiário. Esses incêndios às vezes ocorrem em mais de um local e em áreas que são frequentemente percorridas. Um dispositivo de ignição com retardo de tempo pode ter sido usado. Os itens a serem procurados incluem fósforos, fusíveis, cigarros, corda, elásticos, fita adesiva, velas e arame. Para mais informações sobre incêndios incendiários, consulte Capítulo 23.

27.8.2.5 Uso do Equipamento. Veículos e máquinas elétricas podem causar incêndios florestais de inúmeras maneiras, desde falhas operacionais, equipamentos superaquecidos, partículas de escape, ignição de vazamentos e derramamentos de combustível e atrito. Qualquer equipamento elétrico ou motorizado que utilize eletricidade ou produtos inflamáveis em sua operação ou que crie temperaturas de ignição em sua operação é capaz de iniciar um incêndio quando operado em ou adjacente a áreas de combustão.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

vegetação ble. Isso inclui veículos, máquinas portáteis e móveis, equipamentos de colheita e construção, motosserras, ferramentas de moagem e maçaricos de corte. Peças defeituosas ou defeituosas aumentam o potencial de incêndio por atrito, como aquecimento de freios desgastados por rolamentos, eixos "congelados" ou abrasão.

27.8.2.6 Ferrovia. Os incêndios florestais às vezes são iniciados ao longo das estradas de ferro. Ocasionalmente, o fogo destinado a limpar um direito de passagem escapará. As locomotivas movidas a diesel e diesel-elétricas podem causar incêndios na via devido a partículas de exaustão, ignição de acúmulos externos de óleo lubrificante e falha na tubulação de exaustão e combustível, enquanto o material circulante pode iniciar incêndios de metal de freio quente e rolamentos de roda superaquecidos (caixa quente). Incêndios também podem resultar de descarrilamentos, corte ou trituração em trilhos ou sinalizadores de alerta.

27.8.2.7 Comportamento de atear fogo em jovens. Crianças que exibem comportamento incendiário o fazem por diferentes razões. Para um completo discussão deste tópico, consulte a Seção 11,5.

27.8.2.8 Fogos de artifício. Fogos de artifício fornecem meios de ignição através de faíscas e detritos em chamas. Sparklers são um perigo menor, mas podem inflamar grama seca ou outros combustíveis. A maioria dos estrelinhas inclui um núcleo de metal (fio) ou madeira que pode ser encontrado no ponto de origem do fogo ou próximo dele. Os restos de fogos de artifício ou suas embalagens podem ser encontrados perto da área de origem. Alguns fogos de artifício têm o potencial de criar pequenas reentrâncias no solo devido à sua força explosiva.

27.8.2.9 Utilitários. Os serviços públicos e privados muitas vezes estão presentes em áreas de incêndios florestais e, portanto, fornecem uma fonte potencial de ignição.

27.8.2.9.1 Eletricidade. Linhas de alta tensão podem causar incêndios florestais quando as árvores entram em contato com um condutor e incendeiam o galho ou a folhagem envolvida. Este contato pode deixar danos de fogo únicos na parte da árvore que fez contato e criar um buraco ou marca de flash no condutor de energia. Após a ignição, partes em chamas da árvore podem cair no chão e inflamar os combustíveis de superfície. Além do contato com a árvore, os condutores podem ser soprados uns contra os outros (fase a fase) durante uma tempestade de vento, criando um glóbulo de metal quente que cai no chão. Condutores e transformadores podem falhar, iniciando o poste ou outro equipamento em chamas, e podem deixar cair material em chamas ou quente no chão. Os condutores subterrâneos podem ser danificados por equipamentos pesados ou operações de escavação, resultando em incêndio. As cercas elétricas também são uma fonte de energia que resulta na ignição de materiais combustíveis.

27.8.2.9.2 Perfuração de Petróleo e Gás. As atividades de perfuração de petróleo e gás em áreas de incêndios florestais podem causar um incêndio. A maioria das atividades perigosas associadas ao incêndio ocorre durante as operações de perfuração. Vários desses perigos foram discutidos nos parágrafos sobre fumo, uso de equipamentos e eletricidade. A explosão do poço e a ignição subsequente podem causar um incêndio florestal. Dependendo dos minerais a serem extraídos, equipamentos a gás, como separadores, podem estar presentes no local do poço após a conclusão do processo de perfuração. Da mesma forma, a proximidade de dutos que transportam gás ou combustível líquido pode fornecer fontes do combustível inicial ou pode ser um fator contribuinte para a propagação de incêndios florestais.

27.8.2.10 Diversos. As causas de incêndios florestais que não podem ser devidamente classificadas em outros grupos de causas são geralmente classificadas como diversas. Esta não é uma lista completa, mas é apresentada como exemplos de outras causas de incêndios florestais.

27.8.2.10.1 Aquecimento Espontâneo. Alguns tipos de combustível podem inflamar-se espontaneamente por aquecimento interno causado por ação biológica e química. Esta ação é mais provável de ocorrer em dias quentes e úmidos em pilhas em decomposição de material orgânico, como feno, grãos, rações, esterco, serragem, pilhas de lascas de madeira e musgo de turfa empilhado colhido.

27.8.2.10.2 Refração e Reflexão da Luz Solar. Os raios do sol podem ser focalizados em um ponto de calor intenso se concentrados ou focalizados por um objeto transparente que seja esférico ou cilíndrico em sua seção transversal ou por uma superfície côncava altamente refletiva. Esse processo de refração ou reflexão dobra os raios de luz, semelhante ao que ocorre com uma lupa ou espelho. Incêndios iniciados por esses itens são ocorrências muito raras; no entanto, objetos que possuam essas características recuperados da área de origem específica podem precisar ser cuidadosamente examinados para fins de exclusão ou inclusão.

27.8.2.10.3 Armas de fogo.O uso de armas de fogo de pólvora negra e armas de fogo modernas que descarregam munições de rastreamento, incendiárias e de núcleo de aço podem causar incêndios florestais. Incêndios causados por pólvora negra são frequentemente o resultado da queima de material de remendo em vez de combustíveis florestais inflamados diretamente pela queima de pólvora negra. Os compostos químicos em chamas contidos no projétil de munição traçante e incendiária podem inflamar combustíveis terrestres. Munições com núcleos de aço, como munições perfurantes e certas marcas de 7,62 × 39 mm. munição, pode causar incêndios quando o núcleo de aço atinge uma rocha ou outro material com força suficiente para causar faíscas.

27.9 Evidência.A proteção, preservação, coleta e documentação de evidências é semelhante para investigações de incêndios florestais, estruturas e incêndios em veículos. Consulte o Capítulo 17 para obter informações e orientações.

27.10 Considerações Especiais de Segurança. As considerações de segurança variam daquelas presentes na investigação de incêndio estrutural; no entanto, os princípios básicos são universais. Consulte o Capítulo 13 para obter mais informações.

27.10.1 Perigos.A segurança é uma grande preocupação durante todos os incêndios. Investigar incêndios florestais traz seus próprios riscos específicos que devem ser considerados no local do incêndio. O investigador deve fazer login com o Comandante do Incidente e deve manter o pessoal de combate a incêndios ciente de sua localização. O investigador deve estar ciente das áreas onde o fogo ainda pode estar queimando, ou onde o fogo foi extinto, mas pode reacender. O investigador deve estar atento aos requisitos de segurança do LCES (Vigia, Comunicação, Rota de Fuga, Área de Segurança). Uma via de fuga deve estar sempre presente e continuamente avaliada à medida que as condições de incêndio mudam. Um reacendimento e disponibilidade de combustíveis, juntamente com uma mudança na direção do vento, podem criar perigos tão extremos quanto um incêndio de coroação, que pode bloquear o caminho de fuga planejado anteriormente.

27.10.1.1 Outros perigos associados são a queda de detritos de árvores e galhos enfraquecidos pelo fogo. Apoiar-se ou colocar peso nas árvores pode fazer com que elas tombem ou quebrem. Mesmo ventos fracos podem fazer com que os galhos se quebrem e caiam no chão. Perigos adicionais podem estar presentes em terrenos inclinados. Troncos ou pedras podem ser soltos de seu local alojado como resultado do incêndio, das operações de supressão ou das ações de um investigador. Quando a estrutura radicular é destruída pelo fogo, o solo pode começar a perder sua estabilidade, o que por sua vez pode causar deslizamentos que podem ferir o investigador ou destruir evidências.

27.10.1.2*O clima pode causar ou contribuir para perigos. A chuva pode criar um piso escorregadio. O relâmpago pode ser uma preocupação também. Durante condições de raios, o investigador deve

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Traduzido do Inglês para o Português - www.onlinedoctranslator.com

não ficar debaixo de árvores, mas sim mover-se para o espaço aberto, mantendo-se abaixado sem se deitar.

27.10.1.3A queima subterrânea em um estágio latente pode irromper em combustão flamejante se o fogo atingir a superfície ou se a camada superior do solo for perturbada, expondo o combustível aquecido ao ar. Este fenômeno ocorre mais comumente onde há alto teor de turfa no solo, ou em áreas onde grandes pilhas de serragem foram deixadas de operações madeireiras ou de serraria.

27.10.2 Equipamento de Proteção Individual.O vestuário de protecção e o equipamento de segurança variam consoante as circunstâncias. Se estiver investigando enquanto o incêndio ainda estiver em andamento nas imediações do investigador, o investigador precisará cumprir os requisitos federais, estaduais, provinciais ou locais aplicáveis para equipamentos de proteção individual aplicáveis ao combate a incêndios florestais.

27.10.2.1 Os investigadores de incêndio em tais situações devem estar em conformidade com a NFPA 1977 e seções apropriadas da NFPA 1500. Os tipos de equipamentos abordados na NFPA 1977 são proteção para a cabeça, capuz, proteção para o corpo, proteção para as mãos, proteção para os pés e proteção para os olhos. Além disso, a proteção respiratória é necessária e será ditada pelo tipo de atmosfera perigosa encontrada. Este tipo de equipamento de segurança é talvez o mais importante, mas o mais frequentemente esquecido.

27.10.2.2 Ao investigar em uma cena onde o fogo foi completamente extinto, o investigador ainda precisará cumprir as normas regulatórias. Mesmo na ausência de regulamentações obrigatórias, os padrões reconhecidos da indústria devem ser seguidos para a própria proteção do investigador. Referir-se Capítulo 13 para mais informações.

27.11 Fontes de Informação. As fontes de informação sobre incêndios florestais podem ser encontradas no Anexo B e na Seção B.11.

Capítulo 28 Gerenciamento de Investigações Complexas

28.1 Escopo. Este capítulo aborda os problemas exclusivos do gerenciamento de investigações complexas devido ao tamanho, escopo ou duração. Investigações complexas geralmente incluem múltiplas investigações simultâneas e envolvem um número significativo de partes interessadas. Uma investigação complexa pode surgir de um incidente de incêndio ou explosão que envolva circunstâncias como fatalidades ou ferimentos, incêndios em arranha-céus, grandes complexos ou vários edifícios, ou incêndios e explosões em plantas industriais ou propriedades comerciais, mas nem sempre ser grande em tamanho ou magnitude. A metodologia deste capítulo pode ser aplicada a outras investigações não consideradas complexas.

28.1.1 Inquérito Governamental.

28.1.1.1 As agências do setor público que têm jurisdição para investigar um incidente são regidas por sua autoridade legislativa e estatutária jurisdicional, leis, regulamentos, regras e políticas; portanto, a metodologia deste capítulo pode não pertencer em sua totalidade às suas investigações.

28.1.1.2 Entende-se que as entidades governamentais com autoridade e responsabilidade de segurança pública normalmente conduzem uma investigação inicial. Os funcionários que conduzem a investigação governamental devem tentar seguir os padrões e diretrizes da indústria e preservar (ou deixar no local) a evidência física para que as partes interessadas possam ter a oportunidade de conduzir uma investigação complexa conforme estabelecido neste capítulo. ter. Os investigadores do governo podem achar necessário alterar as provas durante as várias missões das agências. As provas não devem ser alteradas, danificadas ou destruídas, a menos que isso seja inevitável e promova o propósito das várias missões da agência. Se as provas precisarem ser alteradas de alguma forma, as autoridades públicas devem considerar consultar outras partes interessadas para não prejudicar a integridade da investigação pública. Os investigadores governamentais devem documentar sua investigação. No momento em que não houver mais problemas significativos de segurança pública ou os investigadores determinarem que sua investigação não é uma investigação criminal, os investigadores governamentais podem optar por participar do complexo processo de investigação ou encerrar sua investigação.

28.1.2 Intenção. Este capítulo destina-se a fornecer uma estrutura para a gestão de investigações complexas. A utilização do termo investigação no singular neste capítulo refere-se às múltiplas investigações simultâneas realizadas pelos interessados. O grau de aplicação das diretrizes deste capítulo varia de acordo com o incidente específico.

28.1.3 Objetivo.O objetivo deste capítulo é fornecer orientação para o gerenciamento e coordenação das atividades investigativas entre as várias partes interessadas, o que oferece uma oportunidade para que todos investiguem o incidente, protejam seus respectivos interesses e permitam uma análise econômica e rápida. investigações. Não é objetivo deste capítulo instruir as partes interessadas sobre como investigar o incidente. A organização das equipes de investigação, funções e atividades são fornecidas no Capítulo 15. O exame da cena deve ser realizado de acordo com os princípios recomendados neste guia.

28.1.4 Partes Interessadas. Conforme usado neste documento, “partes interessadas” significa qualquer pessoa, entidade ou organização, incluindo seus representantes, com obrigações estatutárias ou cujos direitos ou interesses legais possam ser afetados pela investigação de um incidente específico. As partes interessadas podem incluir pessoas ou grupos conduzindo investigações de incêndio ou explosão em nome de agências de segurança pública (como bombeiros, policiais, bombeiros, agências de aplicação de códigos ou promotores criminais), proprietários de propriedades ou partes existentes ou potenciais de litígios civis ou criminais e seus advogados (como interesses de seguros, vítimas de incêndio e réus criminais ou potenciais réus criminais).

28.1.5 Definições do Capítulo.

28.1.5.1 Parte Interessada. Qualquer pessoa, entidade ou organização, incluindo seus representantes, com obrigações estatutárias ou cujos direitos ou interesses legais possam ser afetados pela investigação de um incidente específico.

•

28.1.5.2 Equipe de Investigação. Um grupo de indivíduos que trabalham em nome de uma parte interessada para conduzir uma investigação sobre o incidente.

28.1.5.3 Protocolo. Uma descrição dos procedimentos e metodologias específicos pelos quais uma tarefa ou tarefas devem ser realizadas.

28.1.5.4 Cena.A localização física específica do incidente dentro do local. A área ou áreas (estrutura, veículo, barco, equipamento, etc.) designadas como relevantes para a investigação do incidente porque podem conter danos físicos ou detritos, provas, vítimas ou perigos relacionados com o incidente. Esta é a área a ser processada durante o exame da cena.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

28.1.5.5 Local.A localização física geral do incidente, incluindo o local e a área envolvente considerada significativa para o processo de investigação e áreas de apoio.

28.1.5.6 Entendimento ou Acordo. Um consenso escrito ou oral entre as partes interessadas sobre a gestão das investigações.

28.1.5.7 Planos de Trabalho. Um resumo das tarefas a serem concluídas como parte da investigação, incluindo o pedido ou cronograma para conclusão. Consulte o Capítulo 15.

28.2 Informações e Documentos Básicos.Cópias de plantas, planos de construção, plantas do local, esquemas, manuais e outros documentos necessários para o gerenciamento do local de investigação devem ser obtidos do proprietário do imóvel, empreiteiro, arquiteto ou departamento de construção pública para orientar os investigadores a o local, colocar edifícios ou itens em relação uns aos outros, ou auxiliar na compreensão dos sistemas de construção.

28.3 Comunicações entre as partes interessadas.

28.3.1 Aviso às Partes Interessadas.A notificação deve ser dada a todas as partes conhecidas e interessadas de maneira expedita para permitir a oportunidade de examinar a cena o mais cedo possível e minimizar as alegações de espoliação. Consulte 12.3.5 e ASTM E860, *Prática padrão para examinar e preparar itens que estão ou podem se envolver em litígios criminais ou civis*. A notificação inicial deve ser fornecida pela entidade no controle da cena a quaisquer partes interessadas conhecidas.

28.3.1.1 Entidade no Controle.A parte interessada que tem ou representa a propriedade da cena ou está na gestão efetiva do local, cena ou evidência, e está organizando, dirigindo ou controlando as ações conjuntas das demais partes interessadas. A entidade que controla o local deve notificar todas as partes interessadas conhecidas se pretender realizar uma investigação no local do incidente. Caso a entidade controladora do local não pretenda realizar uma investigação no local, ou se não iniciar a notificação, qualquer parte interessada que pretenda realizar tal investigação pode iniciar o processo de notificação.

28.3.1.2 Todas as Partes Interessadas. Todas as partes interessadas devem notificar tempestivamente a entidade que controla o local da investigação sobre outras partes interessadas que devem ser incluídas na investigação. A responsabilidade e o momento da notificação variam de acordo com fatores como a jurisdição, se a parte interessada que notifica é pública ou privada, se a conduta criminosa está implicada e as leis e regulamentos aplicáveis. Consulte 12.3.5.1.

28.3.1.3 Lista de Partes Interessadas. Todas as partes interessadas, particularmente as partes do setor privado, devem tomar medidas para garantir que a notificação oportuna seja dada a todas as outras partes interessadas. Uma lista identificando todas as partes interessadas deve ser criada e compartilhada. Todos os avisos às partes interessadas também devem ser compartilhados.

28.3.1.4 Notificação de Alterações. Em circunstâncias em que o controle ou acesso à cena mude ou a cena ou a evidência possam ser alteradas, a notificação deve ser dada às partes interessadas conhecidas. Tais circunstâncias podem incluir:

(1) Quando o setor público tem o controle da cena, determina que um crime não foi cometido e permite que o setor privado participe
(2) Quando o setor público transferiu o controle da cena
(3) Quando uma investigação por uma parte do setor privado for iniciada e for determinado que existem outras partes interessadas

28.3.1.5 Fazendo Notificação.A notificação pode ser feita por telefone, carta, fax ou o email. A notificação oral deve ser confirmado por escrito. A identificação das partes interessadas às vezes pode ser difícil. Os métodos pelos quais as partes interessadas podem ser identificadas incluem o exame de rótulos de produtos, documentos como contratos ou registros de serviços, recibos, etc. As informações de contato podem ser obtidas de várias fontes, como uma pesquisa na Internet. A comunicação pode ser estabelecida com o departamento jurídico, de gestão de riscos ou outro departamento similar da parte interessada, para identificar a quem a notificação deve ser direcionada.

28.3.1.6 Conteúdo da Notificação.A notificação aos interessados deve incluir a data do incidente; a natureza do incidente; o local do incidente; a natureza e extensão da perda; danos, morte ou ferimentos na medida em que seja conhecida a conexão potencial da parte notificada com o incidente; próxima data da ação; circunstâncias que afetam a cena (como ordens de demolição pendentes ou condições ambientais); um pedido de resposta até uma determinada data; informações de contacto a quem a pessoa notificada deve responder; e a identidade do indivíduo ou entidade que controla a cena. As sugestões para o conteúdo deste aviso não são obrigatórias, mas podem auxiliar no gerenciamento eficiente do site e evitar atrasos. A notificação deve incluir uma lista de todas as partes a quem a notificação foi fornecida, que deve incluir nome, endereço e número de telefone.

28.3.1.7 Notificações Subsequentes.À medida que forem identificadas outras partes interessadas, elas devem ser notificadas da investigação. Notificações posteriores podem ser feitas por qualquer interessado; no entanto, cabe a essa parte fornecer uma cópia da lista às partes recém-notificadas e uma cópia da nova notificação às partes previamente notificadas. Todos os interessados, especialmente a entidade que controla o local da investigação, devem receber uma cópia da notificação subsequente.

28.3.2 Reuniões.

28.3.2.1 Reunião Preliminar.A entidade que controla o local da investigação deve convocar uma reunião preliminar das partes interessadas antes de iniciar a investigação para determinar as necessidades de protocolos e planos de trabalho, como a cena será processada, acesso ao local da investigação e quaisquer restrições, considerações de segurança e ambientais , etc. Durante esta reunião preliminar, as partes interessadas devem desenvolver um entendimento ou acordo sobre como a investigação irá progredir.

28.3.2.2 Reuniões à medida que a investigação avança. As reuniões devem ser realizadas para garantir que todos estejam conectados, lembrados das considerações de segurança e informados sobre mudanças nas condições, planos de trabalho e agendamento futuro, e para fazer apresentações de novos participantes. Sugere-se que reuniões curtas sejam realizadas diariamente e reuniões mais completas semanalmente.

28.3.3 Site.O desenvolvimento de um site seguro pode ser uma ferramenta útil na gestão da investigação. Se utilizado, deve fazer parte do acordo geral entre as partes interessadas. Os sites são um meio eficiente de comunicação de informações e podem ser construídos de forma a limitar o acesso às partes interessadas ou limitar o acesso apenas a

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

determinadas áreas do site para determinadas partes interessadas. O conteúdo do site pode incluir: fotos, vídeos, lista/lista de contatos, informações proprietárias e não proprietárias que foram trocadas, protocolos, entendimentos ou acordos, cronograma de eventos de trabalho, plano de ação de incidentes (IAP), registros de evidências, cópias de relatórios do setor público, documentos públicos, fichas de inscrição para cada dia de investigação, instruções de segurança e qualquer outra coisa que as partes interessadas queiram compartilhar. Veja também 28.4.6.2.

28.3.4 Divulgação Adicional de Informações. Um quadro de avisos no local ou o email mensagens podem ser usadas para divulgar informações às equipes de investigação, publicar relatórios diários de atividades e facilitar a troca de informações. Outro método para disseminar informações é um plano de ação de incidentes (IAP) de um sistema de comando de incidentes. Ver 28.5.1.

28.4 Entendimentos e Acordos.

28.4.1 Finalidades. Devido à complexidade da investigação e para garantir que todas as partes interessadas conhecidas tenham a oportunidade de investigar o incidente e proteger seus respectivos interesses, entendimentos ou acordos devem ser desenvolvidos o mais cedo possível. Tais entendimentos ou acordos auxiliarão na coordenação da investigação de forma eficiente e sistemática, minimizando disputas. Os itens sobre os quais as partes podem desejar ter um entendimento ou acordo comum incluem o seguinte:

(1) Riscos de segurança/ambientais
(2) Controle e acesso ao site
(3) Compartilhamento de custos
(4) Agendamento
(5) Comunicação
(6) Logística
(7) Protocolos
(8) Marcação, remoção, custódia e armazenamento de provas
(9) Documentação da cena/investigação
(10) Site
(11) Entrevista de testemunhas
(12) Compartilhamento de informações proprietárias/não proprietárias
(13) Exame e teste de evidências

28.4.2 Agendamento. Deve-se esforçar para acomodar as agendas do maior número de interessados e seus representantes, a fim de permitir que participem da investigação. Nem sempre é possível acomodar todas as partes interessadas.

28.4.3 Compartilhamento de Custos. Vários aspectos da investigação emprestam eles próprios à repartição dos custos. Esses itens podem incluir armazenamento de evidências, equipamentos pesados, remoção de detritos, itens de conforto pessoal, segurança, primeiros socorros e testes especializados ou exames de evidências. As partes interessadas devem identificar os aspectos da investigação para os quais os custos serão compartilhados. Um acordo escrito deve ser preparado e assinado por todas as partes interessadas, estabelecendo os custos a serem compartilhados. As partes interessadas que não desejam compartilhar os custos podem não receber os benefícios de participar das atividades de custos compartilhados.

28.4.4 Contratos de Confidencialidade. Para proteger informações confidenciais, segredos comerciais e proprietárias, uma parte interessada pode exigir um acordo de confidencialidade ou não divulgação. Esses acordos facilitam o compartilhamento de informações entre as partes interessadas, limitando quem pode ter acesso às informações.

28.4.5 Protocolos. Os protocolos podem ser aplicados a muitos aspectos da investigação, incluindo como o exame da cena deve ser conduzido e como as evidências serão coletadas, examinadas, testadas e armazenadas. As partes interessadas devem desenvolver um protocolo mutuamente acordado. Quaisquer objeções ao protocolo devem ser apresentadas por escrito sempre que possível, especificando a(s) parte(s) contestada(s), a razão por trás da objeção e um procedimento alternativo recomendado.

28.4.6 Compartilhamento de Informações.O compartilhamento de informações elimina as barreiras à obtenção de informações, permitindo que as partes interessadas troquem dados factuais. Por exemplo, uma parte pode ter obtido o relatório de incêndio público. Compartilhar essas informações pode ajudar a agilizar a investigação. É incentivado o compartilhamento de informações que não comprometam a investigação de uma parte, mas que facilitem uma conclusão rápida e econômica da investigação. O compartilhamento de informações também pode auxiliar na identificação e coleta de evidências da cena do incêndio.

28.4.6.1 Tempestividade. Compartilhar informações entre os setores público e privado em tempo hábil é importante para todos os investigadores para auxiliar na preservação de evidências e na determinação precisa de origem, causa e responsabilidade.

28.4.6.2 Registros Públicos de Comunicações. Todas as informações fornecidas aos investigadores do setor público e comunicações com os investigadores do setor público, incluindo e-mails, poderia tornar-se uma questão de registro público sob solicitações da lei de registros abertos.

28.4.7 Entrevistas. As entrevistas podem ser realizadas enquanto outras atividades estão sendo realizadas. As partes interessadas devem tentar obter entrevistas com testemunhas, como pessoal de resposta a emergências, transeuntes, vizinhos, proprietários, funcionários, inquilinos ou outras pessoas que possam ter informações. No entanto, pode haver restrições legais ao entrevistar testemunhas específicas. A realização de entrevistas conjuntas de testemunhas específicas pode ser incluída nos entendimentos ou acordos. Para entrevistas de testemunhas em geral, consulte a Seção 14.5.

28.4.8 Alterações aos Contratos.À medida que a investigação avança, pode ser necessário alterar os entendimentos ou acordos. Se o entendimento ou acordo original foi por escrito, quaisquer emendas também devem ser por escrito. Todas as partes interessadas devem ser notificadas da alteração sugerida e ter a oportunidade de concordar, discordar ou fornecer sugestões sobre a alteração. Alterações podem ser feitas ao acordo durante a investigação do local por acordo das partes presentes em detrimento das partes que optarem por não comparecer, desde que a alteração esteja dentro do escopo original do acordo. As partes interessadas não podem se opor a alterações no site se a parte optar por não comparecer.

28.4.9 Desacordos. Podem surgir desacordos em relação a qualquer número de questões relacionadas à investigação. Esforços de boa fé devem ser feitos para resolver divergências entre as partes interessadas o mais rápido possível para permitir que a investigação avance com o mínimo de atraso e despesas. Se a disputa não for resolvida, pode ser necessário buscar uma decisão de um tribunal para resolver o problema, incluindo uma liminar temporária ou ordem de restrição pendente da decisão do tribunal.

28.5 Gestão da Investigação.O gerenciamento adequado do local de investigação limitará o potencial de incidentes relacionados à segurança, facilitará as atividades investigativas, abordará possíveis preocupações sobre a espoliação de evidências e ajudará em muitos outros aspectos da investigação. A implantação de um efetivo

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

sistema de gestão de incidentes antes do início do processo de investigação beneficiará todas as partes interessadas.

28.5.1 Modelos Organizacionais. A gestão da investigação envolve muitas partes interessadas que executam simultaneamente tarefas conjuntas e independentes. Uma variedade de modelos organizacionais pode ser usada para gerenciar a investigação para que as várias partes interessadas que participam da investigação possam trabalhar de maneira coordenada.

28.5.2 Controle do Local e Cena. A entidade ou agência que controla o local da investigação pode ser regida por estatutos, jurisdição, contrato, propriedade ou ordem judicial e pode mudar com o passar do tempo. Por exemplo, o controle inicial do local de investigação provavelmente será uma autoridade pública, como um corpo de bombeiros. O controle pode então ser transferido para outra agência, como uma agência de aplicação da lei ou agência reguladora, o proprietário do edifício ou a seguradora, ou um tribunal.

28.5.2.1 Protegendo o Local e a Cena. Uma das primeiras tarefas a serem concluídas é o estabelecimento da segurança do local de investigação. A entrada deve ser limitada aos indivíduos necessários para garantir a segurança; impedir a remoção, destruição ou perda de itens de valor probatório; e evitar alterações indevidas ou danos adicionais à cena. Pode ser necessário contratar pessoal de segurança privada ou instalar barreiras para obter o nível de segurança necessário. A segurança deve ser mantida continuamente até que as atividades do local de investigação sejam concluídas. Os socorristas no local devem estabelecer e manter o controle inicial e a segurança do local da investigação. À medida que os interessados são notificados e chegam ao local da investigação, um dos primeiros deveres é garantir que a segurança no local tenha sido estabelecida.

28.5.2.2 Delegação de Controle. A entidade que controla o local da investigação determina quem tem o controlo da gestão da investigação e pode delegar o controlo da gestão da investigação ao seu representante ou a outros.

28.5.2.3 Transferência de Controle. A transferência de controle entre as partes interessadas deve ser planejada com antecedência. Por exemplo, uma agência de investigação pública deve informar ao proprietário ou à seguradora quando transferirá o controle para que a parte receptora possa tomar providências para segurança e proteção ou outras necessidades imediatas. Na transferência do controle, a entidade que renuncia ao controle deve fornecer informações ou documentação relativa a alterações no local, alterações no local, evidências coletadas, contaminação do local ou local e outras informações que possam afetar as investigações de outras partes interessadas.

28.5.2.4 Acesso ao Local e Cena.

28.5.2.4.1 Controle do Site. A decisão sobre o acesso ao local de investigação cabe à entidade que detém o controlo do local de investigação. Em alguns casos, a parte controladora pode precisar aceitar a entrada do proprietário ou inquilino do local para proteger informações proprietárias ou segredos comerciais que os danos na estrutura podem revelar, após o incêndio. Um representante de cada interessado deve ter acesso ao local o mais rápido possível. Isso é importante para o planejamento organizacional. A coordenação do acesso durante os exames de cena, reconstrução e remoção de evidências pode exigir planejamento para que as partes possam ser representadas de forma justa. Se o tamanho do grupo for um problema, o acesso pode ser limitado, permitindo a participação de apenas uma pessoa por parte interessada.

28.5.2.4.2 Estabelecimento de Procedimentos de Acesso. Procedimentos para obter acesso ao local e cena devem ser estabelecidos. Os procedimentos devem estabelecer quem será admitido no local e cena, em que circunstâncias e com que finalidade. A parte controladora pode estabelecer diferentes áreas ou zonas com diferentes níveis de segurança e acesso dentro do local e cena. Esses procedimentos devem ser comunicados a todos os provedores de segurança, bem como a todas as partes interessadas. Marcações claras, barreiras ou pessoal devem estar no local para evitar incursões acidentais em áreas de acesso limitado.

28.5.2.4.3 Monitoramento de Entrada no Local. Cada pessoa que entrar no local da investigação deve fornecer seu nome, endereço, número de telefone, número de fax, endereço de e-mail, afiliação da empresa e parte interessada que representa.

28.5.2.4.4 Controle de Acesso. Controle de acesso adicional pode ser necessário para a cena devido à segurança e outras considerações. Devem ser adotados métodos de identificação, monitoramento e registro de pessoas presentes no local e sua localização. Autorizações de entrada, sistemas de prestação de contas ou livros de registro detalhando a entrada podem ser suficientes; no entanto, novas tecnologias, como credenciais com código de barras, podem ser mais eficientes para registrar a entrada, ou o GPS pode ser usado para rastrear a localização de um indivíduo na cena.

28.5.2.4.5 Acompanhantes. Por razões de segurança e proteção e para manter a integridade da cena, escoltas podem ser utilizadas para permitir o acesso controlado dos interessados. As partes acompanhadas devem seguir as diretrizes razoáveis da escolta, mas podem expressar objeções e solicitar a reentrada em relação à resolução dessas objeções. Objeções não resolvidas devem ser registradas e tratadas como discordâncias, 28.4.9. Consulte

28.5.2.4.6 Preocupações do Setor Público. As organizações do setor público devem considerar as necessidades de outras partes interessadas. Eles devem fornecer às outras partes interessadas briefings e informações sobre o status da investigação, bem como acesso limitado e controlado à cena e qualquer evidência coletada, se isso não comprometer sua investigação ou violar os regulamentos ou leis da agência. Na maioria dos casos, além das investigações criminais, as autoridades públicas devem fornecer orientações para observações e fotografias ou disponibilizar suas fotos para outras partes interessadas durante a investigação. Em alternativa, as autoridades públicas podem realizar uma investigação conjunta com entidades privadas.

28.5.2.4.7 Acesso e Controle de Ocupantes. Permitir que proprietários, inquilinos e ocupantes tenham acesso limitado ao local de investigação é determinado pela entidade que controla o local de investigação. Se possível, a investigação deve ser conduzida de forma a permitir aos ocupantes acesso limitado ao local da investigação. Permitir o acesso dos inquilinos/ocupantes é importante, mas o local de investigação ainda deve ser protegido. Esse esforço pode ajudar a reduzir a interrupção dos negócios e o impacto do incêndio. O acesso de ocupantes ao local de investigação deve ser permitido somente após a segurança da área ter sido estabelecida.

28.5.2.4.8 Descontaminação dentro e fora. A chance de contaminação pode ser reduzida estabelecendo procedimentos e instalações de descontaminação no local. Por exemplo, a entidade que controla o local da investigação pode exigir que todas as partes que entram sigam um protocolo para lavar calçados e ferramentas. Áreas e equipamentos para descontaminação ao sair também podem ser fornecidos para reduzir os riscos associados aos detritos da cena do incêndio.

28.5.2.5 Restrições ou Requisitos Específicos do Local. A entidade que controla o local de investigação deve informar os interessados de quaisquer restrições e requisitos que serão

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

impostas a eles, como quais itens são proibidos no local, se acordos de confidencialidade ou renúncias devem ser assinados e quais equipamentos de proteção individual podem ser necessários.

28.5.2.6 Integridade da Cena. Independentemente de quem tem o controle da cena, a fim de manter a integridade da cena, contaminantes, como materiais para fumar, fontes de ignição, recipientes de alimentos e bebidas e embalagens, não devem ser trazidos para a cena. Os suprimentos necessários para o exame do local não devem ser descartados no local.

28.5.2.7 Liberação de Informações. Quando vários órgãos públicos estão envolvidos em uma investigação, um sistema para coordenar a divulgação pública de informações deve ser estabelecido.

28.6 Evidência.

28.6.1 Controle de Evidências. As evidências devem ser tratadas e protegidas conforme discutido no Capítulo 17. Um protocolo de evidências acordado deve estar em vigor antes que a cena seja processada. Este protocolo deve incluir os meios de identificação, documentação, marcação, preservação, transporte e armazenamento de provas.

28.6.1.1 Custodiante de Evidências. Como parte do entendimento e dos acordos, um ou mais guardiões de evidências devem ser designados para gerenciar vários aspectos do processo de coleta de evidências, incluindo um registro mestre de evidências, ensacamento e marcação, preservação e armazenamento de evidências.

28.6.1.2 Responsabilidade da Parte Interessada. Uma parte interessada é responsável por identificar as provas que deseja coletar e fornecer informações suficientes ao custodiante das provas para garantir a coleta das provas identificadas e a preservação do local para atividades investigativas posteriores.

28.6.2 Remoção de Evidência da Cena. Todas as partes interessadas conhecidas devem ter a oportunidade de documentar os itens de evidência no local antes de os itens serem perturbados ou removidos da cena. As evidências devem ser removidas de acordo com os protocolos de evidências acordados.

28.6.3 Armazenamento de Evidências.O armazenamento de evidências requer um local seguro com uma folha de registro para as pessoas que acessam a área. Todas as evidências coletadas devem estar disponíveis para todas as partes interessadas envolvidas na investigação. As partes interessadas devem concordar com os procedimentos para acessar as provas armazenadas, como notificar todas as partes interessadas e exigir a presença do guardião das provas quando o acesso às provas for concedido.

28.6.4 Inspeções de Evidências.

28.6.4.1 Inspeções Não Destrutivas. As inspeções que não alteram o valor probatório da prova podem ser realizadas para que os interessados possam visualizar, anotar, fotografar, medir e fazer outras observações visuais da prova de forma não destrutiva. Todas as partes interessadas não precisam estar presentes para tais inspeções não destrutivas.*(Consulte o Capítulo 17.)*

28.6.4.2 Inspeções Destrutivas. As inspeções podem ocorrer onde se possa razoavelmente prever que as provas serão alteradas ou destruídas. Antes que tais inspeções ocorram, todas as partes interessadas devem ser notificadas e um protocolo deve ser acordado para as inspeções.

28.6.4.3 Teste de Evidência. Antes de qualquer teste de evidência, todas as partes interessadas devem ser notificadas, protocolos devem ser desenvolvidos e instalações de teste devem ser acordadas. Cada das partes interessadas pode decidir ter a sua própria opinião especializada ou participar nos testes.

28.7 Logística. Fornecer apoio logístico facilitará a investigação, protegerá a saúde e o bem-estar dos investigadores, protegerá o local da investigação e as provas e reduzirá os conflitos. O custo de prestação de apoio logístico deve ser contemplado nos acordos ou entendimentos entre as partes.

28.7.1 Transporte.A viagem para e dentro do local de investigação por um grande número de pessoas pode ser difícil devido à sua localização, tamanho e outros fatores. As providências para o transporte de investigadores e seus equipamentos para o local da investigação ou para o estacionamento no local devem ser tratadas o mais cedo possível durante a investigação por representantes de todas as partes interessadas. O serviço de transporte de áreas de estacionamento fora do local, estacionamentos designados, autorizações de estacionamento e pontos de entrega de passageiros/equipamentos podem ser utilizados para atender às necessidades de todas as partes interessadas.

28.7.2 Equipamento. Pode ser necessário o uso de equipamentos, como veículos de construção, aparelhos de elevação, equipamentos de radiografia e meios de transporte. O tipo e uso específico dos equipamentos devem fazer parte dos acordos e entendimentos entre as partes interessadas.

28.7.3 Segurança do Local de Investigação.A segurança do local de investigação pode incluir barreiras fisicamente erguidas ao redor do local e da cena, o uso de guardas públicos ou privados e a emissão de crachás de identificação. A localização ou natureza da atividade realizada no local da investigação pode exigir investigações de antecedentes, autorizações de segurança e treinamento de segurança especializado para todas as pessoas que entrarem.

28.7.4 Descontaminação. Estações de descontaminação devem ser estabelecidas em pontos apropriados, como entradas e saídas de cena e áreas de alimentos ou bebidas.

28.7.5 Ambiental. Preocupações ambientais, como derramamentos, qualidade do ar, descarte e regulamentações devem ser abordadas. A entidade que controla o local de investigação pode precisar providenciar serviços de monitoramento, controle e limpeza ambiental. Informações adicionais podem ser obtidas da agência governamental apropriada que regula as preocupações ambientais, como a Agência de Proteção Ambiental (EPA), a Guarda Costeira dos Estados Unidos, as autoridades ambientais estaduais e locais.

28.7.6 Comunicações. Uma grande área de incidente pode criar problemas de comunicação para o pessoal que trabalha no local da investigação. Pode ser necessário um posto de comando com reboques temporários ou outras instalações. A comunicação pode ser fornecida por meios móveis ou fixos, como rádios portáteis, sistemas telefônicos temporários com fio, sistemas de alto-falantes ou telefones celulares. Dependendo do tamanho e escopo do incidente, vários métodos de comunicação podem ser necessários entre a entidade que controla o local da investigação, partes interessadas, equipes que entram no local e outros. Além disso, um sinal predefinido, como um alarme ou buzina, pode ser usado para notificar as pessoas no local para que saiam imediatamente do local e se reportem à área de reunião segura.

28.7.7 Necessidades Sanitárias e de Conforto. Devem ser previstas instalações sanitárias e água potável. Uma área não contaminada deve estar disponível para alimentação, descanso e reuniões. As condições climáticas podem exigir que sejam tomadas providências para um local de descanso sombreado ou uma área de aquecimento.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

28.7.8 Descarte e Remoção de Lixo. Recipientes para descarte de descartáveis e lixo comum devem ser fornecidos para que o lixo não seja introduzido no local da investigação. Os recipientes de lixo devem ser removidos do local conforme necessário.

28.7.9 Remoção de Neve e Gelo. A neve pode estar presente no início da investigação ou pode cair no local da investigação durante a investigação. As atividades de supressão também podem resultar em gelo cobrindo o local da investigação, o que representa um risco à segurança e um impedimento à investigação. Se a investigação não puder esperar que a neve ou o gelo derreta por meios naturais, as estruturas podem ser cobertas com lonas e aquecedores podem ser usados para derreter a neve ou o gelo. Se forem utilizados aquecedores, deve-se tomar extremo cuidado para não introduzir combustíveis ou produtos de combustão que possam contaminar o local. Cuidados também devem ser tomados para evitar a introdução de agentes de fusão na cena.

28.7.10 Iluminação. Iluminação temporária pode ser necessária. Pode ser melhor instalar iluminação temporária do que usar luzes portáteis e lanternas por longos períodos de tempo. A necessidade de instalação de iluminação temporária dependerá das condições atuais de iluminação, do tempo estimado de duração da investigação e da disponibilidade de outras luzes e energia elétrica. Sempre que possível, as fotografias devem ser tiradas antes da instalação de iluminação temporária para permitir uma melhor documentação da cena não perturbada.

28.7.11 Armazenamento de Evidências. Devem ser tomadas provisões para armazenar evidências no local, fora do local ou em ambos. A instalação de armazenamento deve ser apropriada para o tipo de material a ser armazenado. Pode ocorrer armazenamento temporário no local, com posterior realocação de evidências para um local mais permanente.

28.8 Segurança do Local e Cena. A segurança é responsabilidade de todas as partes interessadas, mas em algumas situações pode ser necessário designar um responsável pela segurança que será responsável por monitorar as condições no local da investigação para garantir a segurança de todas as partes interessadas. Os entendimentos e acordos devem abordar questões de segurança para as partes interessadas ou qualquer outra pessoa que possa entrar no local da investigação, como inquilinos, empreiteiros ou outro pessoal de apoio logístico. Uma avaliação de segurança do local deverá ser realizada antes de quaisquer atividades de investigação ou remoção de detritos. As preocupações com a segurança podem ser de tal magnitude que a contratação de uma empresa especializada na avaliação de riscos do local, a implementação de planos de segurança e o fornecimento de oficiais de segurança devem ser considerados. *(Consulte o Capítulo 13.)* O pessoal do local deve seguir as diretrizes do responsável pela segurança, mas pode expressar objeções e solicitar a reentrada. Um briefing de segurança preliminar específico para o local e cena em particular pode ser necessário para qualquer pessoa que entre no local da investigação. Deve ser mantido um registro daqueles que participaram desse briefing de segurança. Objeções não resolvidas devem ser registradas e tratadas como discordâncias, veja 28.4.9.

28.8.1 Monitoramento Contínuo de Segurança. Pode ser necessário continuar a monitorar a qualidade do ar, as condições ambientais, a estabilidade estrutural e outros perigos durante a investigação. Por exemplo, o sistema de ventilação de um edifício deve ser avaliado para possível uso na melhoria da qualidade do ar. Se o ar ou o ambiente não puderem ser tornados seguros, os interessados podem ser obrigados a usar equipamentos de proteção individual.

Capítulo 29 Investigações de Incêndio Marinho

Δ **29.1* Introdução.** Este capítulo trata de fatores relacionados às investigações de incêndios envolvendo barcos de menos de 272,2 toneladas métricas (300 toneladas brutas) que são usadas para lazer ou objetivos comerciais. Incluídos nesta discussão estão barcos a motor, veleiros, iates e outras embarcações. As informações relativas à investigação de incêndios em barcos incluem materiais de construção, sistemas e modos de falha identificados na NFPA 302. Informações adicionais sobre sistemas de barcos e padrões voluntários da indústria estão disponíveis em *Relatórios de Normas e Informações Técnicas para Embarcações Pequenas* publicado pela American Boat and Yacht Council, Inc. (ABYC). Para investigação de incêndios em barcos fora das fronteiras dos EUA, informações adicionais podem ser obtidas em normas e códigos locais e regionais. O uso deste capítulo na investigação de incêndios marítimos em embarcações que excedam esse comprimento ainda pode ser valioso. *[Consulte a Figura 29.1(a) e a Figura (b) para a terminologia comum.]*

29.2 Terminologia de lanchas e veleiros. A seguir estão os termos que se aplicam à Figura 29.1(a) e Figura 29.1(b):

(1) *Espaço de acomodação.* Espaço projetado para fins de vida.
(2) *À deriva.* Solto, não em amarrações ou cabos de reboque.
(3) *À tona.* (1) Em posição ou condição flutuante; (2) Em um barco ou navio longe da costa; no mar. Carregado sobre ou como se estivesse na água.
(4) *À ré* Em direção à parte traseira da embarcação.
(5) *Encalhado.* Tocando ou rápido para o fundo.
(6) *Feixe.* O ponto mais largo de um navio
(7) *Abaixo de.* Abaixo do convés.
(8) *Porão.* A parte mais baixa do casco interior de um navio.
(9) *Barco.* Qualquer embarcação fabricada ou usada principalmente para uso não comercial; arrendado, alugado ou afretado a outro para uso não comercial deste último; ou operado como um navio de passageiros não inspecionado sujeito aos requisitos do 46 CFR Capítulo 1, subcapítulo C.
(10) *Antepara.* Uma divisória vertical separando compartimentos.
(11) *Cabine.* Um compartimento para passageiros ou tripulação.
(12) *Virar.* Virar.
(13) *Prato de corrente.* Uma placa de metal usada para prender uma mortalha ou ficar no casco de um veleiro, que distribui a força da mortalha.
(14) *Área coberta.* Uma cobertura permanente sobre um compartimento, casco ou qualquer parte dele.
(15) *Doca.* Uma área de água protegida na qual os navios estão atracados. O termo é frequentemente usado para denotar um cais ou um cais.
(16) *Ventilação Dorada.* Caixa do convés ventilador para manter a água fora com um defletor enquanto deixa o ar entrar abaixo do convés.
(17) *Pára-choque.* Uma almofada, colocada entre os barcos, ou entre um barco e um cais, para evitar danos.
(18) *Avançar.* Em direção à proa do barco.
(19) *Borda livre.* A distância vertical entre a linha de água e a amurada.
(20) *Galera.* A área da cozinha de um barco.
(21) *Engrenagem.* Um termo geral para cordas, blocos, equipamentos e outros equipamentos.
(22) *Amurada.* A borda superior ou superfície do lado de um barco.
(23) *Escotilha.* Uma abertura no convés de um barco equipada com uma tampa estanque.
(24) *Aguarde.* Um compartimento abaixo do convés de um grande navio, usado exclusivamente para o transporte de carga.
(25) *Casco.* O corpo estrutural de um barco, não incluindo superestrutura, mastro ou cordame.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

(26)*Interior.*(1) Mais para o centro de um barco, no interior;
(2) Um motor instalado dentro de um barco.

(27)*Inboard/Out-Drive (E/S).*Sistema de propulsão constituído por um motor instalado dentro de um barco com stern drive, semelhante à unidade inferior de um motor de popa acoplado ao gio.

(28)*Motor de popa.*(1) Em direção ou além das laterais do barco. (2) Um motor destacável montado na popa de um barco.

(29)*Ao mar.*Ao lado ou fora do barco.

(30)*Porta.*O lado esquerdo de um barco ao olhar para a frente.

(31)*Trilho de Esfregar.*O pára-choques de borracha, plástico ou metal que se estende ao longo de ambos os lados da embarcação, geralmente imediatamente abaixo das amuradas.

(32)*Energia da Costa.*Energia elétrica fornecida da costa através de um conjunto de cabos.

(33)*Sudário.*Um dos cabos de arame que suportam o mastro.

(34)*Único.*(1) Cabine ou piso do salão; (2) Extensões de madeira na parte inferior do leme. (3) O deck de fibra de vidro moldado de um cockpit.

(35)*Estibordo.*O lado direito de um barco quando se olha para a frente.

(36)*Superestrutura.*As cabines e outras estruturas acima do convés.

(37)*Parte superior.*As laterais de uma embarcação entre a linha d'água e o convés; às vezes referindo-se a ou acima do convés.

(38)*Transom.*A seção transversal de popa de um barco de popa quadrado.

(39)*Em andamento.*Embarcação em movimento, ou seja, quando não atracado, fundeado ou encalhado.

(40)*Embarcação.*Inclui todas as descrições de embarcações, exceto hidroaviões na água, usadas ou capazes de serem usadas como meio de transporte na água.

(41)*Linha d'água.*Uma linha pintada em um casco que mostra o ponto em que um barco afunda quando está devidamente compensado.

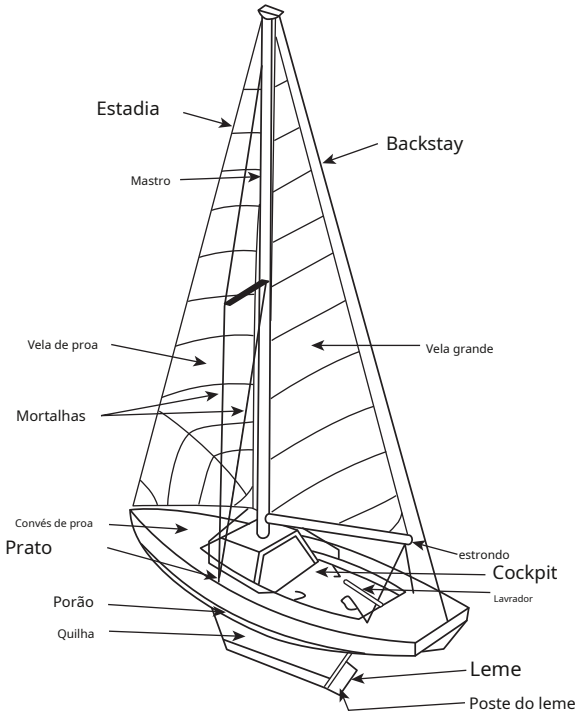


FIGURA 29.1(b) **Terminologia do Veleiro.**

29.3 Segurança da Investigação do Barco.

29.3.1 Assim como nas investigações de incêndio em terra, a segurança deve sempre ser a primeira preocupação do investigador. A documentação da cena também pode ser realizada durante a avaliação de segurança. Consulte o Capítulo 13 para mais informações.

29.3.2 Os barcos em terra devem ser inspecionados para determinar se estão estáveis antes do embarque. Caso contrário, o barco deve ser estabilizado antes do embarque. As conexões de energia da costa do barco e o circuito de alimentação da bateria devem ser desenergizados se apresentarem um risco de segurança. As baterias e os sistemas de corrente contínua devem ser inspecionados com cautela. A presença de um inversor CC para CA deve ser determinada e o inversor desabilitado, se necessário. O investigador deve empregar equipamento de proteção individual (EPI) apropriado para os perigos previstos.

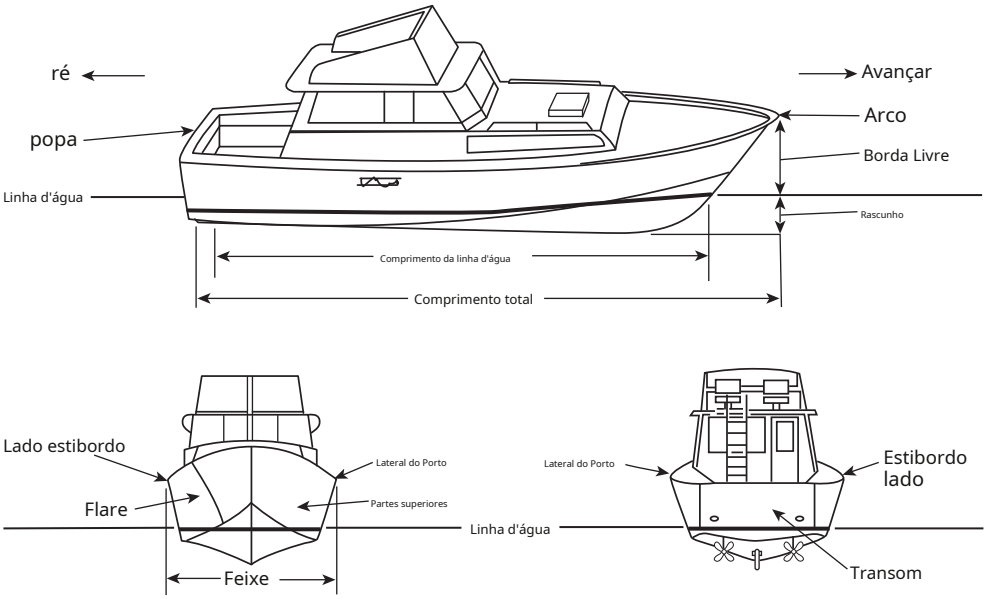


FIGURA 29.1(a) **Terminologia de barco a motor.**

Copyright Associação Nacional de Proteção contra Incêndios
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

29.3.3 Os barcos à tona devem ser abordados com extrema cautela, pois o barco pode ter água dentro do casco. Qualquer volume de água dentro do casco pode criar uma condição instável dentro do barco que pode fazer com que ele vire ou afunde. A água deve ser removida do barco (isto é chamado de desaguamento). Em seguida, o barco pode ser retirado da água e estabilizado em terra, se necessário, antes de continuar a investigação. O investigador deve considerar o uso de um dispositivo de flutuação pessoal ao trabalhar na água ou perto dela.

29.3.4 As inspeções subaquáticas de barcos submersos apresentam um risco potencial de aprisionamento para um mergulhador.

29.3.5 Preocupações Específicas de Segurança.

29.3.5.1 Espaços Confinados. Por sua natureza, as investigações de incêndio em barcos podem envolver o trabalho em espaços confinados. O investigador deve estar ciente das preocupações de entrada em espaço confinado (por exemplo, entrada/saída e questões atmosféricas), e as precauções apropriadas devem ser tomadas. Pessoas que trabalham dentro e ao redor espaços confinados devem ser devidamente treinados. Antes da entrada, o o investigador deve garantir que o espaço não contenha níveis perigosos de vapores ou gases explosivos ou tóxicos (ou seja, monóxido de carbono) ou que não seja deficiente em oxigênio. Os perigos do espaço devem ser avaliados antes de entrar, e o nível apropriado de equipamento de proteção individual deve ser usado. As luzes e outros equipamentos devem ser intrinsecamente seguros e adequados para tal uso. Orientação adicional para entrada segura em espaço confinado e o trabalho pode ser encontrado em NFPA 350 .

29.3.5.1.1 Antes de entrar em espaços cobertos por sistemas automáticos de extinção de incêndio, o investigador deve garantir que o sistema esteja desativado ou inoperante. Caso o sistema funcione enquanto o investigador estiver dentro do compartimento, a atmosfera pode tornar-se tóxica ou deficiente em oxigênio.

29.3.5.2 Partículas Aerotransportadas. Em um incêndio de barco de plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV), a resina usada como parte do processo de construção geralmente queima, deixando pequenas partículas irritantes de fibra de vidro. Essas partículas, quando combinadas com resina queimada, são altamente irritantes para o sistema respiratório e o nível adequado de equipamento de proteção individual, incluindo proteção respiratória, deve ser usado conforme indicado pelo nível de risco.

29.3.5.3 Identificar e avaliar as fontes de energia. Existem inúmeras fontes de energia a bordo de um barco; precauções devem ser tomadas para garantir que eles sejam desativados para evitar danos pessoais, bem como a possível recorrência de um incêndio.

29.3.5.3.1 Baterias. Após a devida documentação e fotografia, os cabos da bateria devem ser desconectados em cada bateria, pois pode haver mais de uma bateria e vários locais. Antes de desconectar os cabos da bateria, o investigador deve garantir que a atmosfera esteja adequadamente ventilada e livre de vapores explosivos. Durante a desconexão, os arcos dos terminais da bateria podem causar incêndio ou explosão.

29.3.5.3.2 Inversores. Inversores que convertem energia dc para 120/240 volts ac são frequentemente encontrados em barcos e, após documentação e fotografia adequadas, devem ser desabilitados desconectando a alimentação de entrada dc.

29.3.5.3.3 Energia em Terra. Após a documentação adequada, as fontes de alimentação em terra (conjuntos de cabos) devem ser desenergizadas e desconectadas. Isso deve ser feito antes de conduzir uma investigação.

29.3.5.4 Vazamentos de Combustível. Combustíveis de motor, combustíveis de aquecimento e combustíveis de cozinha, incluindo propano de sistemas de gás LP a bordo, podem vazar devido a danos causados por incêndio e explosão ou durante a atividade de investigação. Esses vazamentos podem produzir riscos de incêndio adicionais. Os investigadores devem estar alertas para a presença de tais vazamentos e estar preparados para prevenir ou mitigar esses perigos.

29.3.5.5 Reservatório de Esgoto. Barcos que contêm tanques de retenção de esgoto podem acumular gás metano. Técnicas adequadas de ventilação e prevenção de explosão devem ser empregadas durante a investigação da cena do incêndio. Os tanques de retenção de esgoto podem ser danificados e, se o conteúdo escapar, pode ser encontrado um risco biológico. Deve-se ter cuidado ao trabalhar em áreas contendo esgoto.

29.3.5.6 Gás Hidrogênio.O gás hidrogênio pode estar presente em qualquer compartimento da bateria. Deve-se tomar cuidado para evitar descargas estáticas, curtos-circuitos e arcos durante a remoção de cabos e baterias.

29.3.5.7 Outros Contaminantes de Hidrocarbonetos. Os diversos fluidos encontrados a bordo dos barcos, assim como os resíduos da combustão, contêm hidrocarbonetos que geralmente são contaminantes ambientais. Além disso, a presença desses contaminantes representa um risco de incêndio e também apresenta perigo de escorregões e quedas.

29.3.5.8 Estabilidade. Uma das situações mais perigosas que um investigador pode encontrar ao examinar um barco à tona após um incêndio é a falta de estabilidade. A água que entra nos porões e nas seções inferiores do barco das atividades de combate a incêndios pode causar instabilidade. O investigador deve garantir que o barco esteja estável e seguro para trabalhar antes da entrada para fins de investigação. O barco deve ser desaguado antes da entrada para a investigação. Se o barco inclinar para um lado ou virar, o investigador pode ficar preso.

29.3.5.9 Danos à Estrutura do Barco.O barco pode ter sofrido danos suficientes devido ao incêndio, tornando-o inseguro. A integridade estrutural pode ser comprometida e o peso do investigador pode causar o colapso do deck, resultando ainda em instabilidade. Incêndios envolvendo o interior podem causar danos estruturais, enfraquecimento do deck ou enfraquecimento dos suportes estruturais, semelhantes aos danos das estruturas terrestres.

29.3.5.10 Cais, Docas e Molhes. Como os cais, docas e molhes ficam perto da água, a infestação de algas marinhas, lodo e superfícies escorregadias se tornam um perigo para o investigador. O investigador deve ter cuidado ao entrar nessas áreas e ao acessar barcos sujeitos a danos causados pelo fogo. Deve-se também tomar cuidado para garantir a estabilidade estrutural dos cais, docas e molhes que estão ligados ou em contato com uma embarcação que tenha sido submetida ao fogo. A listagem de embarcações pode fazer com que essas estruturas sejam enfraquecidas e/ou desmoronem se estiverem em contato com a estrutura ou ainda amarradas a essas estruturas.

29.3.5.11 Barco Submerso. Os barcos submersos ou submersos devem ser inspecionados e documentados fotograficamente antes da recuperação, se possível. Quando for necessário realizar uma investigação de um barco que afundou ou está parcialmente submerso, use pessoal qualificado para realizar a observação submarina e a busca do local. Os esforços de recuperação devem ser gerenciados para reduzir a interrupção e alteração do barco e seus acessórios antes do início das atividades de investigação na superfície ou em terra. As operações subaquáticas podem ser monitoradas a partir da superfície.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

Apenas mergulhadores qualificados devem realizar investigações subaquáticas.

29.3.5.12 Sinais Visuais de Socorro e Pirotecnia. Muitos barcos carregam dispositivos de sinalização de socorro. Esses dispositivos podem consistir em pirotecnias que podem ser prejudiciais ao investigador se ocorrer ativação acidental. O investigador deve ter o cuidado de descobrir e proteger tais dispositivos.

29.3.6 Aberturas. Os barcos estão equipados com todos os tipos de aberturas, algumas para acesso aos espaços abaixo do convés e outras para acesso ao armazenamento. Algumas aberturas são evidentes, outras não; alguns são cobertos por escotilhas. Após um incêndio, podem ter ocorrido danos nas escotilhas e outros tipos de tampas que ocultam aberturas no convés. Essas áreas de convés podem estar cobertas por água e as aberturas podem estar ocultas, criando um perigo para o investigador desavisado.

29.4 Identificação e Função do Sistema.

29.4.1 Sistemas de Combustível: Propulsão e Auxiliar.

29.4.1.1 Carburado a Vácuo/Baixa Pressão. Os sistemas de motor interno e interno/externo (I/O) carburados a bordo dos barcos diferem dos motores automotivos, pois os carburadores não permitem o escape de combustível do venturi em caso de inundação. Isso é conseguido, em parte, por uma mudança no conjunto de gaxetas do carburador quando em uso marítimo. Carburadores em uso marítimo são obrigados a atender 33 CFR 183.526, “Carburadores”. Os carburadores devem ser equipados com corta-chamas.

29.4.1.2* Sistemas de alta pressão/injeção de combustível marítimo, incluindo sistemas de retorno.Os sistemas de injeção de combustível em motores internos e de E/S em barcos geralmente incluem um corpo de borboleta, plenum e conjunto de trilho de combustível, sensor de detonação e módulo de controle do motor. O design do sistema é exclusivo para cada fabricante de motores marítimos. Em alguns casos, o sistema de injeção de combustível para um determinado modelo de motor pode ter três ou mais versões diferentes. É importante que o investigador registre o número de série do motor e entre em contato com o fabricante para estabelecer qual projeto de sistema é aplicável. O sistema de armazenamento e entrega de combustível a bordo dos barcos são sistemas de baixa pressão e o tanque é ventilado. Embarcações movidas a gasolina construídas após 1º de agosto de 2012 devem atender aos requisitos da EPA para emissões evaporativas. Essas embarcações terão sistemas fechados que podem apresentar tampas de combustível especializadas, respiros, recipientes de carbono, válvulas de alívio e controles diurnos.

29.4.1.3* Diesel.Os motores diesel instalados em barcos utilizam sistemas de injeção de combustível específicos do fabricante. Alguns desses motores requerem um sistema de partida de 24 volts, enquanto o barco opera com um sistema de 12 volts. Os requisitos de ar de combustão e a temperatura ambiente da casa de máquinas exigem grandes trocas de ar no compartimento. Os requisitos do sistema de combustível são semelhantes aos da gasolina.

29.4.2 Sistemas de Combustível: Cozimento e Aquecimento.

29.4.2.1* Gases Liquefeitos de Petróleo.Os gases liquefeitos de petróleo (GLP) podem ser usados como combustível para cozinhar ou para aquecimento. O cilindro de GLP deve estar dentro de um compartimento ventilado do fundo para o lado de fora do barco. Se estiverem instalados aparelhos de cozedura a GPL, todos os outros aparelhos têm de estar protegidos contra ignição. Dispositivos de cozimento com recipientes de GLP integrais de menos de 450 g (16 oz) são cobertos pela ABYC A-30,*Aparelhos de Cozinhar com Cilindros de GLP Integrais*.O GLP pode ser usado para cozinhar ou combustível de aquecimento quando o aparelho atende aos requisitos da ABYC A-26,*Aparelhos movidos a GLP e GNV.*

29.4.2.2* Gás Natural Comprimido.O gás natural comprimido (GNC) tem sido usado como combustível de cozinha a bordo de alguns barcos desde a década de 1980; no entanto, sua popularidade diminuiu nos últimos anos. O cilindro de GNV pode estar localizado em alojamentos espaços se o cilindro for inferior a 2,8 m^3(100 $pés^3$). O GNV pode ser usado como combustível de cozinha ou aquecimento quando o aparelho atende aos requisitos da ABYC A-26,*Aparelhos movidos a GLP e GNV*.

29.4.2.3* Álcool.O álcool pode ser utilizado como combustível em fogões de cozinha. O tanque de combustível pode ser um componente integral do fogão ou um recipiente separado. O combustível pode ser pressurizado pelo uso de uma bomba manual.

29.4.2.4 Combustíveis Sólidos. Combustíveis sólidos, incluindo madeira e carvão, são usados em aparelhos a lenha conforme coberto pela NFPA 302.

Δ **29.4.2.5 Diesel.**O combustível diesel às vezes é usado para cozinhar e aquecer aparelhos quando de acordo com NFPA 302, ABYC A-3,*Fogões de cozinha*, e ABYC A-7, *Combustível Líquido e Sólido Sistemas de aquecimento de barcos* .

29.4.3 Turbocompressores/Supercarregadores. Embarcações a diesel e gasolina com motor de popa e I/O podem ser equipadas com turbocompressores/ supercarregadores.*(Veja a figura 29.4.3.)* Essas unidades costumam usar óleo de lubrificação do motor para fins de lubrificação e refrigeração. As unidades são equipadas com mantas térmicas, jaquetas de água ou uma combinação de ambos, pois suas temperaturas de operação excedem a temperatura de ignição dos materiais da sala de máquinas ao redor. Os turbocompressores são alimentados por gases de escape quentes e enviam ar pressurizado para a entrada de combustão. Supercarregadores, alimentados por uma correia de acionamento do motor, injetam ar comprimido na entrada de combustão.

29.4.4 Sistema de exaustão.

29.4.4.1 Os sistemas de exaustão a seco geralmente liberam os gases de propulsão ou de combustão auxiliares verticalmente através de um tubo coberto com uma manta isolante de calor. Isso não é comumente encontrado em barcos de recreio.

29.4.4.2 Os sistemas de escapamento úmido utilizam água do mar (doce ou salgada) que é injetada no cotovelo de escapamento do motor e viaja com o escapamento até sair do barco. O silenciador (se fornecido) e as mangueiras do sistema úmido são projetados especificamente para a temperatura esperada e as condições ambientais de acordo com ABYC P-1,*Instalação de Sistemas de Exaustão por Motores de propulsão e auxiliares* e NFPA 302.

29.4.4.3 Os sistemas de exaustão sem água removem a água do fluxo de exaustão no silenciador e geralmente a direcionam para o gio enquanto os gases de exaustão são direcionados pelo fundo do barco, de acordo com ABYC P-1,*Instalação de Sistemas de Exaustão para Motores de Propulsão e Auxiliares*.

29.4.5 Sistemas Elétricos.

29.4.5.1A corrente alternada (ac) em barcos é fornecida por energia em terra, geradores ou inversores. Quando a corrente alternada é fornecida por meio de uma tomada “shore power”, ela deve atender à NFPA 303 e ao Artigo 555 da*NFPA 70*. Os sistemas de corrente alternada a bordo dos barcos devem atender a 33 CFR 183.435, “Condutores em circuitos de 50 volts ou mais”. Informações adicionais sobre sistemas AC podem ser encontradas no Capítulo 8 da NFPA 302, ABYC E-11, *Sistemas elétricos CA e CC em barcos*, e 33 CFR 183.401-183.460, "Sistemas Elétricos".

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

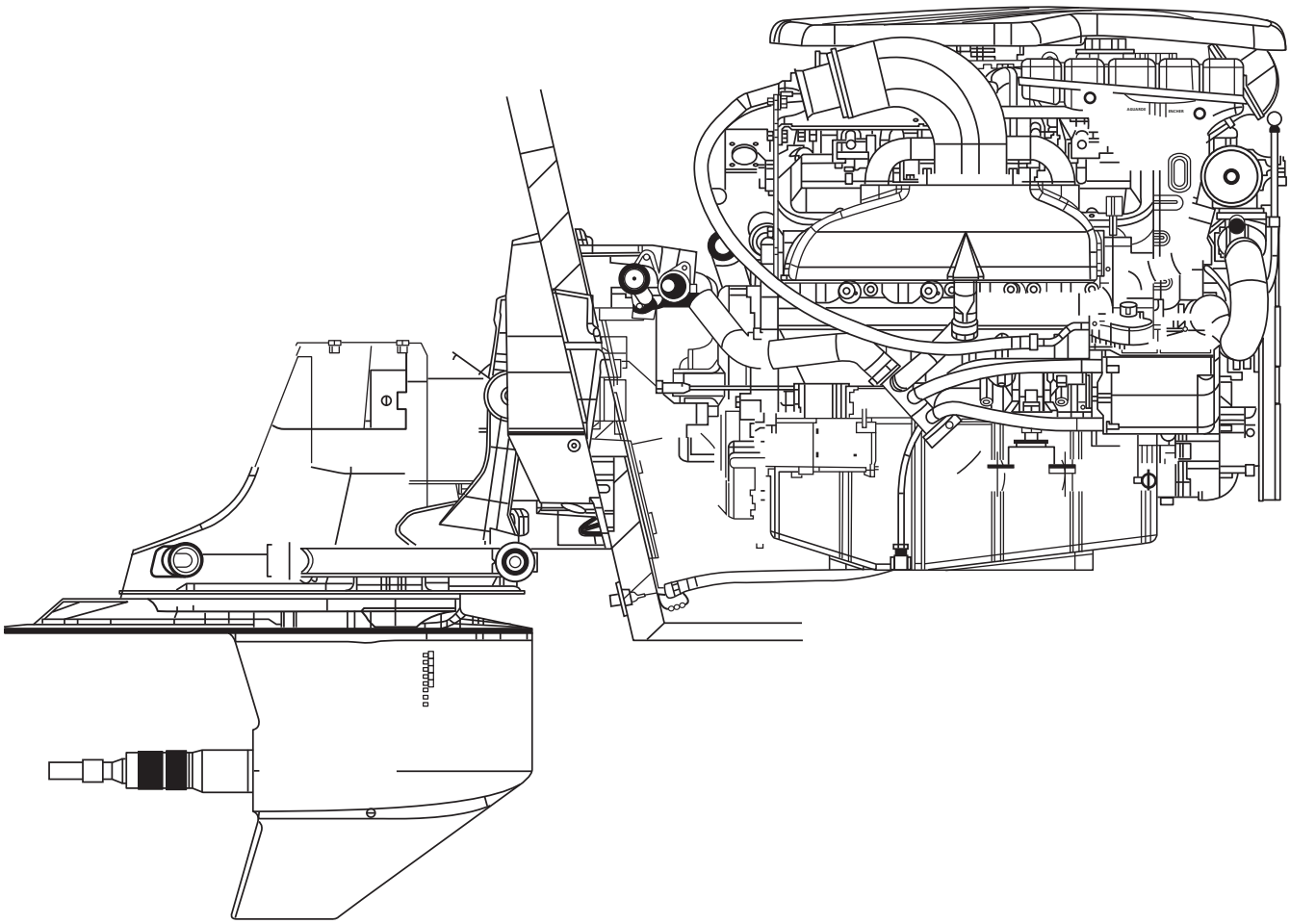


FIGURA 29.4.3 Perfil interno/externo do drive.

29.4.5.2 Os sistemas de corrente contínua (dc) a bordo dos barcos são — normalmente alimentados por baterias e fornecem energia elétrica para iluminação, comunicações e equipamentos de navegação.EU Deve atender 33 CFR 183.430, "Condutores em circuitos de 50 Volts ou menos" e 33 CFR 183.440, "Circ secundáriovocê é de Sistemas de Ignição." Informações adicionais sobre sistemas CC podem ser encontradas em NFPA 302, ABYC E-11,*AC e DC Elec.t sistema ricos* e 33, CFR 183.401-183.460, "Elétrico Sistemas. "

29.4.6 Sistemas de Arrefecimento do Motor.

29.4.6.1 Sistema de refrigeração líquidae ms em barcos internos e de E/S são categorizados em dois grupospinVOCê ompanhia de água do marole um ª fechada resfriado. Os motores refrigerados a água do mar captam a água do mar através de um water bombear e circulá-lo através do motor e disc ha gt através de tele e eu sistema de exaustão. C circuito de sistemas de refrigeração perdidaut ae a água do mar através de umea t permutador e depois no sistenta de escape. O refrigerante do trocador de calor é geralmente uma mistura 50/50re de propilenoglicol umand agua. Interior, EU/ O, e au xiliar yn e aplicações de motor i n barcos não são refrigerados a ar.

29,4.7 Ventilação.

29.4.7.1 Permanentemente instalartanques de combustível ed são ventilados do superior por meio de uma mangueira direcionada ao mar e estão equipados com um corta-chamas. A ventilação dos tanques de combustível é obrigatória sob 33 CFR 183.520. Informações adicionais podem ser encontradas em 5.6.10–5.6.12 do NFPUMA 302 e ABYC H-24.13,*Sistemas de Combustível a Gasolina*. Navios movidos a gasolina construídos após 1º de agosto, 20 12, deve atender a EP Requisitosf ou emissões evaporativas seUs. Teste vaso eeu s wieu tenhoc sistemas perdidos que podem apresentar spedi Zcombustível ed tampas, ventilaçõs, carb em recipientes, válvulas de alívio e controles diurnos.

29.4.7.2*Os compartimentos do tanque de combustível de gasolina devem ser rali ventilard (não para rced) para a atmosfera de acordo com com 33 CFR 183.601, "Vaté ção—aplicabilidade" e 33 CFR 183.620, "Ven ação naturaln sy hasties." Para requisitos relativos à ventilação de diesel tan k compartimentos referem-se a AB YC H-32,*Ventilação de Barcos Usando Combustível Diesel*.

29.4.7.3 Motor a gasolina e m acOin er y compartimentos são rég obrigado ab epotência vpt tilcordii de acordo com 33 CFR 183.610,"Pow ed ve ntiluma sistem."

29.4.7.4 Espaços de alojamento em barcos podem ser equipados com escotilhas e luzes de bombordo (vigias), que podem fornecer ventilação natural a Alguns barcos são equipados com aberturas douradas ou outras tampas de ventilação na parte superior da cabine que fornecem ventilação o tempo todo. A presença desses dispositivos pode resultar em padrões incomuns de ventilação contra incêndio que devem ser considerados durante a investigação.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

29.4.7.5 Os porões do motor e dos compartimentos de combustível devem ser ventilados conforme especificado neste capítulo. O porão nas áreas de acomodação não precisa ser ventilado.

29.4.8 Transmissões.

29.4.8.1 Transmissões de engrenagens mecânicas geralmente não são encontradas em motores internos. Os motores de propulsão de popa e E/S possuem uma transmissão mecânica localizada na caixa de engrenagens.

29.4.8.2 Transmissões com engrenagens hidráulicas são encontradas em motores internos e em alguns motores I/O (barcos de alto desempenho). Essas unidades têm seu próprio óleo e resfriador. O óleo lubrificante geralmente tem peso SAE 90.

29.4.9 Acessórios.

29.4.9.1 Os compressores de ar condicionado são integrados em unidades de trocador de calor que utilizam a água do mar como meio para transferir o calor de e para as serpentinas. Estas unidades estão geralmente localizadas no espaço de alojamento, mas podem estar localizadas na casa das máquinas.

29.4.9.2A direção hidráulica é realizada por uma bomba acionada por correia e localizada no motor de propulsão.

29.4.9.3 Os compressores de refrigeração geralmente estão localizados dentro do aparelho e geralmente são alimentados por corrente CA e/ou CC. Caso um refrigerador de GLP esteja em uso em um espaço de acomodação, é necessário atender à UL 1500,*Padrão para Teste de Proteção de Ignição de Segurança para Produtos Marítimos*.

29.4.9.4A geração de energia elétrica deve ser fornecida por sistemas montados permanentemente utilizando o tipo de combustível do motor de propulsão (gasolina ou diesel) com seu próprio sistema de fornecimento de combustível que atenda a todos os requisitos aplicáveis do tipo de combustível. As unidades geralmente são montadas na sala de máquinas e, se alimentadas a gasolina, devem ser protegidas contra ignição conforme exigido pela 33 CFR 183.410, "Proteção contra ignição". Outras fontes de fornecimento de energia elétrica que devem ser consideradas na investigação são carregadores de bateria, inversores, geradores portáteis, etc.

29.4.9.5 Sistemas Hidráulicos.

29.4.9.5.1 As guias de compensação são alimentadas por um motor de bomba que geralmente é protegido contra ignição e está localizado adjacente a um pequeno tanque hidráulico montado próximo ao gio.

29.4.9.5.2*Sistemas de propulsores hidráulicos estão disponíveis e geralmente são usados em barcos maiores.

29.4.9.5.3 Os sistemas de direção hidráulica usam bombas e tubulações mecânicas ou elétricas, rígidas ou flexíveis, em um sistema fechado para auxiliar na direção do barco. Este sistema fechado contém fluido hidráulico junto com conexões elétricas que podem representar uma fonte de ignição para fluidos que escapam.

29.5 Exterior.

29.5.1 Construção do Casco.O investigador deve estar familiarizado com a composição do barco. Os materiais de construção gerais para barcos são madeira, aço, alumínio, ferrocimento e plástico reforçado com fibra de vidro (FRP). Materiais de construção de madeira e FRP devem ser considerados ao identificar as cargas de combustível. Alguns barcos de PRFV utilizam material de núcleo, como balsa ou espuma de alta densidade, que durante um incêndio atua como isolante de condução térmica.

29.5.2 Material de Construção da Superestrutura. Os materiais usados na construção das cabines e outras estruturas acima do convés principal são geralmente os mesmos usados para o casco.

29.5.3 Convés. Os conveses são geralmente os mesmos que os materiais de construção do casco; no entanto, eles podem ser embutidos ou revestidos com madeira, o que aumenta a carga de combustível.

29.5.4 Acessórios Externos. Acessórios são itens ou equipamentos localizados no exterior de um barco, como equipamentos de comunicação, antenas, auxílios à navegação, luzes de busca, luzes de navegação, estabilizadores, corrimãos, cabos, pára-lamas, dispositivos de flutuação pessoal (PFDs), botes salva-vidas , almofadas de assento, mastros, retrancas, velas e lençóis. Alguns ou todos esses itens ou equipamentos podem ser combustíveis.

29.6 Interior.

29.6.1 Materiais de Construção. Devido a preocupações com o peso, a construção interior de um barco pode utilizar materiais diferentes daqueles encontrados em uma residência normal. Os interiores são geralmente construídos a partir de material plástico reforçado com fibra (FRP) e/ou materiais de construção convencionais, como madeiras maciças e compensados e folheados de grau externo. Materiais incombustíveis, como aço ou alumínio, podem ser usados para componentes estruturais, como anteparas.

29.6.2 Acabamentos. Os acabamentos internos, incluindo painéis de madeira e piso acarpetado (sola), são geralmente semelhantes aos encontrados em residências e veículos recreativos. Cargas de fogo anormais podem existir na forma de carpetes e outros materiais sintéticos utilizados como acabamentos verticais e suspensos. Óleos orgânicos (óleo de linhaça ou óleo de tungue) e vernizes, tintas, etc., que são usados em acabamentos de interiores, podem contribuir para a facilidade de ignição e propagação do fogo. As superfícies do balcão podem ser sintéticas (laminado plástico) ou folheadas de madeira.

29.6.2.1 Acomodação Mobiliário. Alojamento móveis são aqueles itens dentro de um barco que estão localizados em áreas projetadas para serem ocupadas por pessoas. Espumas revestidas de tecido utilizadas em camas e outros tipos de móveis são comumente encontradas, e são semelhantes às de residências e alguns veículos automotores, incluindo veículos recreativos.

29.6.2.2 Acessórios Interiores. Os acessórios internos podem incluir velas, lamparinas a óleo e outros dispositivos de chama aberta. Pequenos aparelhos normalmente encontrados em residências, incluindo televisores, rádios, aparelhos de som e ventiladores, são usados em barcos. Esses acessórios internos podem ser uma fonte de ignição.

29.6.2.3 Compartimentos do Motor/Máquinas. Os compartimentos de motores e máquinas dos barcos podem conter, além dos motores de propulsão, baterias, inversores de grupos geradores auxiliares (para a produção de energia CA de 120/240 volts a bordo do barco), tanques de armazenamento (combustível, água, esgoto, fluido hidráulico) , bombas de porão, fiação do sistema elétrico CA e CC e, em alguns casos, painéis elétricos CA e CC. Os compartimentos do motor podem ser equipados com equipamento fixo de sistema automático de extinção de incêndios (projetado ou pré-projetado). Antes de entrar em espaços cobertos por sistemas automáticos de extinção de incêndio, o investigador deve certificar-se de que o sistema está desativado ou inoperante. Caso o sistema funcione enquanto o investigador estiver dentro do compartimento, a atmosfera pode se tornar tóxica, ou tornar a área inabitável devido à falta de oxigênio da descarga do agente extintor.

29.6.2.4 Detectores de Vapor Inflamável/Explosivo. Esses detectores geralmente estão localizados no(s) compartimento(s) do motor e são

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 29.6.2.4 Explosão de Vapor Interior.

projetado para detectar vapores inflamáveis fugitivos*(Veja a figura 29.6.2.4).* Detectores também podem ser encontrados na parte inferior dos espaços de alojamento. Localizar e examinar esses detectores e seus circuitos operacionais pode fornecer dados indicando se o dispositivo estava funcionando no momento do incêndio.

29.6.2.5 Armazenamento e Retenções. Armazenamento e porões são frequentemente encontrados em lazarettes, sob o convés ou debaixo de beliches em espaços de alojamento. Eles são fornecidos para o armazenamento de equipamentos e suprimentos diversos e podem conter muitos tipos diferentes de materiais combustíveis que devem ser levados em consideração ao realizar uma investigação de incêndio. O armazenamento inadequado de panos e materiais contendo restos de óleos orgânicos usados na manutenção de acabamentos internos pode ser suscetível ao aquecimento espontâneo.

29.6.2.6 Tanques de Combustível. Os tanques de combustível em barcos são geralmente construídos de aço, alumínio, polietileno reticulado ou fibra de vidro e fibra de vidro com resina retardante de fogo. Esses tanques estão sujeitos a padrões rígidos de construção e teste de acordo com 33 CFR 183, Subparte J. As conexões e mangueiras de combustível devem ser aprovadas e exibir uma designação da Guarda Costeira dos EUA. O investigador pode encontrar conexões e mangueiras feitas de neoprene, borracha sintética, laminados flexíveis multicamadas, metal ou nylon, todos aprovados ou não. Eles podem ser uma fonte de vazamento devido à deterioração causada por vibração, idade, calor, danos mecânicos, etc., ou por corrosão devido à água (especialmente água salgada). O investigador deve certificar-se de que as conexões e mangueiras são adequadas para o uso específico.

29.7 Sistemas de Propulsão.

29.7.1 Sistemas Elétricos. Embora geralmente não sejam usados como fonte principal de propulsão, muitos barcos são equipados com motores elétricos de pesca alimentados por baterias. Esses sistemas incluem o motor, uma ou mais baterias e os condutores elétricos usados para fornecer a energia das baterias ao motor.

29.7.1.1 Propulsores de proa e popa. Os propulsores de proa e popa são hélices motorizadas acionadas eletricamente localizadas em túneis horizontais à frente e atrás do barco. Esses sistemas são geralmente de 12 ou 24 volts dc e utilizam um circuito de baixa amperagem para operar um solenóide e um circuito de alta amperagem para operar o propulsor. A proteção do circuito deve ser classificada de acordo com cada circuito. A proteção do circuito térmico também é comumente instalada para o circuito de alta amperagem.

29.7.2 Combustíveis para Barcos com Sistemas de Propulsão Motorizados.

29.7.2.1 Sistemas de Combustível. Os sistemas de combustível encontrados em barcos incluem os do motor, aparelhos e geradores elétricos.

29.7.2.1.1 Motores. Três categorias gerais de motores comumente encontrados e seus sistemas de combustível são motores de popa com tanques de combustível autônomos ou portáteis; gasolina interna e motores diesel internos.

29.7.2.1.1.1 Motores de popa (Motores de popa). Os motores de popa incluem motores a gasolina de dois e quatro tempos, com sistemas carburados ou com injeção de combustível. Os motores de dois tempos usam misturas de combustível e óleo, com o óleo pré-misturado com a gasolina ou fornecido em um reservatório separado e misturado automaticamente ao combustível. Os princípios básicos dos sistemas de quatro ciclos são semelhantes aos motores de automóveis, conforme discutido no Capítulo . Nos motores de popa, o 26 combustível é fornecido por meio de um sistema de fornecimento de combustível de baixa pressão que inclui uma bomba. A alta pressão necessária para sistemas de injeção de combustível é gerada por uma bomba de combustível montada no motor.*(Consulte a Figura 29.7.2.1.1.1.)*

29.7.2.1.1.2 Motores a Gasolina Internos. Os motores a gasolina internos são geralmente motores de quatro tempos. O sistema de combustível inclui tanques de combustível embutidos, linhas de combustível, filtros e bombas de combustível para fornecer combustível ao motor. Os tanques devem ser ventilados. Quando vários tanques de combustível são usados, eles geralmente são conectados com uma linha de equalização, comumente conhecida como coletor, para garantir que o peso do combustível permaneça distribuído uniformemente. A placa ao redor da porta de abastecimento deve ser conectada ao aterramento do barco, e o procedimento de abastecimento adequado requer que o bico de abastecimento esteja em contato com a placa do convés antes que a bomba da doca seja acionada para evitar descarga estática durante o reabastecimento. O objetivo da placa de enchimento é evitar que derramamentos acidentais de combustível sejam drenados para o casco. Todos os acessórios do tanque de combustível devem estar localizados na parte superior do tanque, e as linhas de combustível devem ser direcionadas acima do nível do tanque para evitar a drenagem acidental do tanque por uma válvula aberta ou linha com vazamento. Os barcos construídos após 1977 devem estar equipados com uma válvula anti-sifão instalada no tanque se a parte superior do motor estiver abaixo do nível da parte superior do tanque de combustível*(veja 7.5.3.5 da NFPA 302)*. Os requisitos da mangueira de combustível são especificados na NFPA 302 e outras referências aplicáveis, como 33 CFR 183.555, "Sistemas de combustível".*(Veja a figura 29.7.2.1.1.2 .)*



FIGURA 29.7.2.1.1.1 Incêndio do filtro de combustível externo.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

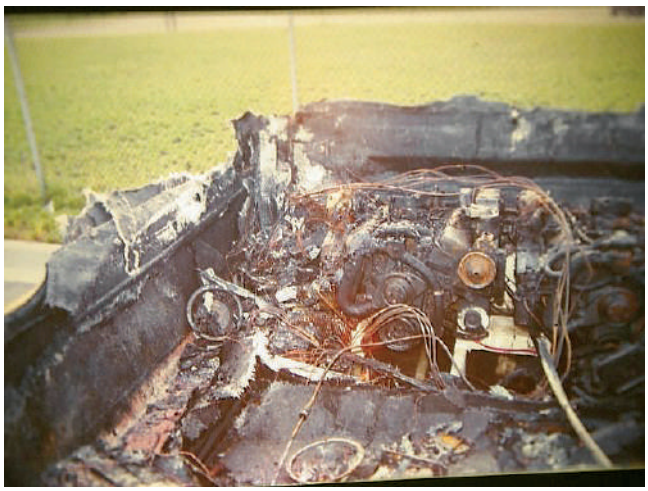


FIGURA 29.7.2.1.1.2 **Incêndio no compartimento do motor interno.**

29.7.2.1.1.3 Motores Diesel. Os princípios operacionais básicos dos motores diesel internos são semelhantes aos dos sistemas diesel automotivos, conforme discutido no Capítulo . Os sistemas de injeção de combustível de alta pressão para motores a diesel normalmente incluem uma linha de retorno de baixa pressão para o tanque de combustível.

29.7.2.1.1.4 Fluidos do Sistema de Propulsão. Todos os sistemas de propulsão contêm fluidos lubrificantes que podem ser amostrados e analisados após um incêndio para determinar as condições pré-incêndio.

29.7.2.2 Sistemas de Combustível do Aparelho.O gás liquefeito de petróleo (GLP) é o combustível mais comumente usado para sistemas de cozimento, aquecimento e refrigeração a bordo. As considerações são semelhantes às dos sistemas automotivos, conforme discutido no Capítulo . Uma consideração adicional para os barcos é o risco de que os vapores de vazamentos possam se acumular abaixo do convés ou no casco.

29.7.2.3 Geradores Elétricos. Geradores elétricos podem ser usados para fornecer energia para uma variedade de aparelhos em um barco. Os geradores são normalmente alimentados por uma linha de combustível separada do tanque de combustível do barco.

29.7.3 Outros Sistemas de Combustível Usados para Propulsão.

29.7.3.1A maioria dos barcos são movidos a combustíveis convencionais, como diesel e gasolina; no entanto, existem outros combustíveis (por exemplo, madeira, carvão vegetal, carvão e parafina) que ainda estão sendo usados em sistemas de propulsão a vapor.

29.8 Fontes de ignição. As fontes de energia de ignição em incêndios em barcos são geralmente as mesmas associadas a incêndios estruturais e de veículos (por exemplo, arcos, fiação sobrecarregada, chamas abertas e materiais fumegantes). Existem algumas fontes únicas que devem ser consideradas, como as superfícies quentes de turbocompressores e manifolds. Como algumas dessas fontes de ignição podem ser difíceis de identificar após um incêndio, as descrições em 7.4.1 a 7.4.5 são fornecidas para auxiliar no seu reconhecimento.

29.8.1 Chamas Abertas. Uma fonte comum de chama aberta em um motor carburado é um tiro pela culatra através de um carburador desprotegido.*(Veja a figura 29.8.1.)*Para evitar que essas chamas causando um incêndio, todos os barcos internos e de E/S devem ter um supressor de chamas aprovado conectado à entrada de ar com uma conexão à prova de chamas. Os supressores de chamas devem ser aprovados para uso marítimo pela Guarda Costeira dos Estados Unidos ou estar em conformidade com o Padrão da Sociedade de Engenheiros Automotivos



FIGURA 29.8.1 Incêndio do Carburador Interno.

SAE J1928, *Dispositivos que fornecem controle de chama de retorno para gasolina Motores em aplicações marítimas*. Uma causa frequente de incêndios no compartimento do motor é a falha do proprietário em manter o supressor limpo e livre de resíduos de óleo ou gasolina. Em barcos, queimadores e fornos em operação são fontes de ignição de chama aberta. Desde 1977, aparelhos com chamas piloto foram proibidos em barcos a gasolina de acordo com a lei federal dos EUA*(veja 33 CFR 183.410, "Proteção de ignição")*.

29.8.2 Fontes Elétricas. Quando o motor não está funcionando, as fontes de energia elétrica em um barco são as baterias, inversores ou geradores.*(Veja a figura 29.8.2.)*Sem bateria desconnect, vários componentes permanecem eletricamente conectados à bateria, mesmo que a chave de ignição esteja desligada e o motor desligado. Esses circuitos e componentes, como alternador, chave de ignição ou inversor e sistema de alimentação CC, podem falhar quando o motor está desligado. Por exemplo, a bomba de esgoto é normalmente instalada para permanecer energizada o tempo todo. O investigador deve determinar se o(s) motor(es) do barco estava(ão) funcionando no momento do incêndio. Um barco com o motor funcionando tem mais fontes potenciais de ignição (por exemplo, fios de ignição, alternadores, bombas elétricas de combustível) do que quando não está funcionando. Embora as peças de reposição com classificação marítima sejam exigidas pela lei federal dos EUA, podem estar presentes peças não marítimas que não sejam protegidas contra ignição. Um exemplo é a substituição de um alternador aprovado pela marinha por um alternador automotivo. A proteção de circuitos elétricos em barcos é fornecida por fusíveis, disjuntores ou elos fusíveis. Tal como acontece com estruturas ou veículos terrestres, qualquer um desses dispositivos de segurança pode ser alterado, contornado ou falhar. A instalação de equipamento adicional pode afetar o funcionamento de um dispositivo de segurança. Ao contrário dos sistemas elétricos da maioria das estruturas, os sistemas elétricos de um barco geralmente usam sistemas de corrente alternada (CA) e corrente contínua (CC). Os componentes metálicos localizados abaixo da linha de água são conectados eletricamente ou ligados ao lado negativo do sistema dc para fornecer proteção contra raios e evitar corrosão galvânica A instalação de equipamento adicional pode afetar o funcionamento de um dispositivo de segurança. Ao contrário dos sistemas elétricos da maioria das estruturas, os sistemas elétricos de um barco geralmente usam sistemas de corrente alternada (CA) e corrente contínua (CC). Os componentes metálicos localizados abaixo da linha de água são conectados eletricamente ou ligados ao lado negativo do sistema dc para fornecer proteção contra raios e evitar corrosão galvânica A instalação de equipamento adicional pode afetar o funcionamento de um dispositivo de segurança. Ao contrário dos sistemas elétricos da maioria das estruturas, os sistemas elétricos de um barco geralmente usam sistemas de corrente alternada (CA) e corrente contínua (CC). Os componentes metálicos localizados abaixo da linha de água são conectados eletricamente ou ligados ao lado negativo do sistema dc para fornecer proteção contra raios e evitar corrosão galvânica*(ver Capítulo 11 da NFPA 302)*. O lado negativo da bateria geralmente está conectado ao bloco do motor. O lado positivo da bateria fornece corrente para fusíveis, blocos de fusíveis ou um painel de disjuntores e para todos os equipamentos elétricos de corrente contínua. Com poucas exceções, todos os circuitos devem consistir em dois condutores: positivo e negativo. Nenhuma parte metálica do barco pode ser usada para o retorno negativo conforme NFPA 302. Sempre que um condutor positivo energizado, terminal ou componente entrar em contato com um condutor ou superfície aterrada, ocorrerá um circuito completo e poderá fornecer uma fonte de ignição

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA



FIGURA 29.8.2 **Gerador de fonte de energia.**

ção. Os barcos podem ter baterias e fiação a bordo semelhantes às utilizadas em veículos motorizados, bem como condutores de corrente alternada (AC) e acessórios semelhantes a uma estrutura. Eles também podem ser equipados com um conversor que transforma a corrente CA (doméstica) em energia CC para carregamento de bateria, iluminação e outros usos. Os barcos podem ser equipados com um gerador a bordo ou um inversor de CC para CA para fornecer corrente CA quando a energia da costa não estiver disponível*(ver Capítulo 10 da NFPA 302)*.

29.8.2.1 Fiação Sobrecarregada. Falhas na fiação podem aumentar a temperatura do condutor a ponto de deteriorar, derreter ou inflamar o isolamento, principalmente em cabos agrupados, como os chicotes elétricos ou a fiação acessória roteada dentro do barco, através de anteparas e em bandejas de cabos onde o calor gerado não é facilmente dissipada. Isso pode ocorrer sem ativar os dispositivos de proteção do circuito de sobrecorrente. A adição de acessórios, como rádios, sistemas GPS e radares, pode contribuir para a sobrecarga da fiação original de fábrica. O histórico pré-incêndio de adições de pós-venda e qualquer mau funcionamento elétrico anterior deve ser avaliado na análise de incêndio.

Δ **29.8.2.2 Curto-Circuito Elétrico e Arcos.**O arco elétrico pode ocorrer quando o isolamento de um condutor se torna desgastado, quebradiço, rachado ou danificado, permitindo que ele entre em contato com um condutor ou superfície aterrada. A falha de isolamento pode ocorrer como resultado de atrito, esmagamento ou corte de fios. Os cabos da bateria e do motor de partida não possuem proteção contra sobrecorrente e são projetados para transportar altas correntes capazes de inflamar materiais como acúmulos de óleo do motor, alguns materiais plásticos e isolamento da fiação elétrica.

29.8.2.3 Conexões Elétricas. Além das falhas elétricas associadas a uma estrutura ou sistema elétrico do veículo, falhas induzidas por corrosão podem ocorrer devido à exposição do barco à água e sal. Essa corrosão pode resultar em aquecimento de alta resistência, fornecendo energia suficiente para a ignição de combustíveis comuns adjacentes. As conexões elétricas de um barco devem ser protegidas de maneira semelhante às que compõem os sistemas elétricos de veículos automotores. Uma discussão detalhada sobre conexões ruins está localizada no Capítulo 9.

29.8.2.4 Relâmpago. Relâmpagos podem causar um incêndio no barco. Devido ao tamanho da carga do raio, um caminho de corrente imprevisto pode ocorrer em qualquer parte do barco a partir de um impacto direto. Este caminho de corrente imprevisto pode causar a ignição do material condutor, ou pode inflamar o material combustível próximo. Relâmpagos, seja diretamente no barco ou indiretamente perto do barco, pode danificar os componentes do sistema elétrico, criando falhas elétricas e potencialmente um incêndio. Uma discussão expandida sobre relâmpagos pode ser lida no Capítulo 9.

29.8.2.5 Eletricidade Estática e Arcos Incendiários.A eletricidade estática e os arcos incendiários podem ser uma consideração importante como fonte de ignição em um incêndio ou explosão em um barco. Vapores de gasolina estão frequentemente presentes durante a operação de reabastecimento, criando um combustível facilmente inflamável para este tipo de fonte de ignição. Esses vapores geralmente podem se acumular nos compartimentos abaixo do convés (por exemplo, compartimentos do motor, cabines, etc.). Vazamentos no sistema de combustível podem resultar na coleta de combustível no porão do barco com os vapores migrando para áreas onde a eletricidade estática pode ocorrer a partir da atividade normal. Uma discussão detalhada sobre a investigação de ignições elétricas estáticas e arcos incendiários pode ser encontrada na seção de eletricidade estática do Capítulo 9.

29.8.3 Superfícies Quentes.

29.8.3.1 Coletores. Coletores de escapamento e componentes do coletor podem gerar altas temperaturas suficientes para inflamar spray de diesel e gasolina vaporizada. O óleo do motor e o fluido da transmissão em contato com um coletor quente podem inflamar. Esses fluidos podem inflamar após o desligamento do motor devido à perda de água de resfriamento que flui através do motor. Quando o motor é desligado, o fluxo de água cessa e as temperaturas do coletor podem subir a um nível suficiente para inflamar fluidos atomizados ou vapores de combustível.

29.8.3.2 Sistemas de Exaustão. Comumente, os sistemas de exaustão em barcos são diferentes dos sistemas de exaustão encontrados em veículos motorizados. Uma diferença pode ser que a tubulação de exaustão e as mangueiras de um barco são refrigeradas a água. Os motores marítimos podem ser resfriados por água bombeada de fora do barco que passa pelo motor e é usada para resfriar o sistema de exaustão. A água é descarregada através do sistema de exaustão ao mar com os gases de exaustão. O sistema de exaustão de um barco pode produzir temperaturas suficientes para inflamar os combustíveis presentes no compartimento do motor se existirem certas condições, como quantidade reduzida ou nenhuma água de resfriamento, carga pesada do motor, condições de água agitadas e espaçamento inadequado do superfícies do sistema de escape a combustíveis.

29.8.3.3 Superfícies de Cozimento. As superfícies de cozimento do barco, se presentes, geralmente incluem um fogão ou forno. O calor é fornecido pela eletricidade ou pela queima de propano, gás natural comprimido ou álcool. A superfície quente do elemento de aquecimento elétrico ou a chama aberta do fogão a gás, forno ou superfície de cozimento em funcionamento normal pode inflamar combustíveis comuns encontrados em um barco da mesma maneira que ocorreria em uma estrutura.*(Consulte a Figura 29.8.3.3.)*A mesma análise usada em uma estrutura deve ser usada em um barco quando uma superfície de cozimento é considerada uma fonte de ignição. Uma discussão adicional sobre aparelhos pode ser encontrada no Capítulo 17.

29.8.3.4 Sistemas de Aquecimento. Alguns barcos utilizam gás combustível ou aquecedores elétricos. Combustíveis muito próximos a esses dispositivos produtores de calor podem resultar em ignição. Alguns barcos utilizam unidades de aquecimento/arrefecimento de ciclo reverso que operam em 120 volts CA e podem fornecer uma fonte de ignição elétrica.

29.8.4 Mecânico.

29.8.4.1 Falhas de rolamentos.A falha do mancal principal do motor geralmente não resulta em incêndio; no entanto, uma falha do rolamento em uma polia, motor, alternador ou bomba pode resultar em incêndio quando materiais combustíveis estiverem em contato ou próximos ao rolamento defeituoso. O dano ao rolamento após o incêndio exibirá danos físicos à pista ou ao rolamento.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

ings. Essas falhas do rolamento podem resultar na liberação ou expulsão de metal quente do rolamento.

29.8.4.2 Fricção. As correias de transmissão usadas em alguns motores marítimos são as mesmas usadas em veículos motorizados. As correias podem ser acionadas se a polia do componente falhar ou travar e o motor continuar funcionando. O deslizamento da correia pela polia do componente defeituoso pode produzir temperaturas suficientes para inflamar a correia, resultando em incêndio.

29.8.5 Materiais para Fumar. Em algumas circunstâncias, estofados, tecidos e materiais podem ser inflamados por um cigarro. Por exemplo, a ignição pode ocorrer se um cigarro aceso for isolado (por exemplo, cair entre as costas e as almofadas do assento, ou em papel, lenços de papel ou outros detritos). Este cenário pode ocorrer enquanto o barco está sendo rebocado. O assento de espuma de uretano, uma vez inflamado, queima facilmente e aumenta substancialmente a intensidade de um incêndio em um barco.

29.9 Documentando Cenas de Incêndio em Barcos. Em geral, os requisitos para registrar e documentar um incidente de incêndio em barco são semelhantes aos de estruturas e veículos. Sempre que possível, o barco deve ser examinado no local. Em muitos casos, no entanto, o investigador pode não ter a oportunidade de ver o barco no local. Por muitas razões, o barco pode ter sido movido antes que o investigador chegasse ao local. Freqüentemente, parte da documentação ocorre em um depósito de salvamento, oficina de reparos, marina, estaleiro ou armazém. O Título 33 CFR Parte 173 Subparte C exige que um relatório de acidente de barco da Guarda Costeira dos EUA (BAR) seja preenchido após qualquer incidente em que houve uma fatalidade, uma lesão que exija tratamento médico, danos a embarcações superiores a US $ 2.000 ou perda total. Esta informação deve ser enviada para os EUA

29.9.1 Em Terra. Inicialmente, o investigador deve determinar se o barco foi danificado em sua localização atual ou transferido após o incêndio. Se for determinado que o incêndio ocorreu em outro local, essa área deve ser examinada, se possível. Deve ser determinado se a energia em terra estava conectada ao barco no momento do incêndio. Os meios de conexão à energia externa devem ser identificados e registrados. A documentação deve incluir outras fontes potenciais de ignição e combustíveis nas imediações do barco no momento do incêndio. Deve ser determinado se o barco estava em um trailer ou devidamente armazenado em terra no momento do incêndio. Um barco armazenado incorretamente pode ser evidência de abandono, negligência ou roubo.



FIGURA 29.8.3.3 **Cozinhando o fogo de superfície.**

29.9.2 Na Água. Como em terra, o investigador deve determinar se o barco que está na água foi danificado em sua localização atual ou realocado após o incêndio. Se for determinado que o incêndio ocorreu em outro local, essa área deve ser examinada, se possível. Deve ser determinado se a energia em terra estava conectada ao barco no momento do incêndio. Os meios de conexão à energia externa devem ser identificados e registrados. A documentação deve incluir outras fontes potenciais de ignição e combustíveis nas imediações do barco no momento do incêndio. Deve ser determinado se o barco estava atracado, ancorado ou em andamento. Pode ser necessário, quando viável, realizar um exame subaquático no local do incêndio para possíveis evidências.

29.9.2.1 Amarrado.O local onde o barco estava atracado deve ser examinado quanto à presença de potenciais fontes de ignição e combustíveis que normalmente não são considerados parte do barco. O exame deve incluir o tipo ou estilo de estrutura (escorregamento, doca, paredão, etc.) à qual o barco estava atracado.*(Veja a figura 29.9.2.1 .)* O investigador deve considerar e documentar ment os materiais de construção e o tipo de estrutura porque esses materiais podem afetar a intensidade e a propagação do fogo. Além disso, o investigador deve considerar a possibilidade de o fogo ter se espalhado de outro barco ou outra fonte externa (incêndio de exposição).

29.9.2.2 Ancorado e em andamento.O investigador deve determinar se o incêndio ocorreu enquanto o barco estava ancorado, à deriva ou navegando, pois cada um pode fornecer fontes de ignição diferentes ou únicas. Como exemplo, enquanto ancorados, geradores, aparelhos de cozinha, etc. podem estar em operação que geralmente não estariam operando enquanto em movimento.

29.9.2.3 Subaquático.O exame subaquático só deve ser realizado por pessoal qualificado. Quando um barco está submerso como resultado de um incêndio, um exame subaquático do barco e da área circundante deve ser realizado e documentado, se possível. O principal objetivo deste tipo de exame é documentar a posição e condição do barco antes das tentativas de levantá-lo. O levantamento pode resultar no deslocamento ou perda de provas. *[Consulte a Figura 29.9.2.3(a) e a Figura 29.9.2.3(b).]*Danos à integridade estrutural restante do barco podem ocorrer durante as operações de elevação.

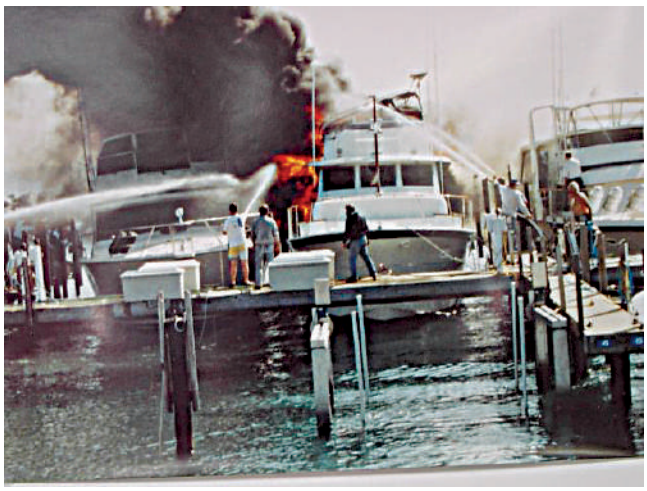


FIGURA 29.9.2.1 Incêndio Genérico em Barco.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

29.9.3 Identificação do Barco. Barcos, assim como veículos, possuem identificadores únicos, que podem variar, dependendo do fabricante e dos regulamentos locais.

29.9.3.1 Número de Identificação do Casco (HIN). Todo barco produzido ou importado para os Estados Unidos é obrigado a ter um HIN, marcado em um local primário e secundário. A localização principal varia, dependendo do ano de fabricação, mas normalmente está localizada na parte traseira direita (gipo de estibordo) abaixo do corrimão do barco. O HIN deve ser fixado permanentemente no casco do barco por meio de estampagem, gravação ou fixação de uma placa de plástico ou metal. *(Veja a figura 29.9.3.1.)*Como resultado de um incêndio, o HIN primário pode não estarão mais disponíveis e, portanto, as informações poderão ser obtidas do HIN secundário (duplicado). A localização do HIN secundário deve ser obtida junto ao fabricante, pois sua localização não é padronizada. No caso de inboards ou I/Os, o HIN pode ser determinado entrando em contato com o fabricante do barco e fornecendo os números de identificação do motor. O código de identificação do fabricante são as três primeiras letras do HIN. Os barcos caseiros também são obrigados a ter números HIN que são atribuídos pelo estado através do processo de registro, conforme exigido em 33 CFR 181.23, "Números de identificação de casco necessários".



FIGURA 29.9.3.1 **Número de identificação do casco (HIN).**

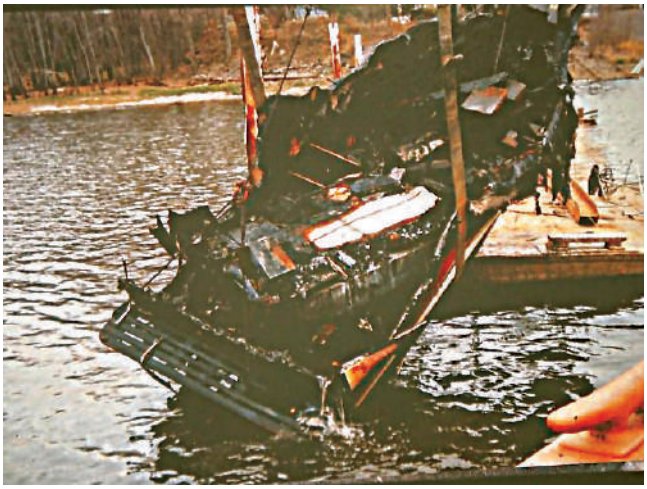


FIGURA 29.9.2.3(a) **Recuperação de barco afundado.**



FIGURA 29.9.2.3(b) **Recuperação de barco afundado.**

29.9.3.2 Números de Registro.A configuração e os locais de registro do barco são obrigatórios sob 33 CFR 173, Subparte B. Geralmente, o número de registro aparecerá próximo à proa do barco. As informações de propriedade podem ser obtidas através da autoridade reguladora local com base nessas informações de registro.

29.9.3.3 Números de Documentação da Guarda Costeira dos EUA. Alguns barcos podem não exibir números de registro. No entanto, eles podem ter recebido números de documentação da Guarda Costeira dos EUA que devem ser marcados permanentemente no interior do barco. Os documentos de documentação devem ser mantidos com esse barco.

29.9.3.4 Nome do Barco e Porto de Chamada. Se o barco estiver devidamente documentado, o porto de saudação e o nome seguirão os requisitos de documentação. Antigamente, o porto de granizo era o local onde normalmente o barco ficava atracado. Atualmente, o porto de saudação pode ser um local escolhido pelo proprietário do barco. Quando registrado pelo estado, não há exigência de nome de barco ou porto de saudação.

29.9.3.5 Histórico do Barco.O histórico geral do barco, por exemplo, idade, alterações, proprietários anteriores, reparos e registros de manutenção, podem fornecer informações valiosas ao investigador.

29.9.3.6 Histórico da cena do incêndio. Recomenda-se tentar desenvolver um cenário dos eventos que levaram ao incêndio, bem como a progressão do incêndio em si. O operador do barco, passageiros, transeuntes, bombeiros e policiais devem ser entrevistados. Essas informações podem ser usadas para auxiliar na investigação.

29.9.3.6.1 Ações Antes do Incêndio. Informações sobre a operação do barco imediatamente antes do incêndio podem ser obtidas do operador ou proprietário para determinar o seguinte:

(1) Quando o barco foi operado pela última vez e por quanto tempo
(2) O número total de horas no motor
(3) Se os sistemas do barco estivessem operando normalmente (mau funcionamento elétrico, parada do motor, manuseio anormal, como direção, etc.)
(4) Quando o barco foi reparado pela última vez (por exemplo, troca de óleo, reparos)

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

(5) Quando o barco foi abastecido pela última vez, incluindo a quantidade e o tipo de combustível
(6) Quando e onde o barco foi atracado pela última vez
(7) Quando a última vez que o barco foi observado antes do incêndio
(8) Que equipamento auxiliar foi relatado presente no barco (por exemplo, rádio de banda lateral única [SSB], CB, GPS, rádio VHF, localizador de profundidade, localizador de peixes, radar)
(9) Itens pessoais presentes no barco (por exemplo, roupas, ferramentas, itens recreativos, equipamentos de pesca, esquis)

29.9.3.6.2 Ações Durante o Incêndio. Se o barco estava ocupado ou em operação no momento do incêndio, as seguintes informações podem auxiliar na investigação:

(1) Há quanto tempo o barco está em operação e a que velocidades
(2) A rota
(3) Água e condições climáticas
(4) Quando e onde o odor, fumaça ou chama foi notado pela primeira vez
(5) Como o barco estava reagindo no momento em que o fogo foi notado pela primeira vez (por exemplo, mau funcionamento elétrico, indicações erráticas do medidor, corridas de automóveis, etc.)
(6) Ações tomadas pelo operador quando o incêndio foi notado pela primeira vez (por exemplo, ancoragem, ações se houver para extinguir o fogo por meio de sistemas portáteis ou automáticos, desconexão de energia, se e quando os funcionários públicos foram notificados)
(7) O período de tempo em que o fogo queimou antes de a ajuda ser chamada, bem como quando a ajuda chegou
(8) O tempo estimado que o fogo queimou até se extinguir e por que meios
(9) Outras observações

29.9.3.6.3 Ações Após o Incêndio. Informações sobre ações ou eventos após o incêndio podem ajudar o investigador. Esses podem incluir o seguinte:

(1) Informações sobre operações de salvamento, se aplicável (elevação, reboque, etc.)
(2) Agência de Proteção Ambiental (EPA) e ações de agências semelhantes, se houver
(3) Ações e localização de ocupantes e vítimas de incêndio
(4) Ações tomadas por outros funcionários públicos
(5) Investigações anteriores

29.9.4 Detalhes do barco. Uma vez que o barco tenha sido positivamente identificado como objeto da investigação, as funções mecânicas desse barco em particular, sua composição de material e sua reatividade ao fogo devem ser revisadas. O investigador pode achar útil examinar um barco exemplar, se estiver disponível, bem como a literatura de vendas e os manuais de serviço apropriados. Informações de recall sobre causas de incêndio em barcos do fabricante, modelo e ano podem ser obtidas na Guarda Costeira dos Estados Unidos em www.uscgboating.org/recalls e no site Consumer Product Safety em www.cpsc.gov.

29.10 Exame do Barco.

29.10.1 Geral. Tal como acontece com os incêndios estruturais, o primeiro passo é determinar uma área de origem. A maioria dos barcos pode ser dividido em topside/cockpit e três compartimentos principais. *(Veja a figura 29.10.1 .)* Os compartimentos são o compartimento do motor/combustível (às vezes o combustível está em um compartimento separado), o compartimento de acomodação ou cabine e o porão. O tamanho, construção e carga de combustível desses compartimentos podem variar consideravelmente.



FIGURA 29.10.1 **Marina Fogo.**



FIGURA 29.10.1.1.1 **Barcos queimados dentro do edifício do porto.**

29.10.1.1 Exame.

29.10.1.1.1 O exame do exterior do barco pode revelar padrões de incêndio significativos. Deve-se ter cuidado ao interpretar os padrões em torno das aberturas do motor e dos compartimentos de combustível, pois os sopradores podem estar operando durante o incêndio, afetando assim o padrão. *(Veja a figura 29.10.1.1.1 .)*

29.10.1.1.2 Um incêndio no compartimento de acomodação frequentemente causará falhas na parte superior da cabine de dentro para fora e pode deixar as outras áreas do barco praticamente intactas. A análise dos padrões de incêndio determinará se o fogo se espalhou de dentro do compartimento. As cabines são relativamente herméticas quando as aberturas de ventilação estão fechadas e alguns incêndios podem se auto-extinguir. As cabines podem ter equipamentos de cozinha que podem inflamar outros combustíveis. A disposição espacial da cabine, devido ao seu formato, pode influenciar nas características de propagação do fogo.

29.10.1.1.3 Os compartimentos de acomodação são normalmente usados para dormir, descansar, cozinhar, armazenamento, cabeça, etc. Essas configurações múltiplas resultam em fontes de ignição e cargas de combustível variadas. Como muitos desses compartimentos têm espaço vertical limitado, cascos inclinados e deslocamentos, estruturas normais

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

padrões estruturais invocados pelo investigador podem não estar presentes.

29.10.1.1.4 Os incêndios no motor e no compartimento de combustível geralmente estão relacionados ao vapor de combustível e isso pode consumir o compartimento, resultando na propagação do fogo para a cabine e outras partes do barco. Atenção deve ser dada ao carburador ou aos sistemas de injeção de combustível no motor, bem como aos componentes do sistema de ignição, sistemas de fornecimento de combustível e tanques de combustível. O sistema de exaustão deve ser inspecionado quanto a evidências de falha de calor (geralmente devido à falta de água), o que pode resultar na combustão de componentes próximos do barco.

29.10.1.1.5 As áreas de porão são relativamente estagnadas no ar, e a água que se acumula dentro do porão é frequentemente bombeada para fora através de uma bomba de porão que incorpora um interruptor de bóia (normalmente protegido contra ignição). O porão dentro de cada compartimento geralmente é segregado de outros compartimentos, permitindo que gases combustíveis mais pesados que o ar se acumulem dentro do porão. Gasolina, diesel ou óleo podem se acumular no porão e flutuarão em cima da água no porão. Devido à dificuldade de limpeza dos porões, podem estar presentes resquícios destes materiais no momento do incêndio. Uma vez estabelecido(s) o(s) compartimento(s) de origem, deve ser feita uma inspeção detalhada.

29.10.2 Exame de Sistemas de Barcos. Os sistemas individuais dentro do barco devem ser examinados para determinar seu papel, se houver, na causa do incêndio usando as identificações e funções do sistema descritas na Seção 29.4.

29.10.2.1O investigador deve inspecionar o tanque de combustível quanto a falhas na borda ou no fundo ou penetrações de corrosão que possam permitir a liberação de combustível fugitivo. As condições das mangueiras de enchimento e ventilação de combustível devem ser inspecionadas quanto a deterioração, atrito ou outros danos. O aterramento estático do tanque de combustível até o abastecimento de combustível do convés deve ser localizado e sua continuidade elétrica verificada.

29.10.2.1.1 Os tanques de combustível, quando expostos ao calor, geralmente apresentam uma linha de demarcação que representa o nível de combustível no momento em que o fogo foi extinto. Os tanques de combustível de plástico ainda podem estar intactos, indicando o nível de combustível no momento em que o fogo foi extinto.

29.10.2.2 Disjuntores, Interruptores, Alças e Alavancas. Durante a inspeção do interior do barco, a posição dos interruptores de disjuntores deve ser anotado para determinar sua posição.*(Veja a figura 29.10.2.2.)* Uma tentativa deve ser feito para determinar se as luzes de porta e escotilhas estavam abertas ou fechadas antes do incêndio. A posição do disjuntor alças, interruptores de bateria, gerador, transferência de energia em terra trocar, e assim por diante, deve ser anotado. Os interruptores de ignição devem ser examinados, se possível, quanto a sinais de chave, adulteração ou quebra da fechadura. A maioria desses elementos é feita de materiais que podem ser facilmente consumidos em um incêndio; no entanto, pode haver resíduos suficientes para auxiliar na investigação.

29.11 Barcos em Estruturas.

29.11.1 Barcos dentro de garagens e garagens devem ser examinados levando em consideração os combustíveis dentro da garagem ou garagem, especialmente ao considerar a origem. A transferência de calor de um incêndio originado na estrutura pode inflamar o barco.

29.11.2O armazenamento de barcos em edifícios (incluindo rack seco) está sujeito às normas da Seção 5.2 da NFPA 303.

29.11.3 Durante a determinação da origem e causa, os barcos atracados à tona em docas cobertas devem ser examinados com consideração

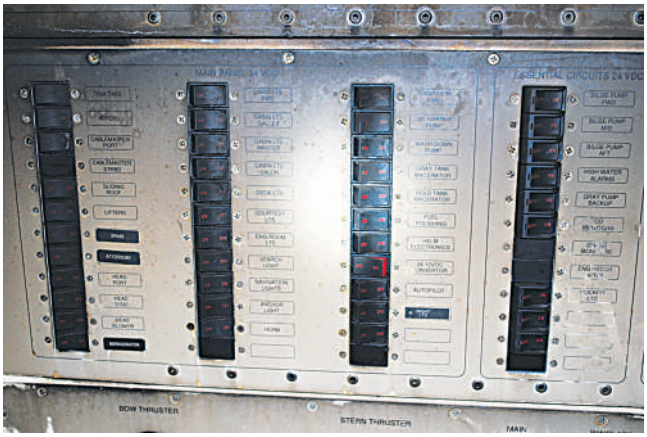


FIGURA 29.10.2.2 **Trocar de posições.**

da energia radiante refletida da camada quente desenvolvida sob o telhado e o papel de outras dinâmicas de incêndio do compartimento relevantes. Essas docas geralmente são flutuantes, e o serviço elétrico para e na doca também deve ser examinado ao avaliar a causa.

29.12 Considerações Legais. Circunstâncias únicas encontradas em um incêndio em um barco podem fazer com que a investigação do incêndio seja afetada pela lei do almirantado. O direito do almirantado é uma área específica do direito que exigirá assistência jurídica especializada. Outras considerações legais durante uma investigação de incêndio em barco são semelhantes às que envolvem outras investigações e podem incluir o direito de investigar, o direito de entrar e a espoliação e preservação de provas. Uma discussão completa sobre considerações legais pode ser encontrada no Capítulo 12.

Anexo A Material Explicativo

O Anexo A não faz parte das recomendações deste documento da NFPA, mas é incluído apenas para fins informativos. Este anexo contém material explicativo, numerado para corresponder aos parágrafos de texto aplicáveis.

A.3.2.1 Aprovado.A National Fire Protection Association não aprova, inspeciona ou certifica quaisquer instalações, procedimentos, equipamentos ou materiais; nem aprova ou avalia laboratórios de ensaio. Ao determinar a aceitabilidade de instalações, procedimentos, equipamentos ou materiais, a autoridade competente pode basear a aceitação na conformidade com a NFPA ou outros padrões apropriados. Na ausência de tais normas, a referida autoridade pode exigir provas de instalação, procedimento ou uso adequados. A autoridade competente também pode consultar as listagens ou práticas de rotulagem de uma organização que se preocupa com avaliações de produtos e, portanto, está em posição de determinar a conformidade com os padrões apropriados para a produção atual dos itens listados.

A.3.2.2 Código.A decisão de designar um padrão como um "código" é baseada em fatores como o tamanho e escopo do documento, seu uso pretendido e forma de adoção, e se ele contém disposições administrativas e de aplicação substanciais.

A.3.2.3 Guia. Existem outros órgãos normativos que definem a palavra*guia*diferente.

Copyright National Fire Protection Association
Fornecido pela IHS Markit sob licença com a NFPA

A.3.2.4 Recommended Practice. There are other standards-making bodies that define the term *recommended practice* differently.

A.3.2.5 Standard. There are other standards-making bodies that define the word *standard* differently.

A.3.3.1 Absolute Temperature. The Celsius and Fahrenheit scales are relative scales that use "degrees." The Kelvin and Rankine scales are absolute scales that do not utilize the term *degree*. Absolute zero is the lowest possible temperature, with 0 K being equal to –273°C, and 0 R equal to –460°F; 273 K corresponds to 0°C, and 460 R corresponds to 0°F.

A.3.3.25 Calcination of Gypsum. These changes may include the driving out of free and chemically bonded water as well as other chemical and physical changes to the gypsum component itself.

A.3.3.32 Combustible. A combustible material is capable of burning, generally in air under normal conditions of ambient temperature and pressure, unless otherwise specified; combustion can occur in cases where an oxidizer other than the oxygen in air is present (e.g., chlorine, fluorine, or chemicals containing oxygen in their structure).

A.3.3.33 Combustible Gas Indicator. Some units can indicate the percentage of the lower explosive limit of the air–gas mixture.

A.3.3.54 Empirical Data. Additional information and guidance can be found in ASTM E678–07, *Standard Practice for Evaluation of Scientific or Technical Data,* 2007.

Δ **A.3.3.72 Fire Chemistry.** The following is a list of references about fire chemistry:

Aseeva, R. and Zaikov, G. (1981), *Combustion of Polymer Materials*, Hanser Publishers, Munich.

Beyler, C., "Flammability Limits of Premixed and Diffusion Flames," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley. Gaithersburg, MD, 2016.

Cullis, C.F. and Hirschler, M.M. (1981), *The Combustion of Organic Polymers*, Clarendon Press, Oxford.

Drysdale, D. (2003), "Chemistry and Physics of Fire," *NFPA Fire Protection Handbook*, 19th edition, Section 2.3.

Fire, F. (1991), *Combustibility of Plastics*, Van Nostrand Reinhold, New York.

Friedman, R. (1998), *Principles of Fire Protection Chemistry and Physics*, 3rd edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Grand, A. and Wilkie, C. (2000), *Fire Retardancy of Polymeric Materials*, Marcel Dekker, New York.

Hirschler, M.M. (1992) "Heat release from plastic materials," Chapter 12 a, in "Heat Release in Fires," V. Babrauskas and S.J. Grayson, editors, Elsevier, London, UK, pp. 375–422.

Simmons, R. (1995), "Fire Chemistry," *Combustion Fundamentals of Fire*, ed. G. Cox, Academic Press, London.

Troitzsc-h, J. (2004), *Plastics Flammability Handbook*, Hanser Publishers, Munich.

Witokowski, A., Stec, A.A., and Hull, T.R., "Thermal Decomposition of Polymeric Materials," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

A.3.3.73 Fire Dynamics. See sources in Section B.1.

N **A.3.3.77 Fire Investigator.** The definition is based on the professional qualifications outlined in NFPA 1033.

A.3.3.81 Fire Science. See sources in Section B.2.

A.3.3.99 Full Room Involvement. Flashover is not a prerequisite for full room involvement. Flaming combustion can only occur at locations where sufficient oxygen is present.

A.3.3.106 Heat. Heat is measured in joules, calories, or Btus. Heat is not measured in °F or °C. The joule is the preferred unit. A joule/second is a watt. *(See 3.3.210.)*

A.3.3.109 Heat of Ignition. Heat energy comes in various forms and usually from a specific object or source. Therefore, the heat of ignition is divided into two parts: (a) equipment involved in ignition and (b) form of heat of ignition.

A.3.3.110 Heat Release Rate (HRR). The heat release rate of a fuel is related to its chemistry, physical form, and availability of oxidant and is ordinarily expressed as Btu/sec or kilowatts (kW).

A.3.3.114 Hybrid Mixture. In certain processes, flammable gases can desorb from solid materials. If the solid is combustible and is dispersed in the gas-oxidant mixture, as can be the case in a fluidized bed dryer, a hybrid mixture can also result. *(See also 6.2.3 of NFPA 68.)* [**68,** 2013]

N **A.3.3.116 Ignitible Liquid.** For additional guidance on combustible and flammable liquids, see NFPA 30.

A.3.3.119 Ignition Temperature. Reported values are obtained under specific test conditions and might not reflect a measurement at the substance's surface. Ignition by application of a pilot flame above the heated surface is referred to as pilot ignition temperature. Ignition without a pilot energy source has been referred to as autoignition temperature, self-ignition temperature, or spontaneous ignition temperature. The ignition temperature determined in a standard test is normally lower than the ignition temperature in an actual fire scenario.

A.3.3.136 Noncombustible Material. Materials that are reported as passing ASTM E136, *Standard Test Method for Behavior of Materials in a Vertical Tube Furnace at 750°C*, shall be considered noncombustible materials.

A.3.3.143 Overload. A fault, such as a short circuit or ground fault, is not an overload. *(See also 3.3.141.)*

A.3.3.147 Plastic. Plastics are usually made from resins, polymers, cellulose derivatives, caseins, and proteins. The principal types are thermosetting and thermoplastic.

A.3.3.187 Spontaneous Heating. The process results from oxidation, often aided by bacterial action where agricultural products are involved.

A.3.3.191 Temperature. The lowest possible temperature is absolute zero on the Kelvin temperature scale (–273° on the Celsius scale). At absolute zero it is impossible for a body to release any energy.

A.3.3.193 Thermal Expansion. The amount of this increase per degree temperature, called the coefficient of thermal expansion, is different for different substances.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

N **A.3.4 Canine Definitions.** For further information, see the following:

(1) SWGDOG SC1 Terminology, "Scientific Working Group on Dog and Orthogonal Detector Guidelines," approved 3/22/2011.
(2) SWGDOG SC2 General Guidelines, "Scientific Working Group on Dog and Orthogonal Detector Guidelines," approved 9/15/2009.

N **A.3.4.2 Certification.** The definition provided in this section is adapted in part or in whole from the Views of the Commission Certification of Forensic Science Practitioners, National Commission on Forensic Science, National Institute of Standards and Technology (NIST), May 2016.

N **A.3.4.4 Ignitible Liquid Detection Canines (IGL Canines).** The definition provided in this section is adapted in part or in whole from the SWGDOG SC1 Terminology, "Scientific Working Group on Dog and Orthogonal Detector Guidelines," approved 3/22/2011.

N **A.3.4.5 Scent Discrimination.** The definition provided in this section is adapted in part or in whole from the SWGDOG SC1 Terminology, "Scientific Working Group on Dog and Orthogonal Detector Guidelines," approved 3/22/2011.

A.4.1 For additional information, see the following publications:

Cooke, R. A., and R. H. Ide. 1985. *Principles of Fire Investigation*. Gloucestershire, UK: Institution of Fire Engineers, pp. 135–137.

DeHaan, J. D. 1997. *Kirk's Fire Investigation*. 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Brady/Prentice-Hall, Inc.

Kennedy, J., and P. Kennedy. 1985. *Fires and Explosions — Determining Cause and Origin*. Chicago, IL: Investigations Institute.

A.4.3.4 Additional guidance can be found in ASTM E678, *Standard Practice for Evaluation of Scientific or Technical Data*.

A.4.3.5 The inductive method is the reasoning process by which a person starts from a particular experience and proceeds to generalizations. The person may start with, "All apples I have eaten were sweet." From this he or she induces that apples are sweet. But the next apple may not be sweet. The inductive method leads to probabilities, not certainties. It is the basis of the common sense upon which persons act. It is also used in scientific discovery. Scientists use both induction and deduction. In deduction, scientists begin with generalizations. They deduce particular assertions from them. They might test their assertions by experiments, then confirm, revise, or reject their original generalizations. Using only deduction, people would ignore experience. Using only induction, they would ignore relationships among facts. By combining these methods, science unifies theory and practice.

A.4.3.6 ASTM E678, *Standard Practice for Evaluation of Scientific or Technical Data,* and ASTM E620, *Standard Practice for Reporting Opinions of Scientific or Technical Experts*, provide additional logic and reasoning-based methodology guidance for the investigator for creating, critiquing, evaluating, supporting and eliminating hypotheses. To meet the criteria for transparency, the source, scientific and technical basis, and relationship of each hypothesis and criterion to known incident data is specified in addition to addressing the relative scientific or technical merits of alternate hypotheses supported and eliminated by the available data. Opinions or conclusions must account for all known relevant facts related to the incident and be consistent with accepted scientific and logical principles.

A.4.3.6.1 Vaughn, Lewis, *The Power of Critical Thinking, Effective Reasoning About Extraordinary Claims*, 2nd ed. Oxford University Press, New York/Oxford, 2008; Damer, Edward, T. *Attacking Faulty Reasoning. A Practical Guide to Fallacy-Free Thinking*, 4th ed., Wadsworth Thomson Learning, Belmont, CA, 2001.

Kahane, Howard and Cavender, Nancy, *Logic and Contemporary Rhetoric, The Use of Reason in Everyday Life*, 9th ed. Wadsworth- Thomson Learning, Belmont, CA, 2002.

A.4.3.10 For a discussion of concrete examples of confirmation bias and its potential for causing erroneous interpretations of data, see Wason, P. C. (1960).

A.5.1.1 Because materials in Chapter 5 are tutorial in nature, the references in this chapter are primarily textbooks and handbooks. Only where material has not yet reached the textbook/handbook literature or where the material is very specific to fire investigation (not of sufficient interest to the general fire science community) are primary references provided.

The following are textbooks in fire science that include coverage of most of the topics in Chapter 5:

Drysdale, D. (1999), *An Introduction to Fire Dynamics*, Second Edition, John Wiley and Sons, Chichester, England.

Friedman, R. (1998), *Principles of Fire Protection Chemistry and Physics*, Third Edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Quintiere, J. (1998), *Principles of Fire Behavior*, Delmar Publishers, Albany, NY.

Karlsson, B., Quintiere, J. (2000), *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press, Boca Raton, FL.

Quintiere, J. (2006), *Fundamentals of Fire Phenomena*, John Wiley and Sons, Chichester, England.

Δ **A.5.2.2.4** For more information on diffusion flames, consult the following references:

Beyler, C., "Flammability Limits of Premixed and Diffusion Flames," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Babrauskas, V., (2003), Chapter 4 — Gases, *Ignition Handbook*, Fire Science Publishers, Issaquah, WA.

A.5.3 The following is a list of references on products of combustion:

Newman, J., Yee, G., and Su, P., "Smoke Characterization and Damage Potentials," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Khan, M., Tewarson, A., and Chaos, M., "Combustion Characteristics of Materials and Generation of Fire Products," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Δ **A.5.4** For further information of fluid flows, see the following:

Zukoski, E (1995), "Properties of Fire Plumes," *Combustion Fundamentals of Fire*, ed. G. Cox, Academic Press, London.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Merci, B., "Introduction to Fluid Mechanics," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Heskestad, G., "Fire Plumes, Flame Height, and Air Entrainment," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Alpert, R., "Ceiling Jet Flows," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Tanaka, T., "Vent Flows." *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Δ **A.5.5** For further information on heat transfer, see the following:

Ezekoye, O., "Conduction of Heat in Solids," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Atreya, A., "Convection Heat Transfer," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Lautenberger, C., "Radiation Heat Transfer," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Δ **A.5.5.2.2** For further information on flame spread properties, see Quintiere, J., Harkleroad, M. (1985), "New Concepts for Measuring Flame Spread Properties," *Fire Safety Science and Engineering*, STP 882, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.

A.5.5.5 For additional information on thermometry in fire investigation see Kennedy, P., "Thermometry in Fire Investigation and Analysis — Understanding the Practical Use of Basic Thermometry in Fire and Explosion Investigations and Analyses."

A.5.5.5.3.4 If one uses empirical temperature scales instead of absolute temperature scales in a thermal radiation heat transfer calculation, doing so can result in an incorrect answer. In radiation equations the temperature component is raised to the fourth power is [T^4]. Any error is significantly amplified to the fourth power. This is not true of the temperature difference associated with the concept of net heat flux as opposed to incident heat flux.

Another example of the need for a basic understanding of thermometry is the need to understand that 100 degrees Fahrenheit is not "twice as hot" as 50 degrees Fahrenheit (a relative scale). In order for the actual relationship between the temperatures and the "hotness" of the material to be accurately assessed, conversions must be made to one of the thermodynamic scales. The actual relationship between 100 degrees Fahrenheit and 50 degrees Fahrenheit is the ratio of their absolute temperatures 560 R to 510 R or 1.1, not 2.0. 100 degrees Fahrenheit is only 10 percent "hotter" than 50 degrees Fahrenheit.

Δ **A.5.6** For further information on fuel load, fuel packages, and properties of flame, see the following:

Babrauskas, V., Grayson, S. (1992), eds., *Heat Release in Fires*, Elsevier Applied Science, London.

Kransny, J., Parker, W., Babrauskas, V. (2001), *Fire Behavior of Upholstered Furniture and Mattresses*, Noyes Publications, Park Ridge, NJ.

Zukoski, E (1995), "Properties of Fire Plumes," *Combustion Fundamentals of Fire*, ed. G. Cox, Academic Press, London.

Heskestad, G., "Fire Plumes, Flame Height, and Air Entrainment," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Babrauskas, V., "Heat Release Rates," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Gottuk, D. and White, D., "Liquid Fuel Fires," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Lattimer, B., "Heat Transfer from Fires to Surfaces," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Beyler, C., "Fire Hazard Calculations for Large, Open Hydrocarbon Fires," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Δ **A.5.6.3.2** For additional information see the following:

Mealy, C.L., "A Study of Unventilated Fire Scenarios for the Advancement of Forensic Investigations of Arson Crimes."

Drysdale, D., *An Introduction to Fire Dynamics*.

Utiskul, Y., "An Application of Mass Loss Rate Model with Fuel Response Effects in Fully-Developed Compartment Fires."

Parkes, A., "The Impact of Location and Ventilation on Pool Fire in a Compartment."

A.5.6.3.3.1 For additional information see Mealy, C., "Fire Dynamics and Forensic Analysis of Liquid Fuel Fires."

A.5.6.3.3.2 For additional information see the following:

Mealy, C., "A Study of the Parameters Influencing Liquid Fuel Burning Rates."

Putorti, A., "Flammable and Combustible Liquid Spill Burn Patterns."

A.5.6.3.3.3 For additional information see the following:

Mealy, C., "Fire Dynamics and Forensic Analysis of Liquid Fuel Fires."

Olenick, S., "Burning Rate of Liquid Fuel on Carpet (Porous Media)."

Δ **A.5.6.4.6** For additional information, see the following references:

Beyler, C. L., "Plumes and Ceiling Jets," *Fire Safety Journal*, 1986.

Hasemi, Y., and Tokunaga, T., "Some Experimental Aspects of Turbulent Diffusion Flames and Buoyant Plumes from Fire Sources Against a Wall and in a Corner of Walls," *Combustion Science and Technology*, 40, pp. 1–17, 1984.

Mizuno, T., and Kawagoe, K., "Burning Rate of Upholstered Chairs in the Center, Alongside a Wall and in a Corner of a

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Compartment," *Fire Safety Science*, Proceedings of the First International Symposium, pp. 849–857, 1985.

Zukoski, E. E., "Properties of Fire Plumes," *Combustion Fundamentals of Fire*, ed. G. Cox, Academic Press, London, 1995.

Karlsson, B., and Quintiere, J. G., "Fire Plumes and Flame Height," *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press, New York, 2000.

Mowrer, F. W., and Williamson, R. B., "Estimating Room Temperatures from Fires Along Walls and in Corners," *Fire Technology*, Vol. 23, No. 2, pp. 133–145, 1987.

Back, J., Beyler, C., DiNenno, P., "Wall Incident Heat Flux Distributions Resulting from Adjacent Fire," Proceedings of the Fourth International Symposium on Fire Safety Science, International Association of Fire Safety Science, 1994.

Heskestad, G., "Fire Plumes, Flame Height, and Air Entrainment," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

A.5.6.4.7 For further information on flame lengths under ceilings, see Babrauskas, V., Flame Lengths Under Ceilings, *Fire and Materials* 4, 119–126 (1980).

A.5.6.6.2 Figure 5.6.6.2(c) is adopted from Beyler, C., "Fire Hazard Calculations for Large, Open Hydrocarbon Fires," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Δ **A.5.7** Extensive treatment of the wide variety of means of ignition is available, as seen in the following:

Babrauskas, V. (2003), *Ignition Handbook*, Fire Science Publishers, Issaquah, WA.

Bowes, P. (1984), *Self-heating: evaluating and controlling the hazards*, Building Research Establishment, Her Majesty's Stationery Office.

Beyler, C., "Flammability Limits of Premixed and Diffusion Flames," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley. Gaithersburg, MD, 2016.

Gray, B., "Spontaneous Combustion and Self-Heating," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley. Gaithersburg, MD, 2016.

Torero, J., "Ignition of Liquid," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley. Gaithersburg, MD, 2016.

Drysdale, D., "Flaming Ignition of Solid Fuels," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley. Gaithersburg, MD, 2016.

A.5.7.4.1.3.9 For further information, see the following:

Babrauskas, V. (2003), *Ignition Handbook*, Fire Science Publishers, Issaquah, WA.

Babrauskas, V., Gray, B. F., and Janssens, M. L., Prudent Practices for the Design and Installation of Heat-Producing Devices near Wood Materials, *Fire and Materials*, 31, pp. 125–135.

Beyler, C., Gratkowski, M., Sikorsky, J., ISFI 2006.

Babrauskas, V., "Ignition of Wood, A Review of the State of the Art," Journal of Fire Protection Engineering, 12(3), 2002, pp. 163–189.

Cuzzillo, B., Pagni, P., "The Myth of Pyrophoric Carbon," *Fire Safety Science, Proceedings of the Sixth International Symposium*, International Association for Fire Safety Science, 2003.

Δ **A.5.7.4.1.3.10** For further information, see Wolters, F., Pagni, P., Frost, T., Cuzzillo, B., "Size Constraints on Self Ignition of Charcoal Briquets," *Fire Safety Science, Proceedings of the Sixth International Symposium*, International Association for Fire Safety Science, 2003.

Δ **A.5.7.4.1.3.11** For further information, see Babrauskas, V., *Ignition Handbook*, Fire Science Publishers/Society of Fire Protection Engineers, Issaquah, WA (2003).

Δ **A.5.7.4.1.4** For further information, see *Fire Protection Handbook,* 19th edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2003.

Δ **A.5.7.4.1.7.2** For further information, see Babrauskas, V., and Krasny, J. F., "Upholstered Furniture Transition from Smoldering to Flaming," *Journal of Forensic Sciences* 42, 1029–1031 (1997).

N **A.5.7.4.2.1** For additional information, see the following publications:

Babrauskas, V., "Ignition of Wood: A Review of the State of the Art," *J. Fire Protection Engineering 12,* 163–189 (2002).

Babrauskas, V., *Ignition Handbook,* Fire Science Publishers/Society of Fire Protection Engineers, Issaquah WA (2003).

Spearpoint, M. J., and J. G. Quintiere, "Predicting the Piloted Ignition of Wood in the Cone Calorimeter Using an Integral Model — Effects of Species, Grain Orientation and Heat Flux," *Fire Safety Journal* 36, 391–415 (2001).

Boonmee, N., and J. G. Quintiere, "Glowing and Flaming Autoignition of Wood," *Proceedings of the Combustion Institute* 29, no. 1, 289–296 (2002).

Quintiere, J. G., *Principles of Fire Behavior*, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, FL (2017).

N **A.5.7.4.3** See A.5.7.4.2.1.

Δ **A.5.8** For further information, see the following:

Hasemi, Y., " Surface Flame Spread," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley. Gaithersburg, MD, 2016.

Gottuk, D. and White, D., "Liquid Fuel Fires," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley. Gaithersburg, MD, 2016.

Fernandex-Pello, C. (1995), "The Solid Phase," *Combustion Fundamentals of Fire*, ed. G. Cox, Academic Press, London.

A.5.8.1.3.1 For further information, see the following:

Drysdale, D. Fire Dynamics, *ISFI 2006 Proceedings, International Symposium on Fire Investigation Science and Technology*, National Association of Fire Investigators, Sarasota, FL, 2006.

Drysdale D. "Learning from experience - Fire Investigation in Great Britain," *Fire Engineers* and *Fire Prevention* magazines, Institution of Fire Engineers, November 2000.

Atkinson, G., Drysdale, D. D., Wu, Y., "Fire driven flow in an inclined trench." *Fire Safety Journal*, 25, pp. 141–158, (1995).

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

P. Woodburn and D. D. Drysdale, Fires in inclined trenches, Part I: The dependence of the critical angle on the trench and burner geometry, *Fire Safety Journal*, 31, pp. 143–164 (1998).

P. Woodburn and D. D. Drysdale, "Fires in inclined trenches, Part II: Time dependent flow."

Δ **A.5.8.3.4** For further information, see Atreya, A. (1984), Fire Growth on Horizontal Surfaces of Wood," *Combustion Science and Technology*, 39, pp. 163–194.

A.5.8.3.5 For further information, see the following:

Orloff, L., deRis, J., Markstein, G. (1974), "Upward Turbulent Fire Spread and Burning of Fuel Surface," *Fifteenth Symposium (International) on Combustion*, The Combustion Institute, Pittsburgh, PA, pp. 183–192.

Wu, P., Orloff, L., Tewarson, A. (1996), "Assessment of Material Flammability with the FG propagation model and Laboratory Test Methods," *13th Joint Panel Meeting of the UJNR Panel on Fire Research and Safety*, Gaithersburg, MD.

McGrattan, K., Hamins, A. and Stroup, D. (1998). Sprinkler, Smoke & Heat Vent, Draft Curtain Interaction — Large Scale Experiments and Model Development. Technical Report NISTIR 6196-1, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

Saito, K., Quintiere, J. G., Williams, F. A. (1986), "Upward Turbulent Flame Spread," *Fire Safety Science. Proceedings. 1st International Symposium,* International Association for Fire Safety Science, Hemisphere Publishing Corp., New York, C. E. Grant, P. J. Pagni, eds., pp. 75–86.

Grant, G., Drysdale, D. (1995), "Numerical Modeling of Early Flame Spread in Warehouse Fires, *Fire Safety Journal*, 24(3), pp. 247–278.

Δ **A.5.9** For further information, see Thomas, P. (1995), "The Growth of Fire-Ignition to Full Involvement," *Combustion Fundamentals of Fire*, ed. G. Cox, Academic Press, London.

A.5.10.2.7 Oxygen concentrations measured in ventilation limited compartment fires are generally reported in the range of 0–5 percent for fully developed fires. The references in Table A.5.10.2.7 are representative of results found in the fire science literature. Ranges given for each include the vast majority of the data, but there are occasional values in excess of the ranges noted.

A.5.10.4.5 For further information, see the following:

Babrauskas, V., "Upholstered Furniture Room Fires—Measurements, Comparison with Furniture Calorimeter Data, and Flashover Predictions," *Journal Fire Sciences* 2, 5–19 (1984).

Babrauskas, V., Peacock, R. D., and Reneke, P. A., "Defining Flashover for Fire Hazard Calculations. Part II." *Fire Safety Journal* 38, 613–622 (2003).

A.5.10.6.2 For more information see Mowrer, F., Williamson, B. (1987), "Estimating Room Temperatures from Fires along Walls and in Corners," *Fire Technology*, 23(2), pp. 133–145.

•

A.6.3.2.11 For more information, see the following references:

Babrauskas, V., "Wood Char Depth: Interpretation in Fire Investigations."

Babrauskas, V., "Charring Rate of Wood as a Tool for Fire Investigation."

Friguin, Kathinka. "Material Properties and External Factors Influencing the Charring of Solid Wood and Glue-Laminated Timber."

Table A.5.10.2.7 Sample Investigations of Oxygen Concentrations in Ventilation Limited Compartment Fires

Reference	Range of Oxygen Concentration (Percent)
Beyler, C.L., "Major Species Production by Solid Fuels in a Two Layer Compartment Fire Environment," *Fire Safety Science*, 1, 1986, pp. 431–440.	1– 3
Gottuk, D.T., Roby, R.J., Peatross, M.J., and Beyler, C.L., "Carbon Monoxide Production in Compartment Fires," *Journal of Fire Protection Engineering*, **4** (4), November 1992, pp. 133–150.	0–5
Tewarson, A., "Some Observations on Experimental Fires in Enclosures, Part 1: Cellulosic Materials," *Combustion and Flame*, 19, 1972, pp. 101–111.	0–6
Croce, P., Xin, Y., "Scale modeling of quasi-steady wood crib fires in enclosures," *Fire Safety Journal*, 40, 2005, pp. 245–266.	0–5
Lock, A., Bundy, M., Johnsson, E. L., Hamins, A., Ko, G. H., Hwang, C., Fuss, P., Harris, R. H., Jr., "Experimental Study of the Effects of Fuel Type, Fuel Distribution and Vent Size on Full-Scale Underventilated Compartment Fires in an ISO 9705 Room," NIST Technical Note 1603, NIST TN 1603, p. 167, October 2008.	0–3
Morikawa, T., Yanai, E., "Toxic Gases from House Fires Involving Natural and Synthetic Polymers under Various Conditions," *Fire Safety Journal* 20, 1993, pp. 257–274.	1–5
Morikawa, T., Yanai, E., "Toxicity Evaluation of Fire Effluent Gases from Experimental Fires in A Building," *Journal of Fire Sciences*, 5, 1987, pp. 248–271.	~1

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

A.6.3.3 For additional information see Mealy, C.L., Wolfe, A.J., and Gottuk, D.T., "Forensic Analysis of Ignitable Liquid Fuel Fires in Buildings," Grant No. 2009-DN-BX-K232, Office of Justice Programs, National Institute of Justice, Department of Justice, (2013).

Δ **A.6.3.4** For more information see the following references:

Cooke, R. A., *Principles of Fire Investigation*, Gloucestershire, UK: The Institution of Fire Engineers, 1985, pp. 386–387.

Aston University, "*Assessment of Fire Damaged Concrete Using Color Analysis*," Interflam '96, March 26–28. London: Interscience Communications Ltd.

A.6.3.5 For more information see the following references:

SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 5th edition, ed M. Hurley, Society of Fire Protection Engineers, Gaithersburg, MD, 2016.

Kramps, N. "Damage Control — Limiting Secondary Losses After Fire." *Fire Prevention*, Dec. 1987, pp. 26–29.

A.6.3.7.4 For more information see the following references:

American Society for Metals, *Glossary of Metallurgical Terms and Engineering Tables*. Material Park, OH: ASM International, 1985.

Lentini, J., et al., "Baseline Characteristics of Residential Structures Which Have Burned to Completion: The Oakland Experience." *Fire Technology* 28, August 1992 pp. 195–214.

Tobin, W. and Monson, K., "Collapsed Springs in Arson Investigations: A Critical Metallurgical Evaluation," *Fire Technology* 25, November 1989, pp. 317–335.

A.6.3.8 For more information see the following references:

Chu Nguong, Ngu., "Calcination of Gypsum Plasterboard under Fire Exposure," *Fire Engineering Research Report* 04/6, May 2004.

Lawson, J., "An Evaluation of Fire Properties of Generic Gypsum Board Products," (NBSIR 77-1265). Center for Fire Research, NIST, Washington DC, 1977.

McGraw, J. and Mower, F., "Flammability of Painted Gypsum Wallboard Subjected to Fire Heat Fluxes," Interflam 99 Proceedings, Interscience Communications Ltd. London, 1999.

Mower, F., "Calcination of Gypsum Wallboard in Fire." Presentation at NFPA World Fire Safety Congress, Anaheim, CA May 2001.

Posey, J. E. and Posey, E. P., "Using Calcination of Gypsum Wallboard to Reveal Burn Patterns," *Fire and Arson Investigator* 33, March 1983, pp. 17–19.

Schroeder, R. and Williamson, R., "Application of Materials Science to Fire Investigation," *Fire and Materials* 2001, Interscience, London, UK.

N **A.6.3.8.1** For additional information see Gorbett, G, Morris, S, Meacham, B, Wood, C. (2015), "A New Method for the Characterization of the Degree of Fire Damage to Gypsum Wallboard for Use in Fire Investigations," J Forensic Sci., 60: S1, doi: 10.1111/1556-4029.12616. *[See Table A.6.3.8.1 and Figure A.6.3.8.1(a) through Figure A.6.3.8.1(f).]*

N **Table A.6.3.8.1 Scale of Damage**

Degree of Fire Damage (DOFD)	Visible Damage Indicator Description	Selected Images of Visible Damage Indicators
0	*No visible damage*: These areas are noted by their original surface color (white if unpainted or painted surface color).	See Figure A.6.3.8.1(a)
1	*Soot deposited on surface*: These areas are noted by discoloration of the original surface color, but the facing paper is still present.	See Figure A.6.3.8.1(b)
2	*Discoloration of facing paper and loss of paint*: These are locations of the gypsum wallboard surface that have discolored due to thermal effects; the paper can be brownish, light black, or dark black in color, OR variations in color depending on original paint color.	See Figure A.6.3.8.1(c)
3	*Paper is beginning to peel, bubble, flake*: The paper has been penetrated and the gypsum wallboard is exposed.	See Figure A.6.3.8.1(d)
4	*The paper has been consumed*: These areas are typically grey or white in color.	See Figure A.6.3.8.1(e)
5	*Clean burn*: There is near-complete consumption of paper and soot accompanied by a white/bluish color.	See Figure A.6.3.8.1(f)
6	*Complete destruction*: There is complete loss of integrity and mass of the gypsum wallboard.	
N/A	Damage cannot be determined due to suppression or unknown causes.	

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA



N **FIGURE A.6.3.8.1(a) DOFD 0.**



N **FIGURE A.6.3.8.1(b) DOFD 1.**

A.6.3.8.4 For more information see Kennedy, P., Kennedy, K., Hopkins, R., "*Depth of Calcination Measurement in Fire Origin Analysis*," Proceedings of the Fire and Materials Conference 2003, Interscience Communications, London, 2003.

A.6.3.8.8 For additional information on calcination depth measurements, see the following:

Mann, D.C., "Studies of the Dehydration/Calcination of Gypsum Wallboard."

Mealy, C.L., "A Forensic Investigation of Ignitible Liquid Fuel Fires in Buildings."

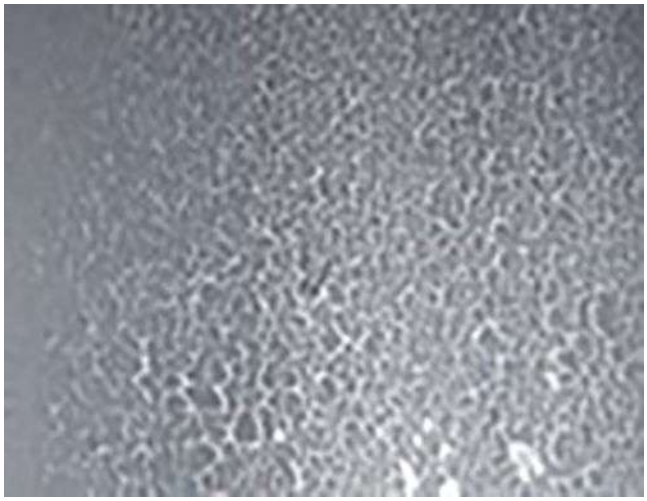
A.6.3.10.6 For more information see the following references:

Brown, LeMay, Bursten, *Chemistry: The Central Science*, Sixth Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1994.

Umland, J. B., and J. M. Bellama, *General Chemistry*, Second Edition, West Publishing Company, Saint Paul, MN, 1996.



N **FIGURE A.6.3.8.1(c) DOFD 2.**



N **FIGURE A.6.3.8.1(d) DOFD 3.**

A.6.3.10.6.1 For more information see the following references:

Beland, B., Roy, C., Tremblay, M. "Copper-Aluminum Interaction in Fire Environments," *Fire Technology*, Volume 19, No. 1, pp. 22–30, February 1983.

Beland, B., "Behaviour of Electrical Contacts Under Fire Conditions," *Fire and Arson Investigator*, Vol. 38, No. 1, September 1987.

Fire Findings. "Alloying Helps Explain How Some Materials Melt at Temps Lower Than Expected," *Fire Findings*, Vol. 4, No. 4, pp. 1–3, Fall 1996.

•

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA



N **FIGURE A.6.3.8.1(e) DOFD 4.**



N **FIGURE A.6.3.8.1(f) DOFD 5.**

A.6.3.11.4 For more information on the metallurgical determination of melted steel, see Lentini, J. J., D. M. Smith, and R. W. Henderson, "Baseline Characteristics of Residential Structures Which Have Burned to Completion: The Oakland Experience," *Fire Technology*, 28(3), 1992.

A.6.3.11.8 For more information see the following references:

NFPA Fire Protection Handbook, 19th edition, A. E. Cote, ed., National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2003.

DeHann, J. D., *Kirk's Fire Investigation*, 5th edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2002.

Gray, H. B., et al., *Braving the Elements*. University Science Books, Sausalito, CA 1995.

N **A.6.3.11.10** For additional information see Coldwell, JD, Babic, D., "A review of oxidation on steel surfaces in the context of fire investigations," *SAE Int.J.Passeng.* 5(2), 2012.

A.6.3.13.2 For more information on research into Acoustic Soot Agglomeration on smoke alarms see the following references:

Worrell, C. L., Roby, R. J., Streit L., and Torero, J. L., "Enhanced Deposition, Acoustic Agglomeration, and Chladni Figures in Smoke Detectors," Fire Technology, 37, 343–362, (USA: Kluwer Academic Publishing, 2001).

Worrell, C.L., Lynch, J.A., Jommas, G., Roby, R.J., Streit, L., and Torero, J.L., "Enhanced Soot Deposition, Acoustic Agglomeration, and Chladni Figures in Smoke Detectors," Fire Technology, 39, 309-346, 2003.

Kennedy, Patrick M., Kennedy, Kathryn C., and Gorbett, Gregory E., "A Fire Analysis Tool — Revisited: Acoustic Soot Agglomeration in Residential Smoke Alarms," InterFlam 2004 Proceedings, Interscience Communications, London, 2004.

Phelan, Patrick, "An Investigation of Enhanced Soot Deposition on Smoke Alarm Horns," M. S. Thesis, Worcester Polytechnic Institute, 2004.

Mealy, C.L., and Gottuk, D.T., "Full-Scale Validation Tests of a Forensic Methodology to Determine Smoke Alarm Response," ISFI 2008 Proceedings, International Symposium on Fire Investigation Science and Technology, NAFI, Sarasota, FL, 2008.

The photos in Figure 6.3.13.3(a) through Figure 6.3.13.3(d) are from laboratory research tests reported in Kennedy, P.M., Kennedy, K.C., and Gorbett, G.E., "A Fire Analysis Tool — Revisited: Acoustic Soot Agglomeration in Residential Smoke Alarms," InterFlam 2004 Proceedings, Interscience Communications, London, 2004.

A.6.3.14 For more information, see Buenger, B., 2003, "*The Impact of Wildland and Prescribed Fire on Archaeological Resources*," Thesis, University of Kansas.

A.6.3.14.2 For more information see the following references:

Sanderson, J. L, "Tests Add Further Doubt to Concrete Spalling Theories," *Fire Findings*, Fall 1995, Volume 3.

Smith, F. P., "Concrete Spalling: Controlled Fire Tests and Review," *Journal of Forensic Science* 31, 1991.

Midkiff, C. R., "Spalling of Concrete as an Indicator of Arson," *Fire and Arson Investigator* 41, December 1990.

Δ **A.6.3.14.3.2** For more information see the following references:

Sanderson, J. L, "Tests Add Further Doubt to Concrete Spalling Theories," Fire Findings, Fall. 1995, Volume 3.

Khoury, G. A., "Effect of Fire on Concrete and Concrete Structures," Progress in Structural Engineering Materials 2:229–447.

Canfield, D., "Causes of Spalling of Concrete at Elevated Temperatures," Fire and Arson Investigator 34, June 1984.

Schroeder, R. A, "Post Fire Analysis of Construction Materials," Dissertation, Graduate Division, University of California, Berkeley, Spring 1999.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Midkiff, C. R., "Spalling of Concrete as an Indicator of Arson," Fire and Arson Investigator, 41, December 1990.

Beland, B., "Spalling of Concrete," Fire and Arson Investigator, 44 September 1993.

Δ **A.6.3.14.3.3** See Khoury, G. A., "Effect of Fire on Concrete and Concrete Structures," *Progress in Structural Engineering Materials* 2, pp. 229–447.

For further information see the following references:

Smith, F. P., "Concrete Spalling: Controlled Fire Tests and Review," *Journal of Forensic Science* 31, 1991.

Schroeder, R. and Williamson, R. "Application of Materials Science to Fire Investigation," *Fire and Materials*, 2001, Interscience, London, UK.

Bostrom, L., "Methodology for Measurement of Spalling of Concrete," *Fire and Materials*, 2005 Conference, Interscience, London, UK.

Smith, F. P., "Concrete Spalling: Controlled Fire Tests and Review," *Journal of Forensic Science* 31, 1991.

A.6.3.15 For more information see the following references:

Specification for the Design, Fabrication, and Erection of Structural Steel for Buildings. New York: American Institute of Steel Construction, 1978.

Manual of Steel Construction: Load and Resistance Factor Design. Third Ed. Chicago: American Institute of Steel Construction, 2001.

Dill, F. H. "Structural Steel after a Fire," *Proceedings of the 1960 National Engineering Conference*. Chicago: American Institute of Steel Construction.

Lie, T. T. *Fire and Buildings*. London: Applied Science, 1972.

Malhotra, H. L. *Design of Fire-resistant Structures*. New York: Chapman and Hall, 1982.

Hamarthy, T. Z. ASTM STP422, *Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated Solids*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 1967.

Kirby, B. R. and Preston, R. R. *High Temperature Properties of Hot-Rolled Structural Steels for Use in Fire Engineering Design Studies*. London: British Steel Corp., 1988.

Larsson, T. and Pettersson, O. *Buckling of Fire-Exposed Steel Columns, Partially Restrained with Respect to Longitudinal Expansion*. Lund, Sweden: Division of Structural Mechanics and Concrete Construction, Lund Institute of Technology, 1974.

Thomas, G. "Thermal Properties of Gypsum Plasterboard at High Temperatures." Wellington, New Zealand: Victoria University of Wellington. *Fire and Materials* 26(1), 37–45, January/February 2002.

A.6.3.16 For more information, see the following references:

Bohnert, M., Rost, T. and Pollack, S., "The Degree of Destruction of Human Bodies in Relation to the Duration of the Fire," *Forensic Science International* 95, pp. 11–21, 1998.

Pope, E. J., O. C. Smith, and T. G. Huff. "Exploding Skulls and Other Myths About How the Human Body Burns," *Fire and Arson Investigator*, Volume 54, #4, April 2004.

Pope, E. J., O. C. Smith, "Identification of Traumatic Injury in Burned Cranial Bone: An Experimental Approach," *Journal of Forensic Science*, May 2004, Volume 49, #3.

Smith, O. C. and Pope, E. J., "*Burning Extremities: Patterns of Arms, Legs, and Preexisting Trauma*," Presentation Lecture, American Academy of Forensic Sciences (AAFS) 55th Annual Meeting, Chicago, February 17–22, 2003.

SFPE. *Engineering Guide to Predicting 1st and 2nd Degree Skin Burns*, Bethesda, MD: SFPE Task Group on Engineering Practices, Society of Fire Protection Engineers, 2000.

A.6.3.17 For more information see the following references:

Babrauskas, V., "*Glass Breakage in Fires*," Issaquah, WA: Fire Science and Technology Inc., 2005.

Keski-Rahkonen, O, "Breaking of Window Glass Close to Fire," *Fire and Materials*, 12(2), June 1988, pp. 61–69.

Lentini, J., "Behavior of Glass at Elevated Temperature," *Journal of Forensic Science*, Volume 37, No. 5, Sept 1992, 1358–1362.

Lentini, J. J., Smith, D. M., Henderson, R. W. "Baseline Characteristics of Residential Structures Which Have Burned to Completion: The Oakland Experience," *Fire Technology*, NFPA, 1992: pp. 195–214.

Mowrer, F. P., "*Window Breakage Induced By Exterior Fires*," NIST-GCR-98-751, Washington, DC: U.S. Dept. of Commerce, June, 1998.

Skelly, M. J., Roby, R. J., Beyler, C. L., "Experimental Investigation of Glass Breakage in Compartment Fires," *Journal of Fire Protection Engineering*, 3(1), March 1991: pp. 25–34.

A.6.3.18.2.4.2 For more information on floor covering critical radiant flux, see NFPA 253, Chapter 5, as well as the NFPA *Fire Protection Handbook*, 19th edition, Section 12, Chapter 3.

Also see Fang, J. B., and J. N. Breese, *Fire Development in Basement Rooms*. Gaithersburg, MD: NIST, 1980.

A.6.3.18.4.2 For more information see Mealy et al., *Fire Dynamics and Forensic Analysis of Liquid Fuel Fires*.

Δ **A.6.3.19.1** For more information, see Beyler, C., "Fire Plumes and Ceiling Jets", *Fire Safety Journal*, 11, 1986, pp. 53–75 and Lattimer, B., "Heat Transfer from Fires to Surfaces." *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley. Gaithersburg, MD, 2016.

•

N **A.6.3.19.1.5** For more information see Gorbett, G, Wood, C Meacham, B Dembsey, N., "Use of Damage for Fire Investigation: A Review of Fire Pattern Analysis, Research and Future Direction," (2015) 4:4 DOI 10.1186/s40038-015-0008-4.

A.6.3.19.2.5 For additional information, see Carman, S.W., "Improving the Understanding of Post-flashover Fire Behavior."

N **A.6.3.21.7** For more information, see Babrauskas, V., "Arc Mapping: A Critical Review," *Fire Technology* 54, 749–780 (2018). https://doi.org/10.1007/s10694-018-0711-5

A.6.3.21.10 The following detailed studies may be reviewed for further information on arc mapping:

C. Wood and A. Kimball, "A Preliminary Report of Full-Scale Arc Mapping Test Results," Proceedings of International Symposium of Fire Investigation Science and Technology (ISFI 2010), National Association of Fire Investigators (NAFI), Sara-

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

sota, FL, Held at the University of Maryland, 27–29 September, 2010.

Carey, Nicholas, Nic Daeid, Niamh, "The Metallic Damage to Electrical Conductors at Fire Scenes," Interflam '07, 2, 1151–1162, (2007).

Churchward, Daniel L., Cox, Ryan M., Reiter, David, "Arc Surveys as a Means to Determine Fire Origin in Residential Structures," International Symposium on Fire Investigation Proceedings, National Association of Fire Investigators, Sarasota, FL, (2004).

West, L, Reiter, D.A., "Full-Scale Arc Mapping Tests," Fire and Materials Conference, pp. 325–339, (2005).

A.7.1 For more information see the following publications:

Brannigan, F. L., *Building Construction for the Fire Service*, 3rd Ed., *NFPA Journal*, 1992.

NFPA 220, 2006 edition.

A.7.5 For more information, see ASCE/SEI/SFPE 29-05, *Standard Calculation Methods for Structural Fire Protection.*

N **A.7.10** The following are references related to heating system investigations:

(1) *Fire Protection Handbook,*20th ed., Volume 1, Section 10, Chapter 2, Heating Systems and Appliances
(2) NFPA 211
(3) NFPA 54
(4) NFPA 58
(5) NFPA 31
(6) UL1482, *Standard for Solid-Fuel Type Room Heater*, Underwriters Laboratories
(7) Use of Materials Bulletin, UM 84, *Solid Fuel Type Room Heaters and Fireplace Stoves*, US Department of Housing and Urban Development
(8) ULC S627, *Standard for Space Heaters for Use with Solid Fuels*, Underwriters Laboratories of Canada
(9) CAN/CSA-B365, *Installation Code for Solid Fuel Burning Appliances and Equipment*
(10) *Code for Solid-Fuel-Burning Appliances and Equipment*, CSA Group, Standards Council of Canada
(11) US Department of Energy website: https://energy.gov/

A.8.1 Active fire protection systems are those that perform an action for them to be effective in a fire scenario. These include fire detection and alarm systems, as well as fire suppression systems.

A.8.1.2 For more detailed information, see the *Fire Protection Handbook*, the *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, and the *National Fire Codes®*.

A.8.3 For more information, see *NFPA 72*.

A.8.3.1.2 Requirements for the installation and maintenance of fire alarm systems are specified in *NFPA 72*.

A.8.3.2 Requirements for the installation and maintenance of fire alarm systems are specified in *NFPA 72*.

A.8.3.2.6 Additional details about the types of and uses for gas detectors can be found in Cholin, J.M., "Gas and Vapor Detection Systems and Monitors."

A.8.3.3 For more detailed information, see Bukowski, R., *Fire Alarm Signaling Systems*; Moore, W., "Fire Alarm Systems," *Fire Protection Handbook*; and *NFPA 72*.

A.8.3.3.2 See Moore, W., "Fire Alarm Systems," *Fire Protection Handbook,* for a detailed discussion regarding the location and spacing of fire alarm devices.

A.8.3.4 For more information, see Olenick, S.N., "The Role of Smoke Detectors in Forensic Fire Investigation and Reconstruction."

A.8.3.4.6.2 For more information, see the following:

(1) Kennedy, K.C., "A Fire Analysis Tool – Revisited: Acoustic Soot Agglomeration in Residential Smoke Alarms."
(2) Mealy, C.L., "Full-Scale Validation Tests of a Forensic Methodology to Determine Smoke Alarm Response."
(3) Phelan, P., "An Investigation on Enhanced Soot Deposition on Smoke Alarm Horns."
(4) Worrell, C.L., "Effect of Smoke Source and Horn Configuration on Enhanced Deposition, Acoustic Agglomeration, and Chladni Figures in Smoke Detectors."
(5) Worrell, C.L., "Enhanced Deposition, Acoustic Agglomeration, and Chladni Figures in Smoke Detectors."

A.8.3.4.6.3 For more information, see Roby, R. J., "Smoke Detector Algorithm for Large Eddy Simulation Modeling," and Zhang, W., "Smoke Detector Activation Algorithm for Large Eddy Simulation Fire Modeling."

A.8.3.4.8 Research has shown that the sound emitted from smoke alarm horns will be greatly diminished when the surrounding gas temperatures reach 100°C ± 14°C (212°F ± 57°F); there will be complete failure at temperatures of 119°C ± 17°C (246°F ± 63°F). For more information, see Olenick, S.N., "The Role of Smoke Detectors in Forensic Fire Investigation and Reconstruction."

A.8.3.4.9 For more information, see the following:

(1) Ashley, A., "Waking Effectiveness of Audible, Visual, and Vibratory Emergency Alarms Across Different Hearing Levels."
(2) Bruck, D. "Non-Awakening in Children in Response to a Smoke Detector Alarm."
(3) Bruck, D. "The Effect of Alcohol Upon Response to Fire Alarm Signals in Sleeping Young Adults."
(4) Nober, E.H., "Waking Effectiveness of Household Smoke and Fire Detection Devices."

A.8.3.4.10.1 For more information, see Proulx, G., "To Prevent 'Panic' in an Underground Emergency: Why Not Tell People the Truth?"

A.8.3.4.10.2 For more information, see Bryan, J.L., "Human Behavior in Fire," *Fire Protection Handbook Systems.*

Δ **A.8.4.1** For more information on water-based fire suppression systems, see Gagnon, R. M., *Design of Water-Based Fire Protection Systems*; and Bryan, J. L., *Automatic Sprinkler & Standpipe Systems.*

Δ **A.8.4.1.2.2** For more information on water-based fire suppression systems, see the following:

(1) NFPA 11
(2) NFPA 13
(3) NFPA 13D
(4) NFPA 13R
(5) NFPA 15

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

(6) NFPA 20
(7) NFPA 22
(8) NFPA 24
(9) NFPA 25
(10) NFPA 750

A.8.4.4.4.4.7(B) For more information, see Schifiliti, R., et al., "Design of Detection Systems."

A.8.4.4.4.4.7(C) For more information, see the following:

(1) Putorti, A. D., "Determination of Water Spray Drop Size and Speed from a Standard Orifice, Pendant Spray Sprinkler."
(2) Ren, N., "Quantifying the Initial Spray from Fire Sprinklers."
(3) Sheppard, D. T., "Sprinkler, Heat & Smoke Vent, Draft Curtain Project – Phase 1 Scoping Tests."
(4) *SFPE, Engineering Guide: Guidelines for Substantiating a Fire Model for a Given Application.*
(5) Yu, H. Z., "Suppression of Rack-Storage Fires by Water."

A.8.5.1 For more information, see NFPA 11, NFPA 11A, NFPA 12, NFPA 12A, NFPA 12B, NFPA 17, NFPA 17A, and NFPA 2001.

A.8.5.4.1 For more information, see NFPA 11, NFPA 12, NFPA 12A, NFPA 17, NFPA 17A, NFPA 2001, NFPA 2010, and the *International Building Code.*

A.8.5.4.2.9 For more information, see Schifiliti, R., et al., "Design of Detection Systems."

Δ **A.8.5.4.2.11** For more information, see SFPE *Engineering Guide: Guidelines for Substantiating a Fire Model for a Given Application.*

A.9.1 For more information see the following publications:

NFPA 70, National Electrical Code®, 2017 edition.

NFPA 77, *Recommended Practice on Static Electricity*, 2019 edition.

National Electrical Code Handbook, Quincy, MA: NFPA, 2017.

Beland, B. "Considerations on Arcing as a Fire Cause," *Fire Technology* 18, No. 2 (1982): 188–202.

Beland, B. "Electrical Damages — Cause or Consequence?" *Journal of Forensic Science* 29 (3) (July 1984): 747–761.

Beland, B. "Examination of Electrical Conductors Following Fire," *Fire Technology* 16, No. 4 (1980): 252–258.

Beland, B., C. Roy, and M. Tremblay. "Copper-Aluminum Interactions in Fire Environments," *Fire Technology* 19, No. 1 (February 1983): 22–30.

Cahill, P. L., and J. H. Dailey. U.S. Department of Transportation. *Aircraft Electrical Wet-Wire Arc Tracking*, DOT/FAA/CT-88/4. Washington, DC: Federal Aviation Administration, August 1988.

Campbell, F. J. *Flashover Failures from Wet-Wire Arcing and Tracking*. NRL Memorandum Report 5508. Washington, DC: Naval Research Laboratory, December 17, 1984.

Campbell, J. A., National Advisory Committee for Aeronautics. *Appraisal of the Hazards of Friction-Spark Ignition of Aircraft Crash Fires*, Technical Note 4024. Cleveland, OH: Lewis Flight Propulsion Laboratory, May 1957.

Ettling, B. "Ignitibility of PVC Electrical Insulation by Arcing," *IAAI Oregon Chapter Newsletter* 1, No. 4 (March 1997).

Ettling, B. "The Overdriven Staple as a Fire Cause," *Fire and Arson Investigator*, March 1994.

Ettling, B. "Arc Marks and Gouges in Wires and Heating at Gouges," *Fire Technology* 17, No. 1 (1981): 61–68.

Ettling, B. "Glowing Connections," *Fire Technology* 18, No. 4 (1982): 344–349.

Bustin, W. M., and W. G. Duket. *Electrostatic Hazards in Petroleum Industry*. Research Studio Press, July 1983.

Mil-Std–202G, *Test Method for Electronic and Electrical Component Parts*. "Method 301, Dielectric Withstand Voltage." U.S. Department of Defense Military Test Standard, 1998.

Mil-Std–202G, *Test Method for Electronic and Electrical Component Parts*. "Method 302, Insulation Resistance."

API 2214, *Spark Ignition Properties of Hand Tools*, American Petroleum Institute, 1989.

API 2216, *Ignition Risk of Hydrocarbon Vapors by Hot Surfaces in the Open Air*, 2nd edition, American Petroleum Institute, 1991.

API RP 2003, *Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents*, American Petroleum Institute, 1991.

A.9.3.1 For more information, see *NFPA 70*, 2017 edition, or the NFPA *National Electrical Code Handbook*, 2017 edition.

A.9.7.4 See Figure 9.10.6.2.2 for a photograph of melted solidified aluminum conductor.

A.9.9.4.5 Additional information on arc tracking is found in the following publications:

Campbell, F. J. *Flashover Failures from Wet-Wire Arcing and Tracking*, 1984, and in Cahill, P. L., and J. H. Dailey, *Aircraft Electrical Wet-Wire Arc Tracking*, Washington, DC: FAA, 1988.

Babrauskas, V. "Mechanisms and Modes for Ignition of Low-voltage, PVC- insulated Electrotechnical Products," *Fire and Materials* 30 (2006): pp. 150–174.

Babrauskas, V., *Ignition Handbook*, Fire Science Publishers/Society of Fire Protection Engineers, Issaquah WA, 2003.

A.9.10.2 For more information, see Beland, B. "Considerations on Arcing as a Fire Cause," and Beland, B. "Electrical Damages — Cause or Consequence?"

A.9.10.3 For more information, see the following:

Beland, B., "Considerations on Arcing as a Fire Cause," *Fire Technology* 18, no. 2 (1982).

Beland, B., "Electrical Damages — Cause or Consequence?" *Journal of Forensic Science* 29 (3) (July 1984).

N **A.9.10.3.1** For more information, see Novak, C., et al., "An Analysis of Heat Flux Induced Arc Formation in Residential Electrical Cable," *Fire Safety Journal 55* (2013): 61–68.

N **A.9.10.3.3** When there is a two-conductor cord, such as an appliance or an extension cord, and the conductors are not in contact with a grounded surface such as when the cord is on a carpeted floor surface, no arcing can continue downstream of a severed conductor.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

A.9.10.3.5 For more information, see *IEEE Transactions*, IEEE Industrial and Commercial Power System Conference, Detroit, MI, 1971.

A.9.10.4 For more information, see Ettling, B. "Glowing Connections," *Fire Technology* 18(4) (1982): 344–349.

Δ **A.9.10.4.1** For more information see Benfer, M., Gottuk, D., Development and Analysis of Electrical Receptacle Fires, NIJ-2010-DN-BX-K218, Baltimore, MD, 2013.

A.9.10.5 For more information, see Beland, B. "Examination of Electrical Conductors Following Fire," *Fire Technology* 16(4) (1980): 252–258.

A.9.10.6.3 For more information, see Beland, B. et al. "Copper-Aluminum Interactions in Fire Environments," *Fire Technology* 19(1) (February 1983): 22–30.

A.9.10.6.4 For more information, see Ettling, B. "Arc Marks and Gouges in Wires and Heating at Gouges," *Fire Technology* 17(1) (1981): 61–68.

A.9.10.7 For more information on surge voltages and damage to cables see Babrauskas, V. (2006), "Mechanisms and Modes for Ignition of Low-voltage, PVC-insulated Electrotechnical Products," *Fire & Materials* 30, 150-174.

A.9.10.7.1 For more information on the effects of mechanical damage to cables, including hammer mis-hits, see Babrauskas, V. (2014), "Fires Originating in Branch-Circuit NM Cables due to Installation Damage," pp. 17-28 in *ISFI 2014—Proc. Intl. Symp. on Fire Investigation Science & Technology*. Also see "Influence of Damage and Degradation of NM Cables" Underwriters Laboratories January 28, 2013.

A.9.11 The following references provide more information on the characteristics of arc bead and melt globules:

Benfer, M., Gottuk, D., *Development and Analysis of Electrical Receptacle Fires*, NIJ-2010-DN-BX-K218, Baltimore, MD, 2013.

Buc, E. C., Reiter, D., Battley, J., Sing, T. B., and Sing, T. M., "Method to Characterize Damage to Conductors from Fire Scenes," *Proc. Fire & Materials 2013 Conf.*, pp. 657–665, Interscience Communications Ltd, London, 2013.

Carey, N. J., "Developing a Reliable Systematic Analysis for Arc Fault Mapping" (Ph.D. dissertation), Univ. Strathclyde, Strathclyde, United Kingdom, 2009.

Delplace, M., and Vos, E., "Electric Short Circuits Help the Investigator Determine Where the Fire Started," *Fire Technology* 19, 185–191, 1983.

Ettling, B. V., "Electrical Wiring in Building Fires," *Fire Technology* 14, 317–325, 1978.

Lewis, K. H., and Templeton, B., "Morphological Variation in Copper Arcs during Post-Arc Fire Heating," *ISFI 2008—Proc. 3rd Intl. Symp. on Fire Investigation Science & Technology*, pp. 183–195, Natl. Assn. of Fire Investigators, Sarasota, FL, 2008.

Murray, I., and Ajersch, F., "New Metallurgical Techniques Applied to Fire Investigation," *Fire & Materials 2009*, pp. 857–869, Interscience Communications Ltd., London, 2009.

Twibell, J. D., "Electricity and Fire," *Fire Investigation*, pp. 61–104, N. N. Daeid, ed., CRC Press, Boca Raton, FL, 2004.

A.9.11.8 For more information, see:

Ettling, B., "The Overdriven Staple as a Fire Cause," *Fire Arson Investigator*, March 1994.

Ettling, B. "Ignitibility of PVC Electrical Insulation by Arcing," *IAAI Oregon Chapter Newsletter*, 1997.

A.9.12.2.2 For more information on static in ignitible liquids, see API RP 2003, *Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents*, 1991.

A.9.12.2.4 For more information on switch loading, see 5.6.10, 1996 edition of NFPA 30; Annex B of NFPA 385, 2007 edition; API RP 1004, *Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 & DOT 406 Tank Motor Vehicles*, 2003, reaffirmed 2011; and API RP 2013, *Cleaning Mobile Tanks in Flammable or Combustible Liquid Service*, 1991.

A.9.12.3 For more information, see NFPA 77, 2007 edition.

A.9.12.4 For more information, see NFPA 77, 2007 edition.

A.9.12.8 For additional information, see NFPA *Fire Protection Handbook*, Section 3, Chapter 3, 18th edition.

A.10.1 For more information see the following publications:

Liquefied Petroleum Gases Handbook, 2nd (1989) edition.

National Fuel Gas Code Handbook, 4th (1999) edition.

American Gas Association. *Gas Engineers Handbook*. New York: Industrial Press, 1965.

O'Loughlin, J. R., and C. F. Yokomoto. "Computation of One-Dimensional Spread of Leaking Flammable Gas." *Fire Technology* 25, No. 4 (November 1989): 308–316.

Rabinkov, V. A. "The Distribution of Flammable Gas Concentrations in Rooms." *Fire Safety Journal* 13 (1988): 211–217.

NFPA 54, 2006 edition.

NFPA 58, 2008 edition.

Gas odorization technology:

The Gas Odorization Manual, American Gas Association, 1996. This is an updated version of the section on gas odorization in the *Gas Engineers Handbook*.

Wilson, G. G., and A. A. Attari, eds. *Odorization III*, Institute of Gas Technology, Chicago, IL (1993).

Jacobus, O. J., and J. S. Roberts. "What Constitutes Adequate Odorization of Fuel Gases?" *IGT Odorization Symposium* 1995, IGT, 1995.

Andreen, B. H., and R. L. Kroencke. "Stability of Mercaptans Under Gas Distribution System Conditions," *American Gas Journal* 48 May 1965.

Andreen, B. H., and R. L. Kroencke. "Stability of Mercaptans Under Gas Distribution System Conditions," *Proceedings of the American Gas Association*, 136, 1964.

Campbell, I. D., N. A. Chambers, and O. J. Jacobus. "The Chemical Oxidation of Ethyl Mercaptan in Steel Vessels," *IGT Odorization Symposium* 1994, IGT, 1994.

Campbell, I. D. "Factors Affecting Odorant Depletion in LPG," *Proceedings Symposium on LP-Gas Odorization*, 28, 1989.

Campbell, I. D. "Odorant Depletion in Portable Cylinders," *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1990.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Holmes, S. A., P. B. Van Benthuysen, D. C. Lancaster, and M. A. Tiller. "Laboratory and Field Experience with Ethyl Mercaptan Odorant in Propane," *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1990.

Kopidlansky, R. "Odorant Conditioning of New Distribution Systems," *IGT Odorization Symposium* IGT, 1995.

Sanders, R. "OSHA and DOT Odorization Regulations," *IGT Odorization Symposium*, IGT, 1995.

Johnson, J. L. "1965 Report on Project PB-48, Stability of Odorant Compounds," *Proceedings of the 1966 AGA Distribution Conference*, American Gas Association, 1966.

Johnson, S. J. "Ethyl Mercaptan Odorant Stability in Stored Liquid Propane," *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1989.

McHenry, W. B., and H. M. Faulconer. "Summary Report on Odorant Investigations," *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1, 1990.

Roberts, J. S., and D. W. Kelly, "Selection and Handling of Natural Gas Odorants." In Wilson and Attari, eds. *Odorization III*, 29, IGT, 1993. *Proceedings of the Symposium of LP-Gas Odorization*, 1989 and 1990. Copies may be available from the National Propane Gas Association or the Gas Processors Association.

Sampling and testing LP-Gas by stain tubes:

ASTM D5305, *Standard Test for Determination of Ethyl Mercaptan in LP-Gas Vapor,* 1992.

ASTM D1265, *Standard Method for Sampling Liquefied Petroleum (LP) Gases*, 1982.

Soil adsorption of odorants:

Nomura, K., and R. Organ. "Reaction of LP-Gas Odorants and Soils," *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 76, 1990.

Parlman, R. M., and R. P. Williams. "Penetrabilities of Gas Odorant Compounds in Natural Soils," *Proceedings of the AGA Distribution Conference*, May 6, 1979.

Sullivan, F. "New Gas Odorants." In G. G. Wilson and A. A. Attari, eds., *Odorization III* 209, IGT, 1993.

Tarman, P. B., and H. R. Linden. "Soil Adsorption of Odorant Compounds," *IGT Research Bulletin* #33 July 1, 1961.

Williams, R. P. "Soil Penetrabilities of Natural Gas Odorants," *Pipeline and Gas Journal*, March 1976.

A.10.2 Further information on the properties of fuel gas can be found in the NFPA *Liquefied Petroleum Gases Handbook*, 1995, and the NFPA *National Fuel Gas Code Handbook,* 2003.

A.10.3.1 For more information, see Title 49, Code of Federal Regulations, Part 178, "Specifications for Packagings."

A.10.4.1.1 For more information, see ASME *Boiler and Pressure Vessel Code*. New York, NY: American Society of Mechanical Engineers, 1995.

A.10.4.1.2 For more information, see ASME *Boiler and Pressure Vessel Code*. New York, NY: American Society of Mechanical Engineers, 1995.

A.10.7.1.3 For more information, see U.S. Consumer Products Safety Commission Working Group on Gas Voluntary Standards, *Position Paper on Gas Water Heaters to Prevent Ignition of Flammable Vapors*.

A.10.8 For more information, see American Gas Association, *Gas Engineers Handbook*. New York, NY: Industrial Press, 1965.

A.10.9.4.8 For more information, see Kennedy, P., and J. Kennedy, *Explosion Investigation and Analysis*. Chicago, IL: Investigations Institute, 1990.

A.10.9.5.3 For more information, see NFPA *Liquefied Petroleum Gases Handbook,* and the NFPA *National Fuel Gas Code Handbook*.

A.10.9.9 For more information, see American Gas Association, *Gas Engineers Handbook*. New York, NY: Industrial Press, 1965.

A.10.9.9.2 See sources listed in Section B.6.

A.11.1 For more information, see the following publications:

Bryan, J. L. *An Examination and Analysis of the Dynamics of Human Behavior in MGM Grand Hotel Fire*. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1983.

"Kentucky State Police Investigative Report to the Governor, Beverly Hills Supper Club Fire." Frankfurt: Kentucky State Police, 1977.

SFPE, 'Selecting Scenarios for Deterministic Fire Safety Engineering Analysis: Life Safety for Occupants," 'Human Behavior in Fire," and "Employing the Hydraulic Model in Assessing Emergency Movement," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Bryan, J. L., "A Study of the Survivors' Reports on the Panic in the Fire at Arundel Park Hall, Brooklyn, Maryland, on January 29, 1956." Fire Protection Curriculum, University of Maryland, College Park, MD, 1957.

Latine, R., and J. M. Darley, *Journal of Personality Social Psychology* 10 (215), 1968.

A.11.3.2.1 See Latine, R. and J. M. Darley, *Journal of Personality Social Psychology* 10 (215), 1968.

A.11.3.2.2 See Bryan, "A Study of the Survivor's Reports on the Panic in the Fire at Arundel Park Hall, Brooklyn, Maryland, on January 29, 1956." Fire Protection Curriculum, University of Maryland, College Park, MD, 1957.

A.11.3.3.4 For further information, see J. L. Bryan. NFPA *Fire Protection Handbook*, 19th ed., Section 8, Ch. 1, Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2003.

N **A.11.3.3.4.2** The following sources provide information in relation to nonrecognition alarms:

(1) Tong, D. and Canter, D., "The decision to evacuate," *Fire Safety Journal,* Vol. 9, No. 3, 1985, pp. 257–265.
(2) Proulx, G., Latour, J.C. and MacLaurin, J.W., "Housing evacuation of mixed abilities occupants," IRC-IR-661, Internal Report, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, 1994.
(3) Sultan, A. M. and Halliwell, R.E., "Optimum location for fire alarms in apartment buildings," *Fire Technology,* Vol. 26, No. 4, 1990, pp. 342–356.

N **A.11.5** For more information see the following sources:

(1) Kolko, David, Handbook on *Firesetting* in Children and Youth, Academic Press, 2002.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

(2) Oregon Office of the State Fire Marshal, "The Cycles of Firesetting: an Oregon Model," 1996.
(3) U.S. Fire Administration, "Juvenile Firesetting," FA-307/July 2006.

A.12.1 While many of the basic legal rules and concepts are similar in Canada, important differences also exist. An investigator should be cautious about applying the legal rules outlined in this chapter to investigations governed by Canadian law. For an explanation of the relevant Canadian legal, procedural, and evidentiary rules addressed in this chapter, see T. D. Hewitt, *Fire Loss Litigation in Canada: A Practical Guide*. Toronto: Carswell, current edition.

For more information, see Black, H. C., *Black's Law Dictionary*, 8th edition, West Pub. Co., 2004.

A.12.5.1 Rules 701, 702 and 703 of the *Federal Rules of Civil Procedure* are printed below:

Rule 701. Opinion Testimony by Lay Witnesses

If the witness is not testifying as an expert, the witness' testimony in the form of opinions or inferences is limited to those opinions or inferences which are (a) rationally based on the perception of the witness, (b) helpful to a clear understanding of the witness' testimony or the determination of a fact in issue, and not based on scientific, technical or other specialized knowledge.

Rule 702. Testimony by Experts

If scientific, technical, or other specialized knowledge will assist the trier of fact to understand the evidence or to determine a fact in issue, a witness qualified as an expert by knowledge, skill, experience, training, or education, may testify thereto in the form of an opinion or otherwise, provided that (1) the testimony is sufficiently based upon reliable facts or data, (2) the testimony is the product of reliable principles and methods, and (3) the witness has applied the principles and methods reliably to the facts of the case.

Rule 703. Bases of Opinion Testimony by Experts

The facts or data in the particular case upon which an expert bases an opinion or inference may be those perceived by or made known to the expert at or before the hearing. If of a type reasonably relied upon by experts in the particular field in forming opinions or inferences upon the subject, the facts or data need not be admissible in evidence in order for the opinion or inference to be admitted. If the facts or data are otherwise inadmissible, they shall not be disclosed to the jury by the proponent of the opinion or inference unless their probative value substantially outweighs their prejudicial effect. *[Federal Rules of Civil Procedure: 701–703]*

A.12.5.6.5 For more information on the specific provisions of a state's or jurisdiction's arson reporting/immunity legislation, see the Insurance Committee for Arson Control (ICAC) "State by State Summary of Arson Reporting/Immunity laws" and the "Arson Reporting/Immunity Law Compendium located under the "legal" tab of the ICAC website at http://www.arsoncontrol.org/legal/tip.htm.

A.13.1 For additional information concerning safety requirements or training, see appropriate local, state, or federal occupational safety and health regulations and Munday, J. W., *Safety at Scenes of Fire and Related Incidents*. London: Fire Protection Association, 1994.

Donahue, M. "Safety and Health Guidelines for Fire and Explosion Investigators," Stillwater, OK: Fire Protection Publications, International Fire Service Training Association, Oklahoma State University, 2002.

A.13.1.1 NTIS Publication number PB-94-195047, May 1994.

A.13.1.1.1 Examples of such studies are described in A.13.1.1.1(1) through A.13.1.1.1(3).

(1) In 1998, the Phoenix (Arizona) Fire Department conducted a comprehensive air monitoring study designed to characterize fire fighter exposures during overhaul operations. The study concluded that numerous toxic air contaminants were present during fire overhaul that exceeded occupational permissible exposure limits (PELs). The researchers found that without the use of respiratory protection, fire fighters were exposed to these irritants, chemical asphyxiants, and carcinogens.
(2) A National Fire Protection Association study tallied an average of 4,585 injuries per year related to smoke inhalation, gas inhalation, and respiratory distress in fire fighters between 1996 and 2006.
(3) In 2006, researchers from the University of Cincinnati, College of Medicine compiled data from over 32 studies that investigated the propensity of fire fighters to develop cancer and found that fire fighters had probable cancer risks for multiple myeloma, non-Hodgkin's lymphoma, and prostate and testicular cancers.

Δ **A.13.1.1.2** For more information, see the following:

Kinnes, G.M., NIOSH Health Hazard Evaluation Report 96-0171-2692.

Synder, Erin. NIOSH Health Hazard Evaluation Report 2004-0368-3030.

A.13.3.3.2 For additional information, see the following:

"Who sets the rules for electrical testing and safety?" originally published by Fluke Corporation and cited from the Cole-Parmer Technical Library (http://www.coleparmer.com/techinfo/pring.asp?htmlfile=fluke_electricalsafety.htm&=293 accessed December 9, 2006.

Fire Fighter Fatality Investigation Report F99-28 — CDC/NIOSH, as accessed at http://www.cdc.gov/niosh/fire/reports/face9928.html on December 9, 2006.

NJ FACE Investigation Report 04-NJ-059, dated October 4, 2005.

A.13.4.1 Figure A.13.4.1 is a hazard and risk assessment sample form.

A.13.4.2.1 OSHA Model Plans and Programs for the OSHA Bloodborne Pathogens and Hazard Communications Standards. OSHA Publication 3186-06N, (2003). Also available as a 521 KB PDF, 29 pages. Provides a model hazardous communication program with an easy-to-use format to tailor to the specific requirements of your establishment.

A.13.6.1.3 For specific guidance in decontamination of turnout gear, NFPA 1851 should be consulted.

For incidents where hazardous materials are confirmed to be present, decontamination procedures may be obtained from NFPA Supplement 10, *Guidelines for Decontamination of Fire Fighters and Their Equipment Following Hazardous Materials Incidents.*

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

NAFI Sample Hazard and Risk Assessment

Location: Date: Assessment Conducted By:

Task: General Scene Safety Survey

Type of Hazard	Risk	Control Methodology		
A. Physical Hazards	H M L	Engineering	Administrative	PPE
B. Structural Hazards				
C. Electrical Hazards				
D. Chemical Hazards				
E. Biological Hazards				
F. Mechanical Hazards				

FIGURE A.13.4.1 Sample Hazard and Risk Assessment.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

A.13.6.2 National Standards. In addition to occupational laws and regulations there are standards that are promulgated in relation to the various components of firefighting PPE. This gear is listed in NFPA 1971. This standard provides minimum requirements for the following components:

(1) Turnout coat
(2) Turnout pants
(3) Helmet with eye shield
(4) Fire fighting-type gloves
(5) Fire fighting-type boots

In addition to the NFPA standards that may be adopted, there are mandatory regulations as to the use of PPE. These mandatory requirements come in the form of OSHA standards; OSHA 29, CFR 1910.132 to 1910.139 covers mandates for PPE. The scene itself will dictate which level of protection will be required.

For additional information concerning the use of PPE, see 29 CFR 1910.134 Subpart I, Personal Protective Equipment, 29 CFR 1926 Subpart E, Personal Protective Equipment, and NFPA 1500; *Respiratory Protection for Fire and Emergency Services*, 1st Edition, IFSTA; NFPA 472; NFPA 1404; NFPA 1851; NFPA 1852; NFPA 1981; NFPA 1992; NFPA 1994; and *Safety and Health Guidelines for the Fire and Explosion Investigator*, Donahue, IFSTA.

•

A.15.1 For more information, see the U.S. Bureau of Mines, *Fire and Explosion Manual for Aircraft Accident Investigations*, and *Investigation of Fire and Explosion Accidents in the Chemical Mining and Fuel-Related Industries*, as well as Smith, "Firefighter's Role in Preserving the Fire Scene."

A.16.1 For relevant forms that can be used to record the photographs taken and to sketch the scene, see NFPA 906, Form 906.8 (Photograph) and Form 906.9 (Sketch). NFPA 170 provides symbols useful in diagramming a fire or explosion scene. Helpful information can also be found in "Formats for Fire Hazard Inspecting, Surveying, and Mapping," in the NFPA *Fire Protection Handbook*.

A.16.2.1 *Merriam-Webster's Collegiate Dictionary*, 11th Edition, defines photography as the art or process of producing images by the action of radiant energy and especially light on a sensitive surface (as film or an optical sensor).

A.16.2.1.1 The Scientific Working Group on Imaging Technology (SWGIT) facilitates the integration of imaging technologies and systems within the criminal justice system by providing definitions and recommendations for the capture, storage, processing, analysis, transmission, and output of images. For more information, visit https://www.swgit.org

A.16.2.1.2.2 For more information on preserving digital images, the investigator should visit the Scientific Working Group on Imaging Technology (SWGIT) website at www.fdi.org/images.

A.16.2.10 For guidance on preparation of LCD presentations, please visit the American Academy of Forensic Sciences website at www.aafs.org, under Meetings/Annual Meeting/LCD Guidelines.

A.16.3.2 Figure A.16.3.2(a) through Figure A.16.3.2(k) provide sample forms that can be used for data collection.

A.16.4.4(D) Many references, such as NFPA 170, 2006 edition, are available that can be used for assistance.

A.16.4.5.6 For more information, see Icove, *Forensic Fire Scene Reconstruction*, and John, *Kirk's Fire Investigation*.

A.16.4.6.4 Further information can be obtained by contacting specification organizations such as the Construction Specifications Institute (CSI), 601 Madison Street, Alexandria, VA 22314-1791.

A.16.5 For further information see Smith, Dennis W., "Must Fire Investigators Prepare a Written Investigation Report?" *NFPA Fire Journal*, May/June 2005, p. 65.

A.17.1 For relevant forms that can be used to document physical evidence, see Figure A.16.3.2(a), Figure A.16.3.2(b), Figure A.16.3.2(c), and Figure A.16.3.2(e).

ASTM E860, *Standard Practice for Examining and Testing Items That Are or May Become Involved in Product Liability Litigation*, 1997.

ASTM E1188, *Standard Practice for Collection and Preservation of Information and Physical Items by a Technical Investigator*, 1995.

ASTM E1459, *Standard Guide for Physical Evidence Labeling and Related Documentation*, 1992.

IAAI, *A Pocket Guide to Accelerant Evidence Collection*. Massachusetts Chapter, 1992.

IAAI Forensic Science Committee. "Position on Comparison Samples." *Fire and Arson Investigator* 41 (2) December 1990.

A.17.2.2 For further information see ASTM E860, *Standard Practice for Examining and Testing Items that are or May Become Involved in Litigation*, 1997; ASTM E1188 *Standard Practice for Collection and Preservation of Information and Physical Items by a Technical Investigator*, 1995; ASTM E1492, *Standard Practice for Receiving, Documenting, Storing, and Retrieving Evidence in a Forensic Science Laboratory*, 1992; and ASTM E1459, *Standard Guide for Physical Evidence Labeling and Related Documentation*, 1992.

A.17.3 For more information, see Smith, D.W. "Firefighter's Role and Responsibility in Preserving the Fire Scene and Physical Evidence," *The Times, NFPA Fire Service* 3, September 1995, p. 6.

A.17.4.2 For further information, see Massachusetts Chapter of International Association of Arson Investigators, *A Pocket Guide to Accelerant Evidence Collection*, 2007.

A.17.5.1.2 For further information see ASTM E860, *Standard Practice for Examining and Testing Items that are or May Become Involved in Litigation*, 1997; ASTM E1188, *Standard Practice for Collection and Preservation of Information and Physical Items by a Technical Investigator*, 1995; ASTM E1492, *Standard Practice for Receiving, Documenting, Sorting, and Retrieving Evidence in a Forensic Science Laboratory*, 1992; and ASTM E1459, *Standard Guide for Physical Evidence Labeling and Related Documentation*, 1992.

A.17.5.4.6 For more information on the qualifications of canine-handler teams including maintenance training, proficiency testing, and certification requirements see the guidelines developed and published by the Scientific Working Group on Dog and Orthogonal Detector Guidelines (SWGDOG) published in Furton, K., Greb, J., and Holness, H., "The Scientific Working Group on Dog and Orthogonal Detector Guidelines (SWGDOG)," Doc. No. 231952 (September 2010) available at https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/231952.pdf

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

FIRE INCIDENT FIELD NOTES

Agency: _____ File No: _____

TYPE OF OCCUPANCY

Location/ Address						
Property Description	Structure	Residential	Commercial	Vehicle	Wildland	Other
Other Relevant Info						

WEATHER CONDITIONS

Indicate Relevant Weather Information					
	Visibility	Rel. humidity	GPS	Elevation	Lightning
	Temperature	Wind direction	Wind speed	Precipitation	

OWNER

Name			DOB
d/b/a (if applicable)			
Address			
Telephone	Home	Business	Cellular

OCCUPANT

Name			DOB
d/b/a (if applicable)			
Permanent Address			
Temporary Address			
Telephone	Home	Business	Cellular

DISCOVERED BY

Incident Discovered by	Name		DOB
Address			
Telephone	Home	Business	Cellular

© 2020 National Fire Protection Association NFPA 921 (p. 1 of 2)

Δ **FIGURE A.16.3.2(a) Sample Form for Collecting Fire Incident Field Data.**

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

FIRE INCIDENT FIELD NOTES (Continued)

File No: _____

REPORTED BY

Incident Reported by	Name		DOB
Address			
Telephone	Home	Business	Cellular

INVESTIGATION INITIATION

Request Date and Time	Date of request	Time of request
Investigation Requested by	Agency name	Contact person/Telephone no.
Request Received by	Agency name	Contact person/Telephone no.

SCENE INFORMATION

Arrival Information	Date		Time		Comments	
Scene Secured	Yes	No	Securing agency		Manner of security	
Authority to Enter	Contemporaneous to exigency		Consent		Warrant	
			Written	Verbal	Admin.	Crim. / Other
Departure Information	Date		Time		Comments	

OTHER AGENCIES INVOLVED

	Dept. or Agency Name	Incident No.	Contact Person/Phone
Primary Fire Department			
Secondary Fire Department(s)			
Law Enforcement			
Private Investigators			

ADDITIONAL REMARKS

© 2020 National Fire Protection Association

Δ **FIGURE A.16.3.2(a)** ***Continued***

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

CASUALTY FIELD NOTES

Agency: _____ Incident date: _____ Case number: _____

DESCRIPTION

Name: _____ DOB: _____ Sex/Race: _____
Address: _____ Phone: _____
Other identifiers: _____
Description of clothing and jewelry: _____
Occupation: _____ Place of employment: _____
Marital status: _____
Victim's doctor: _____ Victim's dentist: _____
Smoker: ❑ Yes ❑ No ❑ Unknown

CASUALTY TREATMENT

Treated at scene: ❑ Yes ❑ No By: _____
Transported to: _____ Remarks: _____

SEVERITY OF INJURY

❑ Minor ❑ Moderate ❑ Severe ❑ Fatal
Describe injury: _____

NEXT OF KIN

Name: _____ Address: _____ Phone: _____
Relationship: _____ Notified on ___ /___ /_____ By: _____

FATALITY INFORMATION

Where was victim initially found: _____
Who located victim: _____
Body position when initially found: _____
Victim's appearance: _____
Body removed by: _____ To: _____
Photographed in place: ❑ Yes ❑ No Significant blood present under/near victim: ❑ Yes ❑ No

MEDICAL EXAMINER/CORONER

Agency: _____
Date of examination: ___ /___ /_____ Location: _____
Autopsy requested: ❑ Yes ❑ No Autopsy completed: ❑ Yes ❑ No Copy attached: ❑ Yes ❑ No
Full body x-rays: ❑ Yes ❑ No Other x-rays: _____
Identification made from: ❑ Physical appearance ❑ Dental records ❑ Fingerprints ❑ Prior injury comparison
❑ Other: _____
Condition of trachea: _____
Evidence of pre-fire injury: ❑ Yes ❑ No Type/location: _____
Blood samples taken: ❑ Yes ❑ No Other specimens collected: _____
CO level: _____ Blood alcohol: _____ Other: _____
Cause of death: _____

COMPLETE BODY DIAGRAM ON REVERSE

© 2020 National Fire Protection Association NFPA 921 (p. 1 of 2)

Δ FIGURE A.16.3.2(b) Sample Form for Collecting Casualty Field Data.

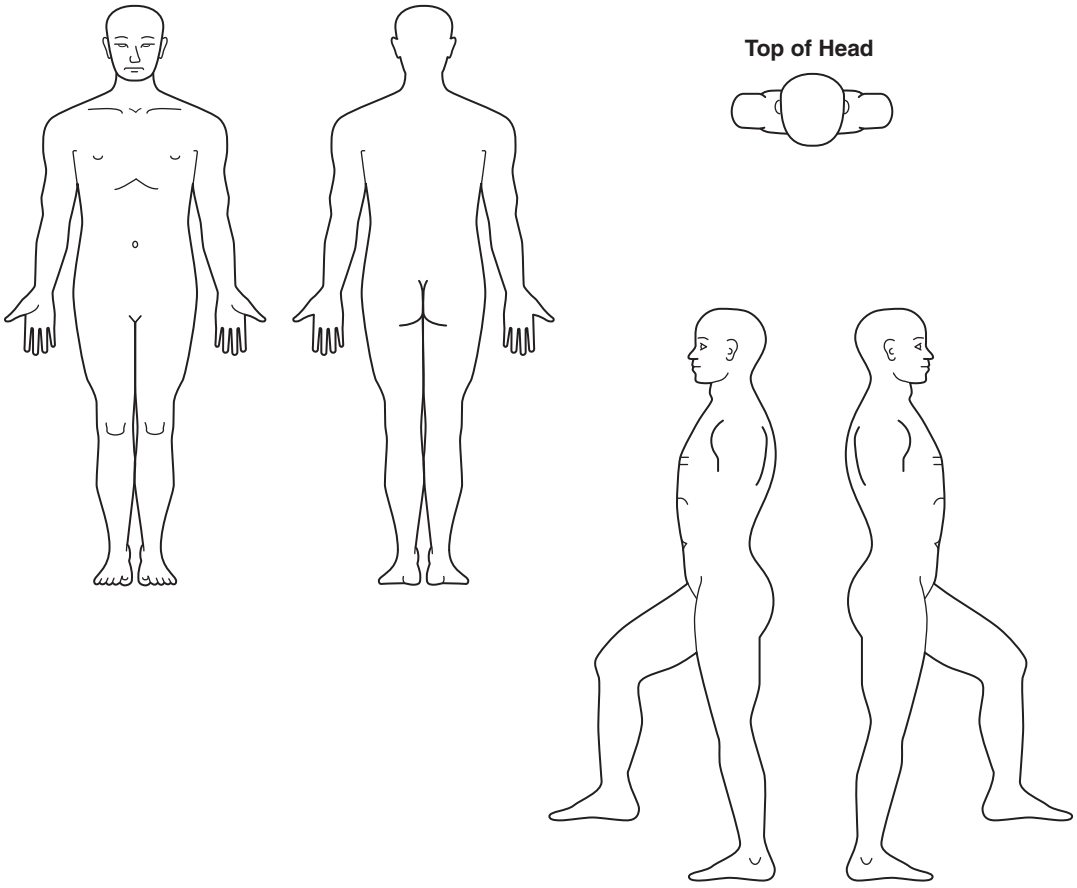
Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

CASUALTY FIELD NOTES (Continued)

REMARKS

BODY DIAGRAM

Indicate parts of body injured: ❑ None ❑ Blisters (red marker) ❑ Burns (black marker)



Fire Investigation Data Sheet/Attachment: _____ Initials: _____
Body Diagram

© 2020 National Fire Protection Association

Δ **FIGURE A.16.3.2(b)** ***Continued***

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

WILDFIRE NOTES

Agency: _____ File number: _____

PROPERTY DESCRIPTION

Fire damage: ❑ Less than acre _____ No. acres	Other properties involved:
Security: ❑ Open ❑ Fenced ❑ Locked gate	Comments:

FIRE SPREAD FACTORS

Type fire: ❑ Ground ❑ Crown	Factors: ❑ Wind ❑ Terrain	Comments:

AREA OF ORIGIN

PEOPLE IN AREA

At time of fire: ❑ Yes ❑ No ❑ Undetermined	Comments:

IGNITION SEQUENCE

Heat of ignition:

Material ignited:

Ignition factor:

If equipment involved: Make: Model: Serial no.:

Comments:

© 2020 National Fire Protection Association NFPA 921

Δ **FIGURE A.16.3.2(c) Sample Form for Collecting Wildfire Data.**

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

EVIDENCE FORM

Case #: _____

Date of incident: ___/___/___ Storage location: _____

Item No.	Description	Location		
_____	_____	_____	Destroyed	Released
_____	_____	_____	Destroyed	Released
_____	_____	_____	Destroyed	Released
_____	_____	_____	Destroyed	Released
_____	_____	_____	Destroyed	Released
_____	_____	_____	Destroyed	Released
_____	_____	_____	Destroyed	Released
_____	_____	_____	Destroyed	Released
_____	_____	_____	Destroyed	Released
_____	_____	_____	Destroyed	Released

How was evidence received? Date received: ___/___/___ Date stored: ___/___/___

❑ Removed from scene by investigator.

❑ Received by investigator from: _____
Name, Company, or Dept.

Received via: ❑ UPS ❑ FedEx ❑ Airborne ❑ U.S. Mail ❑ In person ❑ Freight _____
Name of Company

❑ Other: _____
Describe

_____ _____
Received by Case Investigator

LOCATION EVIDENCE REMOVED

_____ _____
Owner State Zip Phone

_____ _____
Company Address 2

_____ _____
Address 1 City

_____ _____
City State Zip Phone

© 2020 National Fire Protection Association

Δ FIGURE A.16.3.2(d) Sample Form for Collecting Evidence.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

EVIDENCE FORM (Continued)

INTERNAL EXAMINATION

Investigator	Date Pulled	Date Examined	Date Returned

EVIDENCE DESTRUCTION

Authorized by Date

Investigator's Authorization Date

Destroyed by Date

EVIDENCE RELEASE

Signature of Person Receiving Evidence

Person Receiving Evidence (Please Print) Date

Company Name

Address

City State Zip Code

Authorized by Date

Investigator's Authorization Date

Released via

REMARKS

EXAMINATION BY OTHERS

Name Date of Examination

Company

Address

City State Zip Phone

Authorized by

Investigator's Authorization Date

Name Date of Examination

Company

Address

City State Zip Phone

Authorized by

Investigator's Authorization Date

Name Date of Examination

Company

Address

City State Zip Phone

Authorized by

Investigator's Authorization Date

© 2020 National Fire Protection Association NFPA 921 (p. 2 of 2)

Δ **FIGURE A.16.3.2(d)** ***Continued***

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

VEHICLE INSPECTION FIELD NOTES

Job # _____ File # _____ Date of Occurrence _____
Insured _____ Date of Assignment _____
Address (City, State) _____ Date of Receipt _____
Loss Location _____ Date of Inspection _____
_____ Insp Location _____
Stolen? ❑ Yes ❑ No Recovered by _____ Time of Inspection _____
Police Report _____ Fire Report _____
# of Keys _____ Alarm System? ❑ Yes ❑ No Alarm Type _____
Hidden Keys? ❑ Yes ❑ No Location _____

VEHICLE

Make _____ Model _____ Year _____
VIN _____ Odometer _____

EXTERIOR

Tires	Tire Type	Wheel Type	Tire Tread Depth	Lugs	Missing
LF					
LR					
RR					
RF					
SP					

Doors	Glass Y/N	Window UP/DOWN	Locked Y/N	Open/Closed	Prior Damage
LF					
LR					
RR					
RF					

Body Panels	Construction	Condition	Prior Damage
F Bumper			
Grill			
LF Fender			
LR Quarter			
R Bumper			
RR Quarter			
RF Fender			
Hood			
Roof			
Trunk			

UNDER HOOD	Intact	Missing	Parts Missing	Condition
Engine				
Battery				
Belts & Hoses				
Wiring				
Accessories				

FLUIDS	Level	Condition	Sample Taken
Oil			
Transmission			
Radiator			
Pwr Steer			
Brake			
Clutch			

ATS 851B, 8/97 NFPA 921 (p. 1 of 2)

FIGURE A.16.3.2(e) Sample Form for Vehicle Inspection. *(Source: Applied Technical Services, Inc.)*

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

VEHICLE INSPECTION FIELD NOTES (Continued)

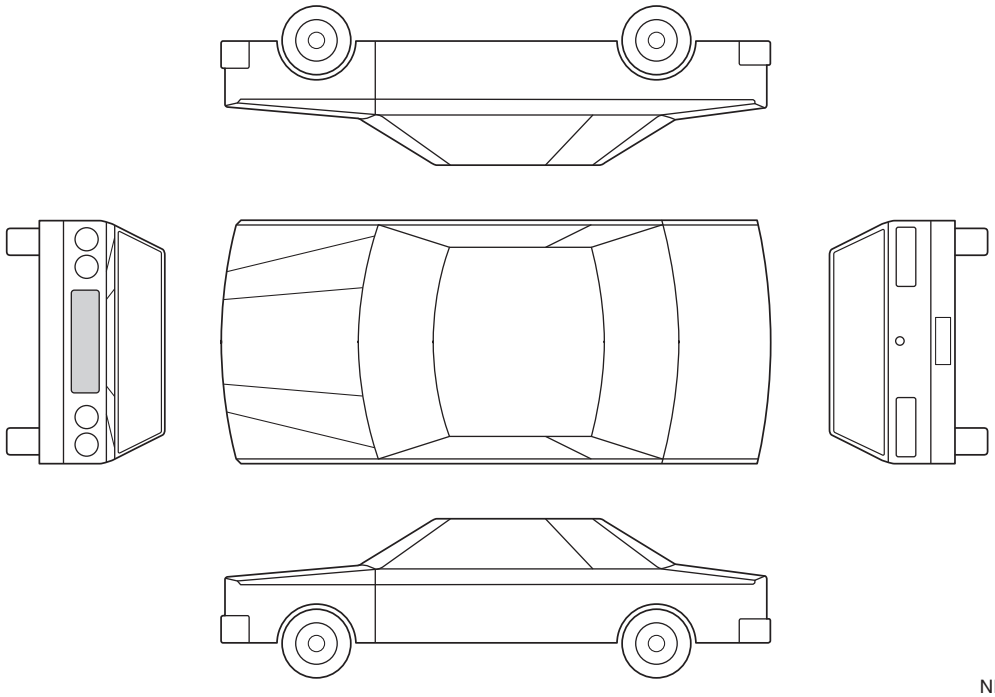
Job # _____

INTERIOR	Intact	Missing	Parts Missing	Condition
Dash Pod				
Glove Box				
Strg Column				
Ignition				
Front Seat				
Rear Seat				
Rear Deck				
			Make/Model	
Stereo				
Speakers				
Accessories				
FLOOR			**Sample Taken**	
LF				
LR				
RR				
RL				

PERSONAL EFFECTS IN THE INTERIOR

TRUNK OR CARGO AREA

AFTERMARKET ITEMS NOT PREVIOUSLY DESCRIBED



ATS 851B, 8/97 NFPA 921 (p. 2 of 2)

FIGURE A.16.3.2(e) *Continued*

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

INSURANCE INFORMATION

Agency: _____ File number: _____

COMPANY

Name 1.	Address	Phone no.
Policy no.	Effective date	Expiration date
Name 2.	Address	Phone no.
Policy no.	Effective date	Expiration date

COVERAGE

Structure/vehicle	Contents, personal property	Business interruption, loss earnings, living expenses
1. ❑ New ❑ Renewal	Name of insured	Address of insured
2. ❑ New ❑ Renewal	Name of insured	Address of insured
Previous insurance carrier name	Address	Phone no.

$ _____ Structure/vehicle $ _____ Contents $ _____ Other ? _____

Previous losses, cancellations

INSURANCE AGENT

Name 1.	Address	Phone no.
Name 2.	Address	Phone no.

ADJUSTER/INVESTIGATOR

Name of company adjuster/investigator 1.	Address	Phone no.
Name of company adjuster/investigator 2.	Address	Phone no.
Name of public adjuster	Address	Phone no.

TOTAL PAID LOSS

Structure 1. $	Contents/personal property 1. $	Other (Explain) 1. $
Structure 2. $	Contents/personal property 2. $	Other (Explain) 2. $

REMARKS

© 2020 National Fire Protection Association NFPA 921

Δ FIGURE A.16.3.2(f) Sample Form for Insurance Information.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

RECORDS/DOCUMENTS

Agency: _____ File number: _____

Use this form as a checklist to indicate which records have been considered in the investigation. The Remarks sections should be used to note availability, contacts, and so forth.

INCIDENT RELATED

Fire dept. name	Incident no.	Remarks
Police dept. name	File no.	Remarks
Insurance co. name	Case no.	Remarks
Gas co. name	Remarks	
Electric co. name	Remarks	
Media coverage	Remarks	
Media coverage	Remarks	
Media coverage	Remarks	
Other–incident related	Remarks	
Other–incident related	Remarks	

PROPERTY RECORDS

Mortgage holder	Remarks
Lien holder	Remarks
Tax records	Remarks
Contracts/leases	Remarks
Titles/registrations	Remarks
Zoning/codes	Remarks
Deeds	Remarks
Other	Remarks
Other	Remarks

BUSINESS/PERSONAL

Accounting	Remarks
Inventory	Remarks
Banks/credit unions, etc.	Remarks
Business and personal tax	Remarks
Criminal history	Remarks
Civil litigations	Remarks

© 2020 National Fire Protection Association NFPA 921

Δ **FIGURE A.16.3.2(g) Sample Form for Records/Documents.**

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

PHOTOGRAPH LOG

Roll #: _____ Exposures: _____

Case #: Date:

Camera make/type: Film type: Film speed: ASA:

Number	Description	Location
1)		
2)		
3)		
4)		
5)		
6)		
7)		
8)		
9)		
10)		
11)		
12)		
13)		
14)		
15)		
16)		
17)		
18)		
19)		
20)		
21)		
22)		
23)		
24)		
25)		
26)		
27)		
28)		
29)		
30)		
31)		
32)		
33)		
34)		
35)		
36)		

Photos taken by: _____ Initials: _____

© 2020 National Fire Protection Association NFPA 921

Δ FIGURE A.16.3.2(h) Sample Form for Photograph Log.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

ELECTRICAL PANEL DOCUMENTATION

Fire location:	Date:	Case #:

Panel location:	Main size:	Fuses: ☐
		Circuit breakers: ☐

LEFT BANK

#	Rating Amps	Labeled Circuit	Status
1	—		—
3	—		—
5	—		—
7	—		—
9	—		—
11	—		—
13	—		—
15	—		—
17	—		—
19	—		—
21	—		—
23	—		—
25	—		—
27	—		—
29	—		—

Notes:

RIGHT BANK

#	Rating Amps	Labeled Circuit	Status
2	—		—
4	—		—
6	—		—
8	—		—
10	—		—
12	—		—
14	—		—
16	—		—
18	—		—
20	—		—
22	—		—
24	—		—
26	—		—
28	—		—
30	—		—

Notes:

Documented by: _____

© 2020 National Fire Protection Association NFPA 921

Δ FIGURE A.16.3.2(i) Sample Form for Electrical Panel Data.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

STRUCTURE FIRE

Agency: _____ Case number: _____

TYPE OF OCCUPANCY

Residential	Single family	Multifamily	Commercial	Governmental
Church	School	Other:		

Estimated age:	Height (stories):	Length:	Width:

PROPERTY STATUS

Occupied at time of fire? ❑ Yes ❑ No	Unoccupied at time of fire? ❑ Yes ❑ No	Vacant at time of fire? ❑ Yes ❑ No
Name of person last in structure prior to fire:	Time and date in structure:	Exited via which door/egress:
Remarks:		

BUILDING CONSTRUCTION

Foundation Type	Basement		Crawl space		Slab		Other:
Material	Masonry		Concrete		Stone		Other:
Exterior Covering	Wood	Brick/Stone	Vinyl	Asphalt	Metal	Concrete	Other:
Roof	Asphalt	Wood	Tile	Metal			Other:
Type of Construction	Wood frame	Balloon	Heavy timber	Ordinary	Fire resistive	Non-combustible	Other:

ALARM/PROTECTION/SECURITY

Sprinklers ❑ Yes ❑ No	Standpipes ❑ Yes ❑ No	Security camera(s) ❑ Yes ❑ No
Smoke detectors ❑ Yes ❑ No	Hardwired ❑ Yes ❑ No	Battery ❑ Yes ❑ No
Were batteries in place? ❑ Yes ❑ No	Location(s):	
Hidden keys ❑ Yes ❑ No where:	Security bars: Windows? ❑ Yes ❑ No	Doors? ❑ Yes ❑ No
Remarks:		

© 2020 National Fire Protection Association NFPA 921 (p. 1 of 2)

Δ **FIGURE A.16.3.2(j) Sample Form for Structure Fire Data.**

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

STRUCTURE FIRE (Continued)

CONDITION OF DOORS/WINDOWS

Doors	Locked	Unlocked but closed	Open	
	Forced entry? ❑ Yes ❑ No	Who forced if known?		
Windows	Secure	Unlocked but closed	Open	Broken
	Broken by first responders? ❑ Yes ❑ No	Remarks:		

FIRE DEPARTMENT OBSERVATIONS

Name of first on scene:	Department:
General observations:	
Obstacles to extinguishment?	First-In Report attached? ❑ Yes ❑ No

UTILITIES

Electric	❑ On ❑ Off ❑ None		❑ Overhead ❑ Underground	
	Company:	Contact:	Telephone:	
Gas/Fuel	❑ On ❑ Off ❑ None		❑ Natural ❑ LP ❑ Oil	
	Company:	Contact:	Telephone:	
Water	Company:	Contact:	Telephone:	
Telephone	Company:	Contact:	Telephone:	
Other	Company:	Contact:	Telephone:	

COMMENTS:

© 2020 National Fire Protection Association

Δ **FIGURE A.16.3.2(j)** ***Continued***

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

COMPARTMENT FIRE MODELING

Room Number _____ Use _____

Size (use diagrams if possible) Wall/floor/ceiling

Construction

Length _____ _____

Width _____ _____

Height _____ _____

Lining materials that represent over 10% of room lining
(Include thickness, density, and other material characteristics if known.)

Wall Material Percentage of Area Involved

_____ _____

_____ _____

_____ _____

Ceiling Material

_____ _____

_____ _____

Floor or Floor Covering Material

_____ _____

_____ _____

Doors, Windows, and Other Openings [Enter all heights as distance above floor. If door sill is at floor, enter zero (0).]

Openings	To Top	To Sill	Width	Changes During Fire (How?)[1]

[1] For example: "Window broke at 10:33" or "Door was closed until opened by escaping occupant, then left open — Exit Time 10:30."

© 2020 National Fire Protection Association NFPA 921 (p. 1 of 2)

Δ FIGURE A.16.3.2(k) Sample Form for Compartment Fire Modeling Fire Data.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

COMPARTMENT FIRE MODELING (Continued)

Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC). Include air flows from HVAC systems. Give rates and positions of supply and return or exhaust in this room. Also sizes and types of ducts/diffusers.

Tightness of Walls, Closed Windows, Door Fits, etc. (Unless fit is very loose, classify as tight, average, or loose. If fit is very loose, try to get size, number, and location of cracks, etc.)

Doors

Windows

Inside Walls

Exterior Walls

Fire History (List all significant events involving progress of the fire.)

	Time (hard or soft)	Event
e.g.,	1:10 a.m.	sofa involved, flames 3 feet high
	1:17 a.m.	room flashover
	1:19 a.m.	large fire plume into hallway
	1:23 a.m.	smoke out of third floor window

Initial Fuel Item(s) Description

Description	Size	Material
e.g., sofa	full	polyurethane, with cotton upholstery

Suspected Igniter (List igniter if known with qualification on confidence.)

Igniter: *e.g., cigarette*

Confidence: *probable*

© 2020 National Fire Protection Association NFPA 921 (p. 2 of 2)

Δ **FIGURE A.16.3.2(k)** ***Continued***

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

A.17.7.5 See IAAI Forensic Science Committee, "Position on the Use of Accelerant Detection Canines," Fire and Arson Investigator, 45, No 1 (September 1994).

N **A.17.7.6** For further information, see IAAI Forensic Science Committee, "Position on the Use of Accelerant Detection Canines," *Fire and Arson Investigator,* 45, No 1 (September 1994).

N **A.17.7.6(1)** This section states that screening for contamination is a proper purpose of IGL canine-handler teams; however, it is not intended to imply that using a canine is necessary for this purpose. Investigators should follow procedures to avoid possible contamination, but there are many different ways to address this concern. Examples include following recognized practices for cleaning and storing tools, obtaining containers for evidence collection from a reliable supplier that spot-tests a representative sample of the containers to negate concerns of contamination, and the like.

N **A.17.7.6(2)** Some jurisdictions also permit the canine to search persons or crowds. Searches of persons or crowds are not advised if the canine and handler have not been adequately trained to do so, or if there are safety concerns that cannot be mitigated, for the handler, for the subject persons, or for the canine. Either the consent of the person(s) being sniffed by the canine or a search warrant may be necessary.

N **A.17.7.7** For more information, see McKenna and Hewitt, "NFPA 921 in Criminal Cases," proceedings of the International Symposium on Fire Science and Technology 393 (2010).

A.17.7.7.1 For more information, see Kurz et al., "Evaluation of Canines for Accelerant Detection at Fire Scenes"; DeHaan, "Canine Accelerant Detection Teams: Validation and Certification"; and Tindall and Lothridge, "An Evaluation of 42 Accelerant Detection Canine Teams."

A.17.7.7.3 For further information, see Lentini, J.J., J.A. Dolan, and C. Cherry, "The Petroleum-Laced Background," *Journal of Forensic Science* 45 (5) (2000): 968–989.

N **A.17.7.8.3** The definition provided in this section is adapted in part or in whole from the SC8 *Substance Detector Dogs: Accelerant Detection, Scientific Working Group on Dog and Orthogonal Detector Guidelines,* section 6 "Use of Records and Documentation," approved 08/15/2007.

A.18.4.1.6 For more information, see Cox, Andrew, "Origin Matrix Analysis: A Systematic Methodology for the Assessment and Interpretation of Compartment Fire Damage," *Fire & Arson Investigator* 64, no. 1 (2013): 37–47.

A.18.4.2 For more information on heat and flame vector analysis, see the following references:

Shanley, J. H. Jr.; Alletto, W. C.; Corry, R.; Herndon, J.; Kennedy, P. M.; and Ward, J.; "Federal Emergency Management USFA Fire Burn Pattern Tests." Report of the United States Fire Administration Program for the Study of Fire Patterns, FA 178; p. 221 July 1997.

Kennedy, J. and P. Kennedy. *Fires and Explosions— Determining Cause and Origin.* Chicago: Investigations Institute, 1985, pp. 442–444.

Shanley, J., and P. Kennedy. "Program for Study of Fire Patterns," Annual Conference on Fire Research (Gaithersburg, Maryland: National Institute of Standards and Technology (NIST), Building and Fire Research Laboratory (BFRL), 1992).

Kennedy, P. and J. Shanley, "Report on the USFA Program for the Study of Fire Pattern," Interflam '96 Proceedings (London: Interscience Communications, 1996), pp. 971–975.

Kennedy, P. "NFPA 921, 'Heat and Flame Vector Analysis,' and Current Fire Pattern Analysis Research," Interflam '99 Proceedings. London: Interscience Communications, 1999, pp. 1311–1316.

Icove, D. and J. DeHaan, *Forensic Fire Scene Reconstruction.* Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall, 2004, pp. 102–105.

DeHaan, J. *Kirk's Fire Investigation*, 6th ed., Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall, 2007, p. 238.

A.18.4.4.1 For more information, see Carman, S. W., "Improving the Understanding of Postflashover Fire Behavior," Proceedings of the 3rd International Symposium on Fire Investigations Science and Technology (ISFI). Cincinnati, OH, May 19–21, 2008. Also available at www.carmanfireinvestigations.com.

A.18.4.4.2 For further information, see Cox, "Origin Matrix Analysis: A Systematic Methodology for the Assessment and Interpretation of Compartment Fire Damage."

A.18.4.5 For more information, see the following:

Carman, S. W., "Investigation of an Elevated Fire — Perspectives on the 'Z-Factor,'" Conference Proceedings — Fire and Materials, 12th International Conference and Exhibition, 2011.

Claflin, P., "Effects of Multiple Ventilation Openings on a Post-Flashover Compartment Fire," *Fire & Arson Investigator* 64, no. 3 (2014): 16.

N **A.18.4.5.1** See Figure A.18.4.5.1 for an example of an expanded origin matrix analysis.

A.18.4.5.2 For additional information, see Carman, S. W., "Investigation of an Elevated Fire — Perspectives on the 'Z-Factor,'" Conference Proceedings — Fire and Materials, 12th International Conference and Exhibition, 2011.

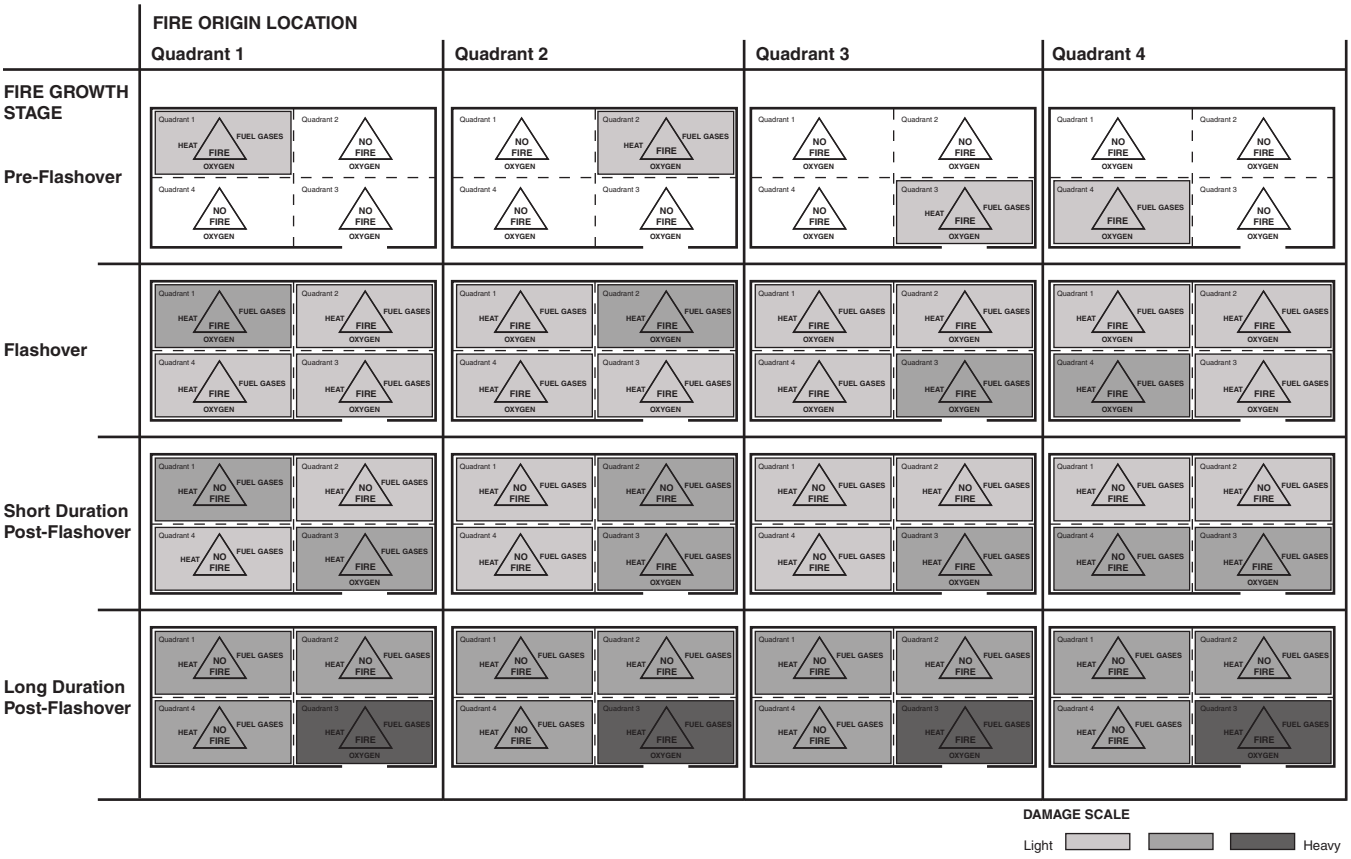
A.19.3.4 See ASTM G145-08, *Standard Guide for Studying Fire Incidents in Oxygen Systems,* and NFPA 430.

A.19.6.4.1 Example reference sources include the following:

(1) FIREDOC, an online searchable fire library maintained by the NIST Building and Fire Research Lab (http://fris2.nist.gov/starweb/FireDoc/servlet.starweb?path=FireDoc/firedoc.web)
(2) The *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* fifth edition, Hurley, M. (ed.), Gaithersburg, MD, 2016.
(3) The International Association of Fire Safety Science (http://iafss.org/) websites has all symposia and the Fire Research Notes searchable on-line. The Fire Research Notes are the comprehensive record of research conducted by the UK Fire Research Station (FRS) over the period from 1952 to 1978 on all aspects of fire and explosion safety.

•

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA



N FIGURE A.18.4.5.1 Origin Matrix Analysis Example.

A.20.1 For more information, see the following:

ANSI Z535.4, *Product Safety Signs and Labels*, 1998.

ANSI Z535.5, *Accident Prevention Tags*, 1998.

UL 969, *Standard for Marking and Labeling Systems*, 1995, revised 2008.

FMC Corporation, *FMC Product Safety Sign and Label System Manual.*

Δ A.21.1 For more information, see Kimamoto, H., *Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists.*

For examples of studies that incorporate timelines and data development via full-scale and bench-scale fire testing and fire modeling, see Grosshandler, "Report of the Technical Investigation of The Station Nightclub Fire," and Madrzykowski, "Cook County Administration Building Fire, NIST SP-1021, Heat Release Rate Experiments and FDS Simulations."

For fire test methods, see the following:

NFPA 253.

NFPA 260.

NFPA 261.

NFPA 286, *Standard Methods of Fire Tests for Evaluation Contribution of Wall and Ceiling Interior Finish to Room Fire Growth.*

NFPA 289.

ASTM D56, *Standard Test Method for Flash Point by Tag Closed Tester.*

ASTM D92, *Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup.*

ASTM D93, *Standard Test Method for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester.*

ASTM D1230, *Standard Test Method for Flammability of Apparel Textiles.*

ASTM D1310, *Standard Test Method for Flash Point and Fire Point of Liquids by Tag Open-Cup Apparatus.*

ASTM D1929, *Standard Test Method for Determining Ignition Temperature of Plastics.*

ASTM D2859, *Standard Test Method for Flammability of Finished Textile Floor Covering Materials.*

ASTM D3065, *Standard Test Methods for Flammability of Aerosol Products.*

ASTM D3828, *Standard Test Methods for Flash Point by Small Scale Closed Tester.*

ASTM D4809, *Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (Precision Method).*

ASTM D5305, *Standard Test Method for Determination of Ethyl Mercaptan in LP-Gas Vapor.*

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

ASTM E84, *Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials.*

ASTM E108, *Standard Test Method for Fire Tests of Roof Coverings.*

ASTM E119, *Standard Methods of Fire Tests of Building Construction and Materials.*

ASTM E603, *Standard Guide for Room Fire Experiments.*

ASTM E648, *Standard Test Method for Critical Radiant Flux of Floor-Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source.*

ASTM E659, *Standard Test Method for Autoignition Temperature of Liquid Chemicals.*

ASTM E681, *Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals.*

ASTM E800, *Standard Guide for Measurement of Gases Present or Generated During Fires.*

ASTM E906/E906M, *Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products.*

ASTM E1226, *Test Method for Pressure and Rate of Pressure Rise for Combustible Dusts.*

ASTM E1354, *Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter.*

ANSI/UL 263, *Standard for Safety Fire Tests of Building Construction and Materials.*

A.21.3.1 For more information on fault trees, see NFPA *Fire Protection Handbook,* 18th ed., pp. 37–41; NFPA 550, 2007 edition; and Kimamoto and Henley, *Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists*, Ch. 4.

A.21.4.1.6 For an example of a V & V document relating to a fire model, see *Engineering Guide—Evaluation of the Computer Fire Model DETACT-QS*, Society of Fire Protection Engineering, Bethesda, MD, 2002.

A.21.4.7 For additional information on egress analysis, see Section B.7.

A.21.4.8 More extensive discussions of fire dynamics analyses and models are included in the NFPA *Fire Protection Handbook,* and *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering.*

A.21.4.8.3.1 For more information, see:

Iqbal, Naeem, "Fire Dynamics Tools (FDTs): Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) Fire Protection Inspection Program, Final Report."

Fire Dynamics Tools is currently maintained, and has undergone a V & V process as documented in Verification and Validation of NUREG 1824, *Selected Fire Models for Nuclear Power Plant Applications.*

A.21.5.2 Figure A.16.3.2(k) gives examples of forms that can be used in data collection for compartment fire modeling.

A.22.1 The references in Section B.8 are of value when considering additional technical information on explosions involving structures or vessels. For more information see the following:

ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, 2007.

Baker, W. E. *Explosion Hazards and Evaluations.* Amsterdam–New York: Elsevier Publishers, 1983.

Baker, W. E., and M. J. Tang. *Gas, Dust, and Hybrid Explosions.* Amsterdam–New York: Elsevier Publishers, 1991.

Bartknecht, W. *Dust Explosions.* Berlin–New York: Springer-Verlag, 1989.

Bartknecht, W. *Explosions — Course Prevention Protection.* New York: Springer-Verlag, 1980.

Best, R., and W. L. Walls. "Hot Water Heater BLEVE in School Kills Seven." *Fire Journal* 76, No. 5 (September 1982): pp. 20–24 and 104–105.

Bodurtha, F. T. *Industrial Explosion Prevention and Protection.* New York: McGraw Hill, 1980.

Cashdollar, K., and M. Hertzberg. *Explosibility and Ignitibility of Plastic Abrasive Media.* Internal Report No. 4657, June 1987.

Center for Chemical Process Safety. *Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires and BLEVEs.* Washington, DC: American Institute of Chemical Engineers, 1994.

Chemical Propulsion Information Agency. *Hazards of Chemical Reactants and Propellants*, CPIA 394, September 1984.

Eckhoff, R. K. *Dust Explosions in the Process Industries.* Butterworth–Heineman, 1997.

Fleischmann, C. M., P. J. Pagni, and R. B. Williamson, "Exploratory Backdraft Experiments," *Fire Technology* 29(4), 1993.

Fleischmann, C. M., P. J. Pagni,, and R. B. Williamson. "Quantitative Backdraft Experiments," *4th International Symposium on Fire Safety Science*, International Association for Fire Safety Science, 1994.

Gottuk, D. T., M. J. Peatross, J. P. Farley, and F. W. Williams, "The Development and Mitigation of Backdraft: A Real-Scale Shipboard Study," *Fire Safety Journal*, 33(4), November 1999.

Gottuk, D. T., F. W. Williams, and J. P. Farley. "The Development and Mitigation of Backdrafts: A Full-Scale Experimental Study," *Fire Safety Science—Proceedings of the Fifth International Symposium*, International Association of Fire Safety Science, 1997.

Gugan, K. *Unconfined Vapor Cloud Explosions.* Houston, TX: Gulf Publishing, 1978.

Harris, R. J. *The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plants.* London and New York: E&FN Spoon, Ltd., 1983.

Hertzberg, M., and K. Cashdollar. "Domains of Flammability and Thermal Ignitibility for Pulverized Coals and Other Dusts; Particle Size Dependence and Microscopic Residue Analyses." *19th Symposium on Combustion.* Combustion Institute, 1982, pp. 1169–80.

Institute of Makers of Explosives. *Glossary of Commercial Explosives Industry Terms.* Washington, DC: Safety Library Publications, No. 12, 1985.

Kennedy, P., and J. Kennedy. *Explosion Investigation and Analysis.* Chicago, IL: Investigations Institute, 1990.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

National Fire Academy, Open Learning Fire Service Program. *Fire Dynamics Course Guide/Reader, Unit 4 — Explosions.* Emmitsburg, MD: National Emergency Training Center.

Nettleton, M. A. *Gaseous Detonations; Their Nature, Causes and Control.* New York: Routledge, Chapman and Hall, 1987.

NFPA 68, *Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting*, 2008 edition.

NFPA 69, *Standard on Explosion Prevention Systems*, 2008 edition.

NFPA 654, *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*, 2006 edition.

Prugh, R. W. "Quantitative Evaluation of 'BLEVE' Hazards," *Journal of Fire Protection Engineering* 3(1) (March 1981).

Stull, D. R. "Fundamentals of Fire and Explosion," AICHE Monograph Series 73(10), 1977.

Title 49, Code of Federal Regulations, Part 178, "Specification for Packagings," U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

U.S. Army Technical Manual, TM 5-1300, Revision 1, "Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions," Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

USBM. *Fire and Explosion Manual for Aircraft Accident Investigations.* Washington, DC: U.S. Bureau of Mines, 1973.

USBM. *Investigation of Fire and Explosion Accidents in the Chemical Mining and Fuel-Related Industries — A Manual.* Washington, DC: U.S. Bureau of Mines, 1985.

USBM. *Pressure Development in Laboratory Dust Explosions.* Washington, DC: U.S. Bureau of Mines.

USBM. *Preventing Ignition of Dust Dispersion by Inerting*, Report of Investigations 6543. Washington, DC: U.S. Bureau of Mines, 1964, p. 12.

Walls, W. J. "Just What Is a BLEVE?" *Fire Journal* 72(6) (November 1978): 46–47.

Yallop, J. *Explosion Investigation.* Harrogate, UK: Forensic Science Society Press, 1980.

Zabetakis, M. G. *Flammability Characteristics of Combustible Gases and Vapors*, Bulletin 627, 1965.

Zalosh, R., "Flammable Gas and Vapor Explosions," and "Dust Explosions," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering.* 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

A.22.2 For more information, see the NFPA *Fire Protection Handbook,* 19th ed., Section 1, Chapter 6.

A.22.2.2 For more information on BLEVEs, see the following publications: Walls, W. J. "Just What Is a BLEVE?" *Fire Journal* 72(6) (November 1978): 46–47 and Best, R. and W. L. Walls, "Hot Water Heater BLEVE in School Kills Seven," *Fire Journal* 76(5) (September 1982): 20–24 and 104–105.

A.22.2.3 For more information, see the NFPA *Fire Protection Handbook*, 19th ed., Section 1, Chapter 6.

A.22.3.2 For more information, see Kennedy, P., and J. Kennedy. *Explosion Investigation and Analysis.* Chicago, IL: Investigations Institute, 1990.

A.22.4.3.2 For additional information on Fireballs See: Lees' Loss Prevention in the Process Industries, 16.15 Fireballs, Babrauskas, Vytenis, Ignition Handbook, p. 524-527.

A.22.5.3 For more information, see the following publications:

Bartknecht, W. Explosions — Course Prevention Protection. New York, NY: Springer-Verlag, 1980.

NFPA 68, 2008 edition.

Zalosh, R., "Flammable Gas and Vapor Explosions," and "Dust Explosions," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

A.22.5.4 For more information, see NFPA 68, 2007 edition.

A.22.7.3 Additional information may be found in Yallop, J. *Explosion Investigation.* Harrogate, UK: Forensic Science Society Press, 1980.

A.22.8.1 For more information, see NFPA 77, 2007 edition.

A.22.8.2.1 The following references provide additional information on flame speeds:

Harris, R. J. *The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plants.* London and New York: E & FN Spoon, Ltd., 1983.

NFPA 68, 2007 edition.

A.22.8.2.1.4 Laminar burning velocity has sometimes been referred to in the historical literature as the fundamental flame speed, or the laminar flame speed. This document specifically refers to these properties in the terms as discussed in 22.8.2.1.4 through 22.8.2.1.6.

A.22.8.2.2 For more information, see the following publications:

Kennedy, J., and P. Kennedy. *Fires and Explosions — Determining Cause and Origin.* Chicago, IL: Investigations Institute, 1985.

O'Loughlin, J. R., and C. F. Yokomoto, "Computation of One-Dimensional Spread of Leaking Flammable Gas." *Fire Technology* 25(4) (November 1989): 308–16.

Rabinkov, V. A. "The Distribution of Flammable Gas Concentrations in Rooms," *Fire Safety Journal* 13 (1988): 211–17.

A.22.8.2.2.5 Harris (1983) pp. 18-25.

A.22.8.2.2.6 Kennedy, P., and J. Kennedy. Explosion Investigation and Analysis. Chicago, IL: Investigations Institute, 1990. pp. 74-81.

A.22.8.4 For more information, see Harris, R. J. *The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plants.* London and New York: E & FN Spoon, Ltd., 1983.

Δ **A.22.9.1.1** NFPA 68 provides a more complete introduction to fundamentals of dust explosions.

A.22.9.2 For more information, see the following publications:

Hertzberg, M. and K. Cashdollar, "Domains of Flammability and Thermal Ignitibility for Pulverized Coals and Other Dusts: Particle Size Dependence and Microscopic Residue Analyses," *19th Symposium on Combustion.* Pittsburgh, PA: Combustion Institute, 1982, pp. 1169–80.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Hertzberg, M., and K. Cashdollar. *Explosibility and Ignitibility of Plastic Abrasive Media*. Washington, DC: U.S. Bureau of Mines, Internal Report No. 4657, June 1987.

A.22.9.3 Published values have to be used with caution since the literature contains values that are unreliability low due to measurement error. The Minimum Explosive Concentration (MEC) values measured in the historically used Hartmann Apparatus are roughly too low by a factor of two. MEC values for dust-air mixtures in vessels of 20-L or greater in volume can be measured using ASTM E1515, *Standard Test Method for Minimum Explosible Concentration of Combustible Dusts. (See Babrauskas' Ignition Handbook.)*

A.22.9.5 For more information, see USBM, *Preventing Ignition of Dust Dispersion by Inerting*, Washington, DC: U.S. Bureau of Mines, Report of Investigations 6543. 1964, p. 12.

A.22.10 For more information, see the following:

Gottuk, D. T., M. J. Peatross, J. P. Farley, and F. W. Williams, "The Development and Mitigation of Backdraft: A Real-Scale Shipboard Study," *Fire Safety Journal*, 33 (4) (November 1999): 261–282.

Gottuk, D. T., F. W. Williams, and J.P. Farley. "The Development and Mitigation of Backdrafts: A Full-scale Experimental Study," *Fire Safety Science — Proceedings of the Fifth International Symposium*, International Association of Fire Safety Science, 1997, pp. 935–946.

Fleischmann, C. M., P. J. Pagni, and R. B. Williamson, "Exploratory Backdraft Experiments," *Fire Technology* 29(4) (1993), 298–316.

Fleischmann, C. M., P. J. Pagni, and R. B. Williamson, "Quantitative Backdraft Experiments," *4th International Symposium on Fire Safety Science*, International Association for Fire Safety Science, 1994, pp. 337–348.

A.22.12 For more information, see Institute of Makers of Explosives, *Glossary of Commercial Explosives Industry Terms*. Washington, DC: Safety Library Publications No. 12, 1985.

A.22.18.4 For condensed phase explosives, a methodology such as that presented in U.S. *Army Technical Manual*, TM5-1300, "Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions" (U.S. GPO, Washington, DC), can be used to estimate the amount and configuration of explosives necessary to cause the damage. Far-field effects are associated with the explosion damage that results from the air blast fronts and flying fragments. ATNT energy equivalent of the exploding system can be deduced from projectile weight, distance, and resulting damage. More details can be found in National Fire Academy, *Fire Dynamics Course Guide/Reader, Unit 4 — Explosions*. Emmitsburg, MD: National Emergency Training Center.

Δ **A.23.1** For more information, see the following:

Carman, S. *High Temperature Accelerants, A Study of HTA Fires Reported in the United States and Canada Between January 1981 and August 1991*, Sacramento, CA: U.S. Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms, October 1994.

DeHaan, J. "Canine Accelerant Detection Teams: Validation and Certification," *CAC News*, California Association of Criminalists, July 1994.

Douglas, J. E., A. W. Burgess, A. G. Burgess, and R. K. Ressler. *Crime Classification Manual*. New York: Lexington Books, 1997.

Icove, D. J. *Incendiary Fire Analysis and Investigation*. Open Learning Fire Science Program Course. Lexington, MA: Ginn Custom Publishing, 1983.

Icove, D. J., V. B. Wherry, and J. D. Schroeder. *Combatting Arson for Profit*. Columbus, OH: Battelle Press, 1980.

Kurz, M., et al. "Evaluation of Canines for Accelerant Detection at Fire Scenes," *Journal of Forensic Sciences* 39(6) (November 1994): 1528–36.

Model Penal Code, Section 220.1(1), American Law Institute, Philadelphia, PA.

Restatement of the Law, Second Torts, 402A, American Law Institute, Philadelphia, PA.

Sapp, A. D., T. G. Huff, G. P. Gary, and D. J. Icove. "A Motive-Based Offender Analysis of Serial Arsonist," Department of Justice/Federal Bureau of Investigation/Federal Emergency Management Agency.

Tindall, R., and K. Lothridge. "An Evaluation of 42 Accelerant Detection Canine Teams." *Journal of Forensic Sciences* 40(4) (July 1995): 561–64.

A.23.2.7.4 See Carman, S. *High Temperature Accelerants, A Study of HTA Fires Reported in the United States and Canada Between January 1981 and August 1991*. Sacramento, CA: U.S. Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms, October 1994.

A.23.4.2.1 For additional information, see Icove, D. J, *Incendiary Fire Analysis and Investigation*. Open Learning Fire Service Program Course. Lexington, MA: Ginn Custom Publishing, 1983.

A.23.4.9 See Douglas et al., *Crime Classification Manual*, New York, NY: Lexington Books, 1992, p. 165.

A.23.4.9.3 See Sapp et al., *A Motive-Based Offender Analysis of Serial Arsonist,* Department of Justice pp. 4 and 71.

The following are the numerical classifications for firesetting used by the *Crime Classification Manual*.

(1) **Vandalism** (200)
- (a) Willful and malicious mischief (201)
- (b) Peer acceptance/group pressure (202)
- (c) and other — not classified further (209)

(2) **Excitement** (210)
- (a) Thrill seeking (211)
- (b) Attention seeking (212)
- (c) Recognition (213)
- (d) Sexual gratification or perversion (214)

(3) **Revenge** (220)
- (a) Personal retaliation (221)
- (b) Societal retaliation (222)
- (c) Institutional retaliation (223)
- (d) Group retaliation (224)
- (e) Intimidation (225)
- (f) Other (229)

(4) **Crime concealment** (230)
- (a) Murder (231)
- (b) Suicide (232)

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

(c) Breaking and entering or burglary (233)
(d) Embezzlement (234)
(e) Larceny (235)
(f) Destroying records or documents (236) and other (239)

(5) **Profit** (240)

(a) Fraud fires (241)

i. Fraud to collect insurance (241.01)
ii. Fraud to liquidate property (241.02)
iii. Fraud to dissolve a business (241.03)
iv. Fraud to conceal a loss or liquidate inventory (241.04)

(b) Employment (242)
(c) Parcel/property clearance (243)
(d) Competition (244)
(e) Other (249)

(6) **Extremist** (250)

(a) Terrorism (251)
(b) Riot/civil disturbance (253)

The numerical classifications, which appear in the parentheses behind the classifications and the subclassifications, correspond with the classifications of the *Crime Classification Manual*.

A.23.4.9.3.3 See DeHaan, *Kirk's Fire Investigation*, p. 400.

A.23.4.9.3.4 See Sapp et al., *A Motive-Based Offender Analysis of Serial Arsonist*, pp. 7–8, 28, 31, 38, 41. Also see DeHaan, *Kirk's Fire Investigation*, page 402.

A.23.4.9.3.5 See DeHaan, *Kirk's Fire Investigation*, p. 402.

A.23.4.9.3.6 See DeHaan, *Kirk's Fire Investigation*, pp. 396–398.

A.23.4.9.3.7 See DeHaan, *Kirk's Fire Investigation*, p. 403.

A.24.2 Birky, M., B. Halpin, Y. Caplan, R. Fisher, J. McAllister, and A. Dixon. Fire Fatality Study, Fire and Materials 3, 1979, 211-217.

Lundquist, P., L. Rammer, and B. Sorbo. Role of Hydrogen Cyanide and Carbon Monoxide in Fire Casualties: A Prospective Study, Forensic Sci. Int. 43, 1989, 9-14.

Purser, D.A. Interactions among carbon monoxide, hydrogen cyanide, low oxygen hypoxia, carbon dioxide and inhaled irritant gases, In Carbon Monoxide Toxicity, 1st ed. CRC Press Ltd., Boca Raton, Florida, 2000, pp. 157-191.

Purser, D.A. and W.D. Woolley. Biological effects of combustion atmospheres, J. Fire Sci. 1, 1982, 118-144.

Purser, D.A. Behavioral impairment in smoke environments. Toxicology. 115, 1996, 25–40.

Hill, D., "COHb Levels in Fire Victims and Origin Analysis: An ATF Case Study," *Fire & Arson Investigator,* April 2016, Volume 66, Issue 4, 28–39.

Δ **A.24.2.1** DeHaan, J., "The Dynamics of Flash Fires Involving Flammable Hydrocarbon Liquids," American Journal of Forensic Medicine and Pathology, 7(1), 1996, 24-31.

Gann, R.J., V. Babrauskas, and R.D. Peacock, "Fire Conditions for Smoke Toxicity Measurements," *Fire and Materials,* 18(3), May/June 1994.

Gottuk, D. and Lattimer, B., "Effect of Combustion Conditions on Species Production," Section 2/Chapter 5, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Hall, J.R. and B. Harwood, "Smoke or Burns — Which Is Deadlier?" *NFPA Journal,* January/February 1995.

Hirschler, M.M., S.M. Debanne, J.B. Larsen, and G.L. Nelson, eds., "Carbon Monoxide and Human Lethaility: Fire and Non-Fire Studies," New York: Elsevier Applied Science, 1993.

Nelson, G.L., "Carbon Monoxide and Fire Toxicity: A Review and Analysis of Recent Work," *Fire Tech.,* 34(1), 1998.

Penney, D.G., "Carbon Monoxide Poisoning," CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, 2008.

Purser, D., "Combustion Toxicity," and Purser, D. & McAllister L., "Assessment of Hazards to Occupants from Smoke, Toxic Gases, and Heat," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* 5th edition, M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Khan, M., Tewarson, A. and Chaos, M., "Combustion Characteristics of Materials and Generation of Fire Products," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

World Health Organization, Environmental Health Criteria 213: Carbon Monoxide, 2nd Edition, 1999.

A.24.2.1.1 World Health Organization, Environmental Health Criteria 213: Carbon Monoxide, 2nd Edition, 1999.

A.24.2.1.3 Kunsman, G. and B. Levine. Carbon Monoxide/Cyanide. In Principles of Forensic Toxicology, 2nd ed., AACC Press, Washington, DC, 2006, 359-372.

A.24.2.1.4 Carney, A., E. Anderson. The System Approach to Brain Blood Flow. Advances in Neurology, 30, 1981, 1-30.

Radford, E., T. Drizd. Blood Carbon Monoxide Levels in Persons 3-74 Years of Age: United States, 1976-80. National Center for Health Statistics: Advanced Data, United States Department of Health and Human Services, Number 76, March 17, 1982.

Raud, J., M. Mathieu-Nolf, N. Hampson, S. Thom. Carbon Monoxide poisoning- a public health perspective. Toxicology, 145, 2000, 1-14.

Stewart, R.D. The effect of carbon monoxide on humans. Ann. Rev. Pharm. 15, 1975, 409-422.

Stewart, R.D., E.D. Baretta, L.R. Platte et al. Carboxyhemoglobin levels in American blood donors. J. Am. Med. Asso. 229, 1974, 1187-1195.

World Health Organization, Environmental Health Criteria 213: Carbon Monoxide, 2nd Edition, 1999.

Zwart, A., E.J. Van Kampen. Dyshaemoglobin, especially carboxyhaemoglobin, levels in hospitalized patients, Clin. Chem., 31, 1985, 945.

A.24.2.1.5 Bruce, M. and E. Bruce. Analysis of factors that influence rates of carbon monoxide uptake, distribution, and washout from blood and extravascular tissues using a multicompartment model, J Appl Physiol 100, 2006, 1171-1180.

Penney, D.G., Carbon Monoxide Poisoning, CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, 2008.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Peterson, J. and R. Stewart. Absorption and Elimination of Carbon Monoxide by Inactive Young Men. Arch Environ Health. 21, 1970, 165-171.

Shimazu, T. Half-life of Blood Carboxyhemoglobin. Chest. 119, 2001, 661-663.

Stewart, R.D. The effect of carbon monoxide on humans. Ann. Rev. Pharm. 15, 1975, 409-422.

Weaver, L., S. Howe, R. Hopkins, K. Chan. Carboxyhemoglobin Half-life in Carbon Monoxide-Poisoned Patients Treated With 100% Oxygen at Atmospheric Pressure. Chest. 117, 2000, 801-808.

World Health Organization, Environmental Health Criteria 213: Carbon Monoxide, 2nd Edition, 1999.

A.24.2.1.6 Penney, D.G., Carbon Monoxide Poisoning, CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, 2008.

A.24.2.1.7 Birky, M., B. Halpin, Y. Caplan, R. Fisher, J. McAllister, and A. Dixon. Fire Fatality Study, Fire and Materials 3, 1979, 211-217.

A.24.2.2 Altman, R.E., The Microdetermination of Cyanide in Fire Fatalities. University of Maryland, Baltimore. Doctor of Philosophy, 1976.

Ballantyne, B. and H. Salem. Experimental, Clinical, Occupational Toxicology, and Forensic Aspects of Hydrogen Cyanide with Particular Reference to Vapor Exposure. In *Inhalation Toxicology*, 2nd ed. CRC, Taylor and Francis, Boca Raton, FL, 2006, pp. 717-802.

Baud, F.J., P. Barriot, V. Toffis, B. Riou, E. Vicaut, Y. Lecarpentier, R. Bourdon, A. Astier, and C. Bismuth. Elevated blood cyanide concentrations in victims of smoke inhalation. *New Engl. J. Med.* 325, 1991, 1761-1766.

Canfield, D., A. Chaturvedi, and K. Dubowski. Interpretation of Carboxyhemoglobin and Cyanide Concentrations in Relation to Aviation Accidents. Civil Aerospace Medical Institute, Federal Aviation Administration, Final Report, May 2005.

Chaturvedi, A., B. Endecott, R. Ritter, D. Sanders. Variations in Time-to-Incapacitation and Blood Cyanide Values for Rats Exposed to Two Hydrogen Cyanide Gas Concentrations. Office of Aviation Medicine, Washington, DC, 1993.

DeRosa, M. and C. Litton, "Hydrogen Cyanide and Smoke Particle Characteristics During Combustion of Polyurethane Foams and Other Nitrogen-Containing Materials", U.S. Bureau of Mines, 1991.

Esposito, F.M.. Blood and air concentrations of benzene, carbon monoxide and hydrogen cyanide following inhalation of these gases or thermal decomposition products of polymers releasing these toxicants, Ph.D. dissertation submitted to Graduate School of Pubic Health, University of Pittsburgh, September 1987.

Esposito, F. and Y. Alarie. Inhalation Toxicity of Carbon Monoxide and Hydrogen Cyanide Gases Released During the Thermal Decomposition of Polymers. *J. Fire Sci.* 6, 1988,195-242.

Ferrari, L., M. Arado, L. Giannuzzi, G. Mastrantonio, and M. Guatelli. Hydrogen Cyanide and carbon monoxide in blood of convicted dead in a polyurethane combustion: a proposition for the data analysis, *Forensic Sci. Int.* 121, 2001,140-143.

Levin, B., M. Paabo, M.L. Fultz, and C. Bailey. Generation of Hydrogen Cyanide from Flexible Polyurethane Foam Decomposed under Different Combustion Conditions. Fire and Materials 9, 1985, 125-134.

Okae, M., K. Yamamoto, Y. Yamamoto, and Y. Fukui. Cyanide, Carboxyhemoglobin and Blood Acid-Base State in Animals Exposed to Combustion Products of Various Combinations of Acrylic Fiber and Gauze. Forensic Sci. Int. 42. 1989, 33-41.

Purser, D.A., P. Grimshaw and K.R. Berrill. Intoxication by cyanide in fires: a study in monkeys using polyacrylonitrile. Arch. Environ. Hlth. 39, 1984, 394-400.

Simeonova, F. and L. Fishbein. Hydrogen Cyanide and Cyanides: Human Health Aspects. Concise International Chemical Assessment Document 61, World Health Organization, first draft, Geneva 2004.

United States Department of Health and Human Services, A Toxicological Profile for Cyanide, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, September 2004.

A.24.2.2.1 Birky, M., M. Paabo, J. Brown. Correlation of Autopsy Data and Materials Involved in the Tennessee Jail Fire. Fire Safety Journal. 2, 1979/80, 17-22.

Gill, J., L. Goldfeder, M. Stajic. The Happy Land Homicides: 87 Deaths Due to Smoke Inhalation. J. Forensic Sci. 48, 2003, 161-163.

Levin, B.C., P.R. Rechani, J.L. Gurman, F. Landron, H.M. Clark, M.F. Yoklavich, J.R. Rodriguez, L. Droz, F. Mattos de Cabrera, and S. Kaye. Analysis of carboxyhemoglobin and cyanide in blood from victims of the Dupont Plaza Hotel fire in Puerto Rico. J. Forensic Sci. 35, 1990, 151-168.

Nelson, G.. Carbon Monoxide and Fire Toxicity: A Review and Analysis of Recent Work. Fire Tech. 34, 1998, 39-58.

A.24.2.2.4 Anderson, C.J., and W.A. Harland. Fire deaths in the Glasgow area: III, The role of hydrogen cyanide Med. Sci. Law 22, 1982, 35-39.

Ballantyne, B., J. Bright, and P. Williams. An experimental assessment of decreases in measurable cyanide levels in biological fluids. J. Forensic Sci. Soc. 13, 1973, 111-117.

Ballantyne, B., J. Bright, and P. Williams. The post-mortem rate of transformation of cyanide. Forensic Sci. 3, 1974, 71-76.

Ballantyne, B. Changes in blood cyanide as a function of storage time and temperature. J. Forensic Sci. Soc. 16, 1976, 305-310.

Ballantyne, B. In vitro production of cyanide in normal human blood and the influence of thiocyanate and storage temperature. Clin. Toxicol. 11, 1977, 173-193.

Ballantyne, B. Artifacts in the definition of toxicity by cyanides and cyanogens. Fund. Appl. Toxicol 3, 1983, 400-408.

Ballantyne, B. and T. Marrs. Clinical and Experimental Toxicology of Cyanides. Wright, Bristol, U.K., 1987.

Bright, J.E., R.H. Inns, N.J. Tuckwell, and T.C. Marrs. The effect of storage upon cyanide in blood samples. Hum. Exp. Toxicol. 9, 1990, 125-129.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Chikasue, F., M. Yashiki, T. Kojima, T. Miyazaki. Cyanide distribution in five fatal cyanide poisonings and the effect of storage conditions on cyanide concentrations in tissues. Forensic Sci. Int. 38, 1988, 173-183.

Clark, C.J., D. Campbell, and W.H. Reid. Blood carboxyhaemoglobin and cyanide levels in fire survivors". Lancet 20, 1981, 1332-1336.

Curry, A.S.. Cyanide poisoning. Acta Pharmacologica et Toxicologica cta. 20, 1963, 291-294.

Curry, A.S., D.E. Price, and E.R.Rutter. The production of cyanide in post mortem material. Acta Pharmacologica et Toxicologica 25, 1967, 339-344.

Egekeze, J.O., and F.W. Oehme. Direct potentiometric method for the determination of cyanide in biological materials. J. Anal. Toxicol. 3, 1979, 119-124.

Karhunen, P.J., I. Lukkari, and E. Vuori. High cyanide level in a homicide victim burned after death: Evidence of postmortem diffusion. Forensic Sci. Int. 49, 1991, 179-183.

Lokan, R.J., R.A. James, and R.B. Dymock. Apparent postmortem production of high levels of cyanide in blood. J. Forensic Sci. Soc. 27, 1987, 253-259.

McAllister, J.L., Roby, R., Levine, B., Purser, D., "Stability of Cyanide in Cadavers and in Postmortem Stored Tissue Specimens, a Review", Journal of Analytical Toxicology, Volume 32, Number 8, p. 612-620, October, 2008.

Moriya, F. and Y. Hashimoto. Potential for error when assessing blood cyanide concentrations in fire victims. J. Forensic Sci. 46, 2001, 1421-1425.

Narayanaswami, K., S. Jand, and R.S. Kotangale. Changes in cyanide as a function of storage time in autopsy material by UV Spectrometry. Ind. J. Med. Res. 73, 1981, 291-295.

Seto, Y. Stability and spontaneous production of blood cyanide during heating. J. Forensic Sci. 41, 1996, 465-468.

Vesey, C.J. and J. Wilson. Red cell cyanide. J. Pharm. Pharmacol. 30, 1978, 20-26.

A.24.2.2.5 Purser, D., "Combustion Toxicity," and Purser, D. & McAllister L., "Assessment of Hazards to Occupants from Smoke, Toxic Gases, and Heat," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

A.24.2.2.6 For more information see the following:

Kimmerle, M.G. Aspects and Methodology for the Evaluation of Toxicological Parameters During Fire Exposure. Combustion Toxicol. 1, 1974, 4-51.

Purser, D., "Combustion Toxicity," and Purser, D. & McAllister L., "Assessment of Hazards to Occupants from Smoke, Toxic Gases, and Heat," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

A.24.2.4.1 Purser, D., "Combustion Toxicity," and Purser, D. & McAllister L., "Assessment of Hazards to Occupants from Smoke, Toxic Gases, and Heat," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

A.24.2.5 Purser, D., "Combustion Toxicity," and Purser, D. & McAllister L., "Assessment of Hazards to Occupants from Smoke, Toxic Gases, and Heat," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

A.24.2.5.1 Bull, J. P., and J. C. Lawrence. "Thermal Conditions to Produce Skin Burns," Fire and Materials 3(2) (June 1979): 100–05.

Derksen, W. L., T.I. Monohan, and G.P. deLhery, "The Temperature Associated with Radiant Energy Skin Burns," Temperature — Its Measurement and Control in Science and Industry, 3(3), pp. 171–75, 1963.

Society of Fire Protection Engineers, "Engineering Guide: Predicting 1st and 2nd Degree Skin Burns from Thermal Radiation," Society of Fire Protection Engineers, 2000.

Stoll, A., and L.C. Green, "Relationship between Pain and Tissue Damage due to Thermal Radiation," Journal of Applied Physiology 14, pp. 373–383, 1959.

Stoll, A. M., and M.A. Chianta, "Method and rating system for evaluation of thermal protection," Aerospace Medicine 40, pp. 1232–1238, 1969.

A.24.2.6 Moritz, A.R., F.C. Henriques, F.R. Dutra, and J.R. Weisiger, Studies of thermal injury. IV. Exploration of casualty-producing attributes of conflagrations. The local and systemic effects of generalized cutaneous exposure to excessive circumambient (air) and circumradiant heat of varying duration and intensity, Arch. Pathol., 43, 1947, 466.

Zikria, BA, W.Q. Sturner, N.K. Astarjian, C.L. Fox, Jr, J.M. Ferrer, Jr. Respiratory tract damage in burns: pathophysiology and therapy. Ann N Y Acad Sci. 150(3), 1968, 618–626.

A.24.3 DeHaan, J. D., S.J. Campbell, and S. Nurbaksh, "Combustion of Animal Fat and Its Implications for the Consumption of Human Bodies in Fires," Science and Justice 39 (1), 1999, 27–38.

DeHaan, J.D. and S. Nurbaksh "Sustained Combustion of an Animal Carcass and Its Implications for the Consumption of Human Bodies in Fires," J Forensic Sci, 46(5), 2001, 1076-1081.

DeHaan, J.D., D.J. Brien, R. Large. Volatile Compounds from the Combustion of Human and Animal Tissue. Science and Justice 44 (4):223-236, 2004.

DeHaan, J.D. and E. Pope. Combustion Properties of Human and Large Animal Remains. InterFlam 2007 Conference, 11th Proceeding, Volume 2, September 3-5, 2007, London, England.

Pope, Pope, O.C. Smith, T. Huff, Exploding skulls and other myths about how the human body burns, Fire and Arson Investigator 55(4). 2004, 23-28.

Pope, E., The Effects of Fire on Human Remains: Characteristic of Taphonomy and Trauma. University of Arkansas. Doctor of Philosophy, 2007.

A.24.5.8.2 Beasley, V., Veterinary Toxicology. Online reference for veterinary toxicology. www.ivis.org/advances/Beasley/cpt18a/IVIS.pdf. International Veterinary Information Service (IVIS), Ithaca, NY. (2004).

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

A.24.6.1 Posters are sometimes used to remind persons of the law requiring the reporting of burn injuries. An example is shown in Figure A.24.6.1.

A.24.8.1.1 Alternate descriptions of degrees of burn to skin are superficial, partial, and full-thickness burns.

A.24.9 DiMaio, V. and D. DiMaio, Forensic Pathology, Second Edition, CRC Press, Boca Raton, 2001.

Levine, B. Principles of Forensic Toxicology, 2nd ed., AACC Press, Washington, DC, 2006.

A.24.9.2.2 Ambach, E., W. Paarson, K. Zehethofer, and R. Scheithauer. Sixth International Symposium on Human Identification. Institute for Forensic Medicine, University of Innsbruck, Austria, 1995.

DiZinno, J., et al. "The Waco, Texas Incident: The Use of DNA Analysis to Identify Human Remains." Fifth International Symposium on Human Identification, 1994.

A.24.9.8 Spitz, W. U. Spitz and Fisher's Medicolegal Investigation of Death. 3rd ed. Springfield, IL: Charles C. Thomas, 1993.

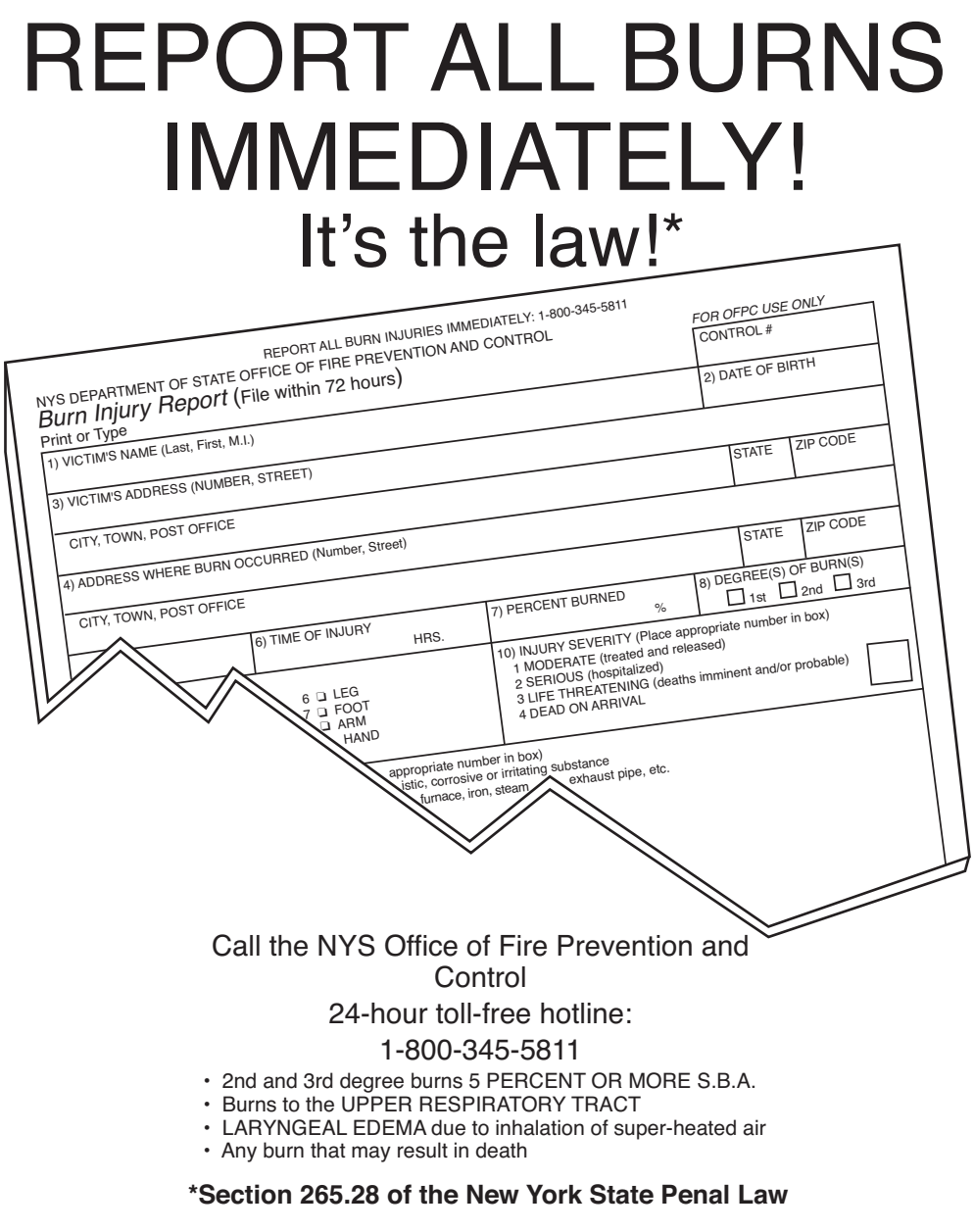


FIGURE A.24.6.1 Example of a Poster Reminding Persons of the Law Requiring the Reporting of Burn Injuries.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

A.24.9.9 Pope, E., The Effects of Fire on Human Remains: Characteristic of Taphonomy and Trauma. University of Arkansas. Doctor of Philosophy, 2007.

A.24.10.6 Mowrer, F., "Enclosure Smoke Filling and Compartment Fire-Generated Environmental Conditions," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

A.24.10.8 For more information, see the following:

(1) Copper, L. Y., "Compartment Fire-Generated Environment and Smoke Filling," 3rd edition, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* Section 3, Chapter 10, Society of Fire Protection Engineers, Gaithersburg, MD, pp. 243–267, 2002.
(2) DeRosa, M. I. and Litton, C. D., "Hydrogen Cyanide and Smoke Particle Characteristics, During Combustion of Polyurethane Foams and Other Nitrogen-Containing Materials — Development of a Test Parameter" Report of Investigation 9367, Bureau of Mines, United States Department of the Interior, Washington, DC, 1991.
(3) Gann, G., Averill, D. D., Johnsson, E. L., Nyden, M. R., and Peacock, R. D., "Smoke Component Yields from Room-scale Fire Tests," NIST Technical Note 1453, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, April 2003.
(4) Gottuk, D. T., Roby, R. J., Peatross, M. J., and Beyler, C. L., "Generation of Carbon Monoxide in Compartment Fires," *Journal of Fire Protection Engineering,* Volume 4, Issue 4, Society of Fire Protection Engineers, Gaithersburg, MD, November, 1992.
(5) Lattimer, B. Y., Vandsburger, U., and Roby, R. J., "Carbon Monoxide Levels in Structure Fires: Effects of Wood in the Upper Layer of a Post-Flashover Compartment Fire," *Fire Technology,* Volume 34, Number 4, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1998.
(6) Levin, B. C., Paabo, M., Fultz, M. L., and Bailey, C. S., "Generation of Hydrogen Cyanide from Flexible Polyurethane Foam Decomposed under Different Combustion Conditions," *Fire and Materials,* Volume 9, Issue 3, John Wiley & Sons, West Sussex, UK, September 1985.
(7) Penney, D. G., "Carbon Monoxide Toxicity," CRC Press, Boca Raton, FL, 2000.
(8) Purser, D. A., Rowley, J. A., Fardell, P. J., and Bensilum, M., "Fully enclosed design fires for hazard assessment in relation to yields of carbon monoxide and hydrogen cyanide," Interflam '99 Proceedings, Volume 2, pp. 1163–1169.
(9) Purser, D. A., "Toxicity Assessment of Combustion Products," 3rd edition, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* Section 2, Chapter 6, Society of Fire Protection Engineers, Gaithersburg, MD, pp. 83–171, 2002.

Δ **A.24.10.8.2.2** The autopsy of a fire victim reports a 70 percent COHb level in the blood. The victim was found in bed, and there is no evidence that the victim moved from that location during the fire. Significant fire damage is present in the bedroom as well as an adjacent room. The level of damage in both rooms is consistent with post-flashover fire conditions. Based on data collected, the Fire Investigator hypothesizes that the fire originated in the adjacent room. It appears that the victim was sleeping and never awakened to the fire before dying. The RMV is estimated to be 8.5 L/min based on common RMV values for resting individuals *(see Section B.10).* Based on a developed timeline, the victim's estimated duration of exposure to carbon monoxide (CO) was 10 minutes. Using the Stewart equation, the concentration of CO required to achieve the victim's COHb level would be approximately 17,500 ppm.

$\%COHb = (3.317 \times 10^{-5})(ppm\ CO)^{1.036}(RMV)(t)$ $70\% = (3.317 \times 10^{-5})(ppm\ CO)^{1.036}(8.5\ L/min)(10\ min)$ $ppm\ CO = (70/\ (3.317 \times 10^{-5} * 8.5\ L/min * 10\ min))^{1/1.036}$ ppm CO ~17,500 ppm **[A.24.10.8.2.2]**

CO concentrations on the order of 17,500 ppm are commonly produced in under-ventilated or post-flashover fires. A well-ventilated fire or smoldering fire would not produce this high level of CO.

In smoldering or nonflaming fires, the rate of CO production is low because of the low mass loss rate of the fuel; such fires generally create CO concentrations of no more than hundreds of parts per million. However, in some cases where the compartment is small and the smoldering continues for a long time, sufficient CO can be produced to create concentrations on the order of 1000 ppm–1500 ppm. These levels can cause dizziness and confusion within 20 minutes and death within 1 hour. During the development of a ventilation-controlled flaming fire, but prior to flashover, CO production can lead to concentrations of 10,000 ppm, and incapacitation can occur within minutes.

A.24.10.8.2.3 Coburn, R.F., R.E. Forster, and P.B. Kane. Considerations of the Physiological Variables That Determine the Blood Carboxyhemoglobin Concentration in Man. J. Clin. Invest. 44, 1965, 1899-1910.

Handbook of Respiration, Saunders, Philadelphia (1955).

Peterson, J. and R. Stewart. Predicting the Carboxyhemoglobin Levels Resulting from Carbon Monoxide Exposures. J. Appl. Physiol. 39, 1975, 633-638.

N **A.24.10.8.2.5** For more information, see the following:

Hill, D., "COHb Levels in Fire Victims and Origin Analysis: An ATF Case Study," *Fire & Arson Investigator* 66, no. 4 (2016): 28–39.

A.25.1 For more information, see the following: U.S. Consumer Products Safety Commission Working Group on Gas Voluntary Standards. *Position Paper on Gas Water Heaters to Prevent Ignition of Flammable Vapors.*

A.25.5.1.2 For additional information on steel and the effect of fire on it, see Lentini et al., "Baseline Characteristics of Residential Structures Which Have Burned to Completion: The Oakland Experience."

For additional information on the alloying of metals during a fire, see Beland B., "Electrical Damages — Cause or Consequence?", and Beland B. et al., "Copper-Aluminum Interactions in Fire Environments."

A.25.5.8.2 For more information, see Annex C, NEMA document, National Electrical Manufacturers Association, 1300 North 17th Street, Suite 1847, Rosslyn, VA 22209, September 10, 2000.

Δ **A.26.1** For additional information, see the following:

NFPA 385.

API RP 1004, *Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 Tank Motor Vehicles.*

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

API RP 2013, *Cleaning Mobile Tanks in Flammable or Combustible Liquid Service*.

Green, T., "Automotive Fuel Line Siphoning."

Cole, L. *The Investigation of Motor Vehicle Fires: A Guide for Law Enforcement, Fire Department and Insurance Personnel*, 3rd ed. Lee Books.

Severy, D. M., "Automobile Collision Fires," SAE 741180.

NFPA 556.

A.26.3.1.1 For additional data regarding hot surface ignition see the following publication: Ebersole, R., Matusz, L., Modi, M. and Orlando, R., Hot Surface Ignition of Gasoline-Ethanol Fuel Mixtures, SAE publication 2009-01-0016.

A.26.4.2.5 For additional information, see the following:

Beyler, C. L., and Gratkowski, M. "Electrical Fires Caused By Arc Tracking In Low-Voltage (12-14V) Systems," U.S. Vehicle Fire Trends and Patterns, August 2005.

Stimitz, J. S., and R. V. Wagner. "*Two Test Methodologies for Evaluating the Resistance to Electrical Arcing Properties of Polymeric Materials for Use in Automotive 42 V Applications*" SAE 2004 World Congress & Exhibition, March 2004, Detroit, MI.

A.26.4.2.6 For more information, see Severy et al., "Automobile Collision Fires."

A.26.4.3.1 For more information, see Colwell, J. D. and Biswas, K. (2009) "Steady-State and Transient Motor Vehicle Exhaust System Temperatures", SAE Paper 2009-01-0013.

A.26.4.3.2 For more information, see

LaPointe, N.R., *Autoignition of Gasoline on Hot Surfaces, Fire & Arson Investigator*.

A.26.5.1.2 Green, T. SAE 980 561, "Automotive Fuel Line Siphoning."

A.26.5.3.3.5 For more information, see Stahl, "Applicability and Limitations of Arc Mapping in Vehicle and Equipment Fire Investigation," and Parrott, "Electrical Arcs and Sparks: A Literature Review Of Definitions and Their Implications in the Analysis of 12-Volt Direct Current Electrical System Fires."

A.26.8.1.1 For additional information, see the following:

Colwell, J. D. and Babic, D., "A Review of Oxidation on Steel Surfaces in the Context of Fire Investigations," *SAE Int. J. Passeng. Cars-Mech. Syst.* 5(2), 2012. Also in SAE Paper No. 2012-01-0990.

Colwell, J. D., "Oxidation Patterns in Motor Vehicle Fire Investigations — Unraveling the Myths," *Fire and Arson Investigator*, January 2015, 26–36.

A.27.1 For more information, see the following:

Babrauskas, V. *Ignition Handbook*, Fire Science Publishers/Society of Fire Protection Engineers, 2003.

Ford, Richard.T. *Investigation of Wildfires*, Bend, OR: Maverick Publication, 1995.

NWCG, *Glossary of Wildland Fire Terminology*, National Wildfire Coordinating Group, 2007.

NWCG, *Wildland Fire Origin and Cause Determination FI-210 Student Workbook*, National Wildfire Coordinating Group, 2005.

NWCG, *Wildfire Origin & Cause Determination Handbook*, National Wildfire Coordinating Group, Handbook 1, 2005.

NWCG, *Intermediate Wildland Fire Behavior S-290 Student Workbook & CD-Rom*, National Wildfire Coordinating Group, 2007.

NWCG, *Fireline Handbook*, National Wildfire Coordinating Group, Handbook 3, March 2004.

NWCG, *Fireline Handbook Appendix B Fire Behavior*, National Wildfire Coordinating Group, April 2006.

Schroder, Mark J.; Charles C. Buck, Fire Weather, USDA Agriculture Handbook 360, May 1970.

Δ **A.27.2.1.2** For more information, see the following:

Anderson, H. E., *Aids to Determining Fuel Models for Estimating Fire Behavior*, Intermountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report INT-122, April 1982. Scott, J. H., and R. E. Burgan, *Standard Fire Behavior Fuel Models; A Comprehensive Set for Use with Rothermel's Surface Fire Spread Model*. General Technical Report RMRS-GTR-153, 2005, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

Δ **A.27.8.2.2** For more information, see the following:

Countryman, C., "Ignition of Grass Fuels by Cigarettes," *US Forest Service Fire Management Notes*, Volume 44, no. 3, 1983.

Δ **A.27.8.2.3** For more information, see the following:

Steensland, P., "Long Term Thermal Residency in Woody Debris Piles," International Association of Arson Investigators, Denver, CO, 2008.

A.27.10.1.2 Annex M of NFPA 780 provides additional information on personal safety from lightning.

A.29.1 For nautical terms see Chapman's *Piloting Seamanship and Small Boat Handling*.

A.29.4.1.2 See American Boat and Yacht Council (ABYC) H-24.14, *Gasoline Fuel Systems*, 2005.

A.29.4.1.3 See ABYC H33.14.

A.29.4.2.1 See NFPA 302, 2004 edition, and ABYC A-1; A-3, *Galley Stoves*, 2007; and A-26, *LPG and CNG Fueled Appliances*, 2006.

A.29.4.2.2 See ABYCA A-22 and NFPA 302, 2004 edition.

A.29.4.2.3 See ABYC A-3, *Galley Stoves*, 2007; and NFPA 302, 2004 edition.

A.29.4.7.2 See NFPA 302, 2004 edition; and ABYC H-2.

A.29.4.7.3 For additional information refer to NFPA 302 and ABYC H-2. For requirements regarding power ventilation of diesel applications refer to ABYC H-32, *Ventilation of Boats Using Diesel Fuel*, 2007.

A.29.4.9.5.2 For additional information refer to ABYC H-30, *Standard and Technical Reports*, 2001.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Annex B Bibliography

This annex is not a part of the recommendations of this NFPA document but is included for informational purposes only.

B.1 Fire Dynamics. For sources on fire dynamics, see the following:

Drysdale, D. *An Introduction to Fire Dynamics*. 2nd edition, ch. 1, p. 1, middle of third paragraph. New York, NY: John Wiley and Sons, 1999.

Friedman, R. *Principles of Fire Protection Chemistry and Physics*, 3rd edition, ch. 6, p. 75. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 1998.

B.2 Fire Science. For more information on fire science, see the following:

NFPA *Fire Protection Handbook*, 18th ed., Section 1, 1997.

Quintiere, J. G. *Principles of Fire Behavior*. Delmar Publishers, 1997.

Drysdale, D. *An Introduction to Fire Dynamics*, 2nd ed., 1999.

Friedman, R. *Principles of Fire Protection Chemistry and Physics*, 3rd ed., 1998.

B.3 Effects of Room Ventilation on Pattern Magnitude and Location. See the following sources:

Kennedy, P., and J. Shanley. "Report on the United States Fire Administration (USFA) Program for the Study of Fire Patterns," *Proceedings, InterFlam 96*, Interscience Ltd., London, 1966.

Shanley, J. *USFA Fire Burn Pattern Tests*, United States Fire Administration, Emmitsburg, MD, FA 178, 1997.

B.4 Calcination. See the following sources:

Kennedy, P., and J. Shanley. "Report on the United States Fire Administration (USFA) Program for the Study of Fire Patterns," *Proceedings, InterFlam 96*, Interscience Ltd., London, 1966.

Lawson, J. R. "An Evaluation of Fire Properties of Generic Gypsum Board Products," NBSIR 77-1265, U. S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, August, 1977.

Shanley, J. *USFA Fire Burn Pattern Tests*, United States Fire Administration, Emmitsburg, MD, FA 178, July 1997.

B.5 Pattern Geometry. See the following sources:

Patorti, A. D. Jr. (NIST), "Full Scale Room Burn Pattern Study," *NIJ Report 601-97, Publication #169 281*, National Institute of Justice, National Criminal Justice Reference Service, Washington DC, 1997.

Stanley, J. H. Jr., Alletto, W. C., Corry, R., Herndon, J., Kennedy, P. M., Ward, J. "Federal Emergency Management USFA Fire Burn Pattern Tests," *Report of the United States Fire Administration Program for the Study of Fire Patterns*. FA 178, p. 221, July 1997.

B.6 Odorant Removal from Gas.

B.6.1 For a current discussion of gas odorization technology see the following:

The Gas Odorization Manual, American Gas Association, 1996. This is an updated version of the section on gas odorization in the *Gas Engineers Handbook*.

B.6.2 For a deeper understanding of gas odorization issues, see the following:

Wilson, G. G., and A. A. Attari, eds. *Odorization III*, Institute of Gas Technology, Chicago, IL (1993).

B.6.3 Also see the following:

Jacobus, O. J., and J. S. Roberts. "What Constitutes Adequate Odorization of Fuel Gases?" *IGT Odorization Symposium 1995*, IGT, 1995.

Andreen, B. H., and R. L. Kroencke. "Stability of Mercaptans Under Gas Distribution System Conditions," *American Gas Journal* 48, May 1965.

Andreen, B. H., and R. L. Kroencke. "Stability of Mercaptans Under Gas Distribution System Conditions," *Proceedings American Gas Association* 136, 1964.

Campbell, I. D., N. A. Chambers, and O. J. Jacobus. "The Chemical Oxidation of Ethyl Mercaptan in Steel Vessels," *IGT Odorization Symposium 1994*, IGT, 1994.

Campbell, I. D. "Factors Affecting Odorant Depletion in LPG," *Proceedings Symposium on LP-Gas Odorization*, 28, 1989.

Campbell, I. D. "Odorant Depletion in Portable Cylinders," *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1990.

Holmes, S. A., P. B. Van Benthuysen, D. C. Lancaster, and M. A. Tiller. "Laboratory and Field Experience with Ethyl Mercaptan Odorant in Propane," *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1990.

Kopidlansky, R. "Odorant Conditioning of New Distribution Systems," *IGT Odorization Symposium 1995*, IGT, 1995.

Sanders, R. "OSHA and DOT Odorization Regulations," *IGT Odorization Symposium 1995*, IGT, 1995.

Johnson, J. L. "1965 Report on Project PB-48, Stability of Odorant Compounds," *Proceedings 1966 AGA Distribution Conference*, American Gas Association, 1966.

Johnson, S. J. "Ethyl Mercaptan Odorant Stability in Stored Liquid Propane," *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1989.

McHenry, W. B., and H. M. Faulconer. "Summary Report on Odorant Investigations," *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 1, 1990.

Roberts, J. S., and D. W. Kelly, "Selection and Handling of Natural Gas Odorants." In G. G. Wilson and A. A. Attari, eds., *Odorization III*, 29, IGT, 1993.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

B.6.4 For testing LP-Gas by stain tubes and for sampling, see the following:

ASTM D5305 *Standard Test for Determination of Ethyl Mercaptan in LP-Gas Vapor*, 1992.

ASTM D1265 *Standard Method for Sampling Liquefied Petroleum (LP) Gases*, 1982.

B.6.5 For a current understanding of most LP odorization issues, see the following:

Proceedings of the Symposium of LP-Gas Odorization, 1989 and 1990. Copies may be available from the National Propane Gas Association or the Gas Processors Association.

B.6.6 For discussions of soil adsorption of odorants, see the following:

Nomura, K., and R. Organ. "Reaction of LP-Gas Odorants and Soils." *Proceedings of the Symposium on LP-Gas Odorization*, 76, 1990.

Parlman, R. M., and R. P. Williams. "Penetrabilities of Gas Odorant Compounds in Natural Soils." *Proceedings of the AGA Distribution Conference*, May 6, 1979.

Sullivan, F. "New Gas Odorants." In Wilson and Attari, eds., *Odorization III*. 209, IGT, 1993.

Tarman, P. B., and H. R. Linden. "Soil Adsorption of Odorant Compounds," *IGT Research Bulletin* #33, 7/1/61.

Williams, R. P. "Soil Penetrabilities of Natural Gas Odorants." *Pipeline and Gas Journal*, March 1976.

Δ **B.7 Egress Analysis.** See the following sources:

Bryan, J. L., *An Examination and Analysis of the Dynamics of Human Behavior in MGM Grand Hotel Fire*, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1983.

"Kentucky State Police Investigative Report to the Governor, Beverly Hills Supper Club Fire." Kentucky State Police, Frankfurt, 1977.

Nilsson, D. and Fahy, R. "Selecting Scenarios for Deterministic Fire Safety Engineering Analysis: Life Safety for Occupants," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Gwynne, S. and Rosenbaum, E. "Employing the Hydraulic Model in Assessing Emergency Movement." *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

B.8 Explosions. For more information on explosions involving structures or vessels, see the following:

Baker, W. E. *Explosion Hazards and Evaluations*. New York, NY: Elsevier Publishers, 1983.

Baker, W. E. and M. J. Tang, *Gas, Dust, and Hybrid Explosions*. New York, NY: Elsevier Publishers, 1991.

Bartknecht, W. *Dust Explosions*. Berlin–New York: Springer-Verlag, 1989.

Bodurtha, F. T. *Industrial Explosion Prevention and Protection*. New York, NY: McGrawHill, 1980.

Center for Chemical Process Safety. *Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires and BLEVEs*. Washington, DC: American Institute of Chemical Engineers, 1994.

Chemical Propulsion Information Agency, *Hazards of Chemical Reactants and Propellants*. CPIA 394, September 1984.

Eckhoff, R. K. *Dust Explosions in the Process Industries*. New York, NY: Butterworth-Heinemann, 1997.

Gugan, K. *Unconfined Vapor Cloud Explosions*. Houston, TX: Gulf Publishing, 1978.

Harris, R. J. *The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plants*. London and New York: E & FN Spoon, Ltd., 1983.

Nettleton, M. A. *Gaseous Detonations; Their Nature, Causes and Control*. New York, NY: Routledge, Chapman and Hall, 1987.

NFPA 68, 2007 edition.

NFPA 69, 2008 edition.

Prugh, R. W. "Quantitative Evaluation of 'BLEVE' Hazards," Journal of Fire Protection Engineering 3(1), March 1981.

Stull, D. R. *Fundamentals of Fire and Explosion*. AICHE Monograph Series No. 10, Vol. 73. New York, NY: American Institute of Chemical Engineers, 1977.

U. S. Army, "Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions."

USBM, *Fire and Explosion Manual for Aircraft Accident Investigations*. Washington, DC: U.S. Bureau of Mines, 1973.

USBM, *Investigation of Fire and Explosion Accidents in the Chemical Mining and Fuel-Related Industries — A Manual*. Washington, DC: U.S. Bureau of Mines, 1985.

B.9 Victim Identification. For information on victim identification, see the following:

Ambach, E., W. Paarson, K. Zehethofer, and R. Scheithauer. *Sixth International Symposium on Human Identification*. Institute for Forensic Medicine, University of Innsbruck, Austria, 1995.

DiZinno, J., et al. "The Waco, Texas Incident: The Use of DNA Analysis to Identify Human Remains." *Fifth International Symposium on Human Identification*, 1994.

Δ **B.10 Carbon Monoxide.** For information on carbon monoxide, see the following:

Gottuk, D. T. and Lattimer, B., "Effect of Combustion Conditions on Species Production," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Khan, M., Tewarson, A. and Chaos, M., "Combustion Characteristics of Materials and Generation of Fire," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley, Gaithersburg, MD, 2016.

Purser, D., "Combustion Toxicity," and Purser D. & Mc Allister, L., "Assessment of Hazards to Occupants from Smoke, Toxic Gases, and Heat," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th edition, ed. M. Hurley,. Gaithersburg, MD, 2016.

Nelson, G. L. "Carbon Monoxide and Fire Toxicity: A Review and Analysis of Recent Work," *Fire Technology*, 34(1), 1998.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Hirschler, M. M., S. M. Debanne, J. B. Larsen, and G. L. Nelson, eds. *Carbon Monoxide and Human Lethality: Fire and Non-Fire Studies*, New York: Elsevier Applied Science, 1993.

Hall, J. R., and B. Harwood, "Smoke or Burns — Which Is Deadlier?" *NFPA Journal*, January/February 1995.

Gann, R. J., V. Babrauskas, and R. D. Peacock, "Fire Conditions for Smoke Toxicity Measurements," *Fire and Materials*, 18(3), May/June 1994.

DeHaan, J., "The Dynamics of Flash Fires Involving Flammable Hydrocarbon Liquids," *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 7(1), 1996, 24–31.

DeHaan, J. D., Campbell, S. J., and Nurbaksh, S., "Combustion of Animal Fat and Its Implications for the Consumption of Human Bodies in Fires," *Science and Justice*, 39 (1), 1999, 27–38.

B.11 Wildfires. For sources on wildfires, see the following:

Ford, R. T. *Investigation of Wildfires*. Bend, OR: Maverick Publications, 1995.

International Fire Service Training Association. *Fundamentals of Wildland Firefighting*. 3rd edition. Stillwater, OK: IFSTA, 1998.

Teie, W. C. *Firefighters Handbook on Wildland Firefighting Strategy, Tactics & Safety*. Rescue, CA: Deer Valley Press, 3rd edition, 2005.

Uman, M. A. All About Lightning. New York, NY, Dover Publications, 1986.

N **B.12 Safety.** For sources on safety, see the following:

Fire Investigator Health and Safety Best Practices, International Association of Arson Investigators, Inc. 2018.

Annex C Informational References

C.1 Referenced Publications. The following documents or portions thereof listed in this annex are referenced within the informational sections of this guide and are not advisory in nature unless also listed in Chapter 2 for other reasons.

Δ C.1.1 NFPA Publications. National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02169-7471.

NFPA 11, *Standard for Low-, Medium-, and High- Expansion Foam,* 2016 edition.

NFPA 11A, *Standard for Medium and High Expansion Foam Systems,* 2010 edition.

NFPA 12, *Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems,* 2018 edition.

NFPA 12A, *Standard on Halon 1301 Fire Extinguishing Systems,* 2018 edition.

NFPA 12B, *Standard on Halon 1211 Fire Extinguishing Systems*, 1990 edition.

NFPA 13, *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*, 2019 edition.

NFPA 13D, *Standard for the Installation of Sprinkler Systems in One- and Two-Family Dwellings and Manufactured Homes*, 2019 edition.

NFPA 13R, *Standard for the Installation of Sprinkler Systems in Low-Rise Residential Occupancies*, 2019 edition.

NFPA 15, *Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection*, 2017 edition.

NFPA 17, *Standard for Dry Chemical Extinguishing Systems*, 2017 edition.

NFPA 17A, *Standard for Wet Chemical Extinguishing Systems*, 2017 edition.

NFPA 20, *Standard for the Installation of Stationary Fire Pumps for Fire Protection*, 2019 edition.

NFPA 22, *Standard for Water Tanks for Private Fire Protection*, 2018 edition.

NFPA 24, *Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances*, 2019 edition.

NFPA 25, *Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems*, 2014 edition.

NFPA 30, *Flammable and Combustible Liquids Code*, 2018 edition.

NFPA 31, *Standard for the Installation of Oil-Burning Equipment*, 2016 edition.

NFPA 54, *National Fuel Gas Code*, 2018 edition.

NFPA 58, *Liquefied Petroleum Gas Code*, 2017 edition.

NFPA 68, *Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting*, 2018 edition.

NFPA 69, *Standard on Explosion Prevention Systems*, 2019 edition.

NFPA 70®, National Electrical Code®, 2017 edition.

NFPA 72® , *National Fire Alarm and Signaling Code®*, 2019 edition.

NFPA 77, *Recommended Practice on Static Electricity*, 2019 edition.

NFPA 170, *Standard for Fire Safety and Emergency Symbols*, 2018 edition.

NFPA 211, *Standard for Chimneys, Fireplaces, Vents, and Solid Fuel–Burning Appliances*, 2019 edition.

NFPA 220, *Standard on Types of Building Construction*, 2018 edition.

NFPA 253, *Standard Method of Test for Critical Radiant Flux of Floor Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source*, 2019 edition.

NFPA 260, *Standard Methods of Tests and Classification System for Cigarette Ignition Resistance of Components of Upholstered Furniture*, 2019 edition.

NFPA 261, *Standard Method of Test for Determining Resistance of Mock-Up Upholstered Furniture Material Assemblies to Ignition by Smoldering Cigarettes*, 2018 edition.

NFPA 286, *Standard Methods of Fire Tests for Evaluating Contribution of Wall and Ceiling Interior Finish to Room Fire Growth*, 2019 edition.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

NFPA 289, *Standard Method of Fire Test for Individual Fuel Packages*, 2019 edition.

NFPA 302, *Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft*, 2015 edition.

NFPA 385, *Standard for Tank Vehicles for Flammable and Combustible Liquids*, 2017 edition.

NFPA 472, *Standard for Competence of Responders to Hazardous Materials/Weapons of Mass Destruction Incidents*, 2018 edition.

NFPA 550, *Guide to the Fire Safety Concepts Tree*, 2017 edition.

NFPA 556, *Guide on Methods for Evaluating Fire Hazard to Occupants of Passenger Road Vehicles*, 2016 edition.

NFPA 654, *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*, 2017 edition.

NFPA 750, *Standard on Water Mist Fire Protection Systems*, 2019 edition.

NFPA 906, *Guide for Fire Incident Field Notes*, 1998 edition.

NFPA 1033, *Standard for Professional Qualifications for Fire Investigator*, 2014 edition.

NFPA 1404, *Standard for Fire Service Respiratory Protection Training*, 2018 edition.

NFPA 1500™, *Standard on Fire Department Occupational Safety, Health, and Wellness Program*, 2018 edition.

NFPA 1851, *Standard on Selection, Care, and Maintenance of Protective Ensembles for Structural Fire Fighting and Proximity Fire Fighting*, 2014 edition.

NFPA 1852, *Standard on Selection, Care, and Maintenance of Open-Circuit Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA)*, 2019 edition.

NFPA 1971, *Standard on Protective Ensembles for Structural Fire Fighting and Proximity Fire Fighting*, 2018 edition.

NFPA 1981, *Standard on Open-Circuit Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA) for Emergency Services*, 2019 edition.

NFPA 1992, *Standard on Liquid Splash–Protective Ensembles and Clothing for Hazardous Materials Emergencies*, 2018 edition.

NFPA 1994, *Standard on Protective Ensembles for First Responders to Hazardous Materials Emergencies and CBRN Terrorism Incidents*, 2018 edition.

NFPA 2001, *Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems*, 2018 edition.

NFPA 2010, *Standard for Fixed Aerosol Fire-Extinguishing Systems*, 2015 edition.

Bryan, J. L., "Human Behavior in Fire," *Fire Protection Handbook*, 20th ed., Section 4, Chapter 1, pg. 4-43, 2008.

Bryan, J. L., *Automatic Sprinkler & Standpipe Systems*, 4th ed., 2006.

Bukowski, R., *Fire Alarm Signaling Systems*, 3rd ed., 2003.

Cholin, J. M., "Gas and Vapor Detection Systems and Monitors," *Fire Protection Handbook*, 20th ed., Section 14, Chapter 8, 2008.

Fire Protection Handbook, 18th edition, 1997.

Fire Protection Handbook, 19th edition, 2003.

Fire Protection Handbook, 20th edition, 2008.

Moore, W., "Fire Alarm Systems," Fire Protection Handbook, 20th ed., 14-3, Quincy, MA, 2008.

National Electrical Code Handbook, 2017 edition.

NFPA Supplement 10, *Guidelines for Decontamination of Fire Fighters and Their Equipment Following Hazardous Materials Incidents*, 2010.

C.1.2 Other Publications.

C.1.2.1 API Publications. American Petroleum Institute, 1220 L Street, NW, Washington, DC 20005-4070.

American Petroleum Institute (API) published a document. The name of the document was, "Ignition Risk of Hydrocarbon Vapors by Hot Surfaces in the Open Air, API Publication 2216, Second Edition, Jan 1991. 1-1-1991."

API RP 1004, *Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 & DOT 406 Tank Motor Vehicles*, 8th edition, 2003, Reaffirmed 2011.

API RP 2003, *Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents*, 1991.

API 2013, *Cleaning Mobile Tanks in Flammable or Combustible Liquid Service*, 1991.

API 2214, *Spark Ignition Properties of Hand Tools*, 1989.

API 2216, *Ignition Risk of Hydrocarbon Vapors by Hot Surfaces in the Open Air*, 2nd ed., 1991.

Δ **C.1.2.2 ASTM Publications.** ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, P.O. Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959.

ASTM D56, *Standard Test Method for Flash Point by Tag Closed Tester*, 2016a.

ASTM D92, *Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester*, 2016b.

ASTM D93, *Standard Test Method for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester*, 2016a.

ASTM D1230, *Standard Test Method for Flammability of Apparel Textiles*, 2017.

ASTM D1310, *Standard Test Method for Flash Point and Fire Point of Liquids by Tag Open-Cup Apparatus*, 2014.

ASTM D1929, *Standard Test Method for Determining Ignition Temperature of Plastics*, 2016.

ASTM D2859, *Standard Test Method for Flammability of Finished Textile Floor Covering Materials*, 2016.

ASTM D3065, *Standard Test Methods for Flammability of Aerosol Products*, 2001 (2013).

ASTM D3828, *Standard Test Methods for Flash Point by Small Scale Closed Tester*, 2016a

ASTM D4809, *Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (Precision Method)*, 2013.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

ASTM D5305, *Standard Test Method for Determination of Ethyl Mercaptan in LP-Gas Vapor*, 2018.

ASTM E84, *Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials*, 2018.

ASTM E108, *Standard Test Method for Fire Tests of Roof Coverings*, 2017.

ASTM E119, *Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials*, 2018.

ASTM E136, *Standard Test Method for Behavior of Materials in a Vertical Tube Furnace at 750°C*, 2016a.

ASTM E603, *Standard Guide for Room Fire Experiments*, 2017.

ASTM E620, *Standard Practice for Reporting Opinions of Scientific or Technical Experts*, 2018.

ASTM E648, *Standard Test Method for Critical Radiant Flux of Floor-Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source*, 2017a.

ASTM E659, *Standard Test Method for Autoignition Temperature of Liquid Chemicals*, 2015.

ASTM E678, *Standard Practice for Evaluation of Scientific or Technical Data*, 2007 (2013).

ASTM E681, *Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals (Vapors and Gases)*, 2009 (2015).

ASTM E800, *Standard Guide for Measurement of Gases Present or Generated During Fires*, 2014.

ASTM E860, *Standard Practice for Examining and Preparing Items That Are or May Become Involved in Criminal or Civil Litigation*, 2007 (2013)e2.

ASTM E906/E906M, *Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products*, 2017.

ASTM E1188, *Standard Practice for Collection and Preservation of Information and Physical Items by a Technical Investigator*, 2011 (2017).

ASTM E1226, *Standard Test Method for Explosibility of Dust Clouds*, 2012a.

ASTM E1354, *Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter*, 2017.

ASTM E1459, *Standard Guide for Physical Evidence Labeling and Related Documentation*, 2013 (2018).

ASTM E1492, *Standard Practice for Receiving, Documenting, Storing, and Retrieving Evidence in a Forensic Science Laboratory*, 2011 (2017).

ASTM E1515, *Standard Test Method for Minimum Explosible Concentration of Combustible Dusts*, 2014.

ASTM G145, *Standard Guide for Studying Fire Incidents in Oxygen Systems*, 2008.

N **C.1.2.3 Military Specifications.** Department of Defense Single Stock Point, Document Automation and Production Service, Building 4/D, 700 Robbins Avenue, Philadelphia, PA 19111-5094.

Mil-Std-202G, *Test Method for Electronic and Electrical Component Parts*, "Method 301, Dielectric Withstand Voltage," US Department of Defense Military Test Standard, 1998.

Mil-Std-202G, *Test Method for Electronic and Electrical Components*, "Method 302, Insulation Resistance," US Department of Defense Military Test Standard, 2015.

N **C.1.2.4 NWCG Publications.** National Wildfire Coordinating Group, National Fire Equipment System Catalog Part 2, National Interagency Fire Center, Attn: Supply, 3833 South Development Avenue, Boise, ID 83705.

Fireline Handbook, Handbook 3, March 2004.

Fireline Handbook Appendix B Fire Behavior, April 2006.

Glossary of Wildland Fire Terminology, 2007.

Intermediate Wildland Fire Behavior S-290 Student Workbook & CD-Rom, 2007.

Wildland Fire Origin and Cause Determination FI-210 Student Workbook, 2005.

Wildfire Origin & Cause Determination Handbook, Handbook 1, 2005.

N **C.1.2.5 SFPE Publications.** Society of Fire Protection Engineers, 9711 Washingtonian Blvd, Suite 380, Gaithersburg, MD 20878.

Alpert, R., "Ceiling Jet Flows," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* 5th ed., 2016.

Atreya, A., "Convection Heat Transfer," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Beyler, C., "Fire Hazard Calculations for Large, Open Hydrocarbon Fires," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Beyler, C., "Flammability Limits of Premixed and Diffusion Flames," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* 5th ed., 2016.

Copper, L. Y., "Compartment Fire-Generated Environment and Smoke Filling, 5th ed., 2016.

Drysdale, D., "Flaming Ignition of Solid Fuels," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Engineering Guide: Guidelines for Substantiating a Fire Model for a Given Application, 2011.

Engineering Guide: Predicting 1st and 2nd Degree Skin Burns from Thermal Radiation, 2000.

Ezekoye, O., "Conduction of Heat in Solids," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,* 5th ed., 2016.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Gottuk, D. and D. White, "Liquid Fuel Fires," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Gray, B., "Spontaneous Combustion and Self-Heating," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Hasemi, Y., "Surface Flame Spread," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Heskestad, G., "Fire Plumes, Flame Height, and Air Entrainment," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Khan, M., A. Tewarson, and M. Chaos, "Combustion Characteristics of Materials and Generation of Fire Products," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Lattimer, B., "Heat Transfer from Fires to Surfaces," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Lautenberger, C., "Radiation Heat Transfer," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Merci, B., "Introduction to Fluid Mechanics," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Mowrer, F., "Enclosure Smoke Filling and Compartment Fire-Generated Environmental Conditions," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Newman, J., G. Yee, and P. Su, "Smoke Characterization and Damage Potentials," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Purser, D., "Combustion Toxicity," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Purser, D., "Toxicity Assessment of Combustion Products," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Purser, D., and J. L. McAllister, "Assessment of Hazards to Occupants from Smoke, Toxic Gases, and Heat," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Schifiliti, R., Custer, R. and Meacham, B., "Design of Detection Systems," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 5th ed., 2016.

Tanaka, T., "Vent Flows," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Torero, J., "Ignition of Liquid," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., 2016.

Δ **C.1.2.6 UL Publications.** Underwriters Laboratories Inc., 333 Pfingsten Road, Northbrook, IL 60062-2096.

UL 263, *Safety Fire Tests of Building Construction and Materials*, 2011, 14th edition, revised 2015.

UL 969, *Marking and Labeling Systems,* 1995, revised 2008.

UL 1482, *Solid-Fuel Type Room Heater,* 2011.

N **C.1.2.7 ULC Publications.** Underwriters Laboratories of Canada, 7 Underwriters Road, Toronto, ON M1R 3A9, Canada.

ULC S627, *Standard for Space Heaters for Use with Solid Fuels*, 2000.

Δ **C.1.2.8 Other Publications.**

Anderson, H. E., *Aids to Determining Fuel Models for Estimating Fire Behavior*, Intermountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report INT-122, April 1982.

Ashley, A., DuBois, J., Klassen, M., and Roby, R., "Waking Effectiveness of Audible, Visual, and Vibratory Emergency Alarms Across Different Hearing Levels," Proceedings of the Eighth International Symposium on Fire Safety Science, 2005.

Babrauskas, V., Arc Mapping: A Critical Review," *Fire Technology* 54:749–780, 2018. https://doi.org/10.1007/s10694-018-0711-5.

Babrauskas, V., "Charring Rate of Wood as a Tool for Fire Investigation," Interflam 2004, Interscience Communications, London (July 2004).

Babrauskas, V., "Fires Originating in Branch-Circuit NM Cables due to Installation Damage," pp. 17–28 in ISFI 2014—Proc. Intl. Symp. on Fire Investigation Science & Technology. Also see "Influence of Damage and Degradation of NM Cables" Underwriters Laboratories, January 28, 2013.

Babrauskas, V., *Ignition Handbook*, Fire Science Publishers/Society of Fire Protection Engineers, Issaquah, WA, 2003.

Babrauskas, V., "Ignition of Wood: A Review of the State of the Art," *J. Fire Protection Engineering* 12, 163–189, 2002.

Babrauskas, V., "Mechanisms and Modes for Ignition of Low-voltage, PVC-insulated Electrotechnical Products," Fire & Materials 30, pp. 150–174, 2006.

Babrauskas, V., "Wood Char Depth: Interpretation in Fire Investigations," Proceedings of ISFI 2004 International Symposium on Fire Investigation, Fire Service College, Morton in Marsh England (June 2004).

Beland, B., "Considerations on Arcing as a Fire Cause," *Fire Technology* 18, no. 2 (1982): 188–202.

Beland, B., "Electrical Damages — Cause or Consequence?" *Journal of Forensic Science* 29 (3) (July 1984): 747–761.

Beland, B., "Examination of Electrical Conductors Following Fire," *Fire Technology* 16, no. 4 (1980): 252–258.

Benfer, M., and Gottuk, D., *Development and Analysis of Electrical Receptacle Fires,* NIJ-2010-DN-BX-K218, Baltimore, MD, 2013.

Boonmee, N., and J. G. Quintiere, "Glowing and Flaming Autoignition of Wood," *Proceedings of the Combustion Institute* 29, no. 1, 289–296, 2002.

Bruck, D. "Non-Awakening in Children in Response to a Smoke Detector Alarm," *Fire Safety Journal*, 32, 1999.

Bruck, D. "The Effect of Alcohol Upon Response to Fire Alarm Signals in Sleeping Young Adults," *Proceedings of the 3rd International Conference on Human Behavior in Fire,* 2004.

Bustin, W. M., and W. G. Ducket, *Electrostatic Hazards in the Petroleum Industry,* Research Studies Press Ltd., 1983.

Cahill, P. L., and J. H. Dailey, US Department of Transportation, *Aircraft Electrical Wet-Wire Arc Tracking*, DOT/FAA/CT-88/4, Washington, DC: Federal Aviation Administration, August 1988.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Campbell, F. J., *Flashover Failures from Wet-Wire Arcing and Tracking*, NRL Memorandum Report 5508, Washington, DC: Naval Research Laboratory, December 17, 1984.

Campbell, J. A., National Advisory Committee for Aeronautics, *Appraisal of the Hazards of Friction-Spark Ignition of Aircraft Crash Fires*, Technical Note 4024, Cleveland, OH: Lewis Flight Propulsion Laboratory, May 1957.

Carman, S. W., "Improving the Understanding of Postflashover Fire Behavior," Proceedings of the 3rd International Symposium on Fire Investigations Science and Technology (ISFI). Cincinnati, OH, May 19–21, 2008. Also available at www.carmanfireinvestigations.com.

Carman, S. W., "Investigation of an Elevated Fire — Perspectives on the 'Z-Factor.'" Conference Proceedings — Fire and Materials 2011, 12th International Conference and Exhibition, 2011.

Claflin, P., "Effects of Multiple Ventilation Openings on a Post-Flashover Compartment Fire," *Fire and Arson Investigator* 64, no. 3 (2014): 16.

Cole, L. *The Investigation of Motor Vehicle Fires: A Guide for Law Enforcement, Fire Department and Insurance Personnel*, 3rd ed., Lee Books, 1992.

Countryman, C., "Ignition of Grass Fuels by Cigarettes," US Forest Service Fire Management Notes, Volume 44, no. 3, 1983.

Cox, A., "Origin Matrix Analysis: A Systematic Methodology for the Assessment and Interpretation of Compartment Fire Damage," *Fire & Arson Investigator* 64, no. 1 (2013): 37–47.

DeHaan, J. D., and D. J. Icove, *Kirk's Fire Investigation,* 7th ed., Maryland, Brady Books, a division of Pearson, pp. 245–246 and 521–522, 2011.

Donahue, M., *Safety and Health Guidelines for Fire and Explosion Investigators*. Stillwater, OK, Fire Protection Publications, 2002.

Drysdale, D., *An Introduction to Fire Dynamics,* Chichester, UK, John Wiley & Sons, Ltd., 3rd edition, 2011.

Ettling, B., "Arc Marks and Gouges in Wires and Heating at Gouges," *Fire Technology* 17, no. 1 (1981): 61–68.

Ettling, B., "Glowing Connections," *Fire Technology* 18, no. 4 (1982): 344–349.

Ettling, B., "Ignitibility of PVC Electrical Insulation by Arcing," *IAAI Oregon Chapter Newsletter* 1, no. 4 (March 1997).

Ettling, B., "The Overdriven Staple as a Fire Cause," *Fire & Arson Investigator,* March 1994.

Fang, J. B., and J. N. Breese, "Fire Development in Residential Basement Rooms." National Bureau of Standards, NBSIR 80-2120, Gaithersburg, MD, 1980.

Fire Dynamics Tools is currently maintained, and has undergone a V & V process as documented in Verification and Validation of Selected Fire Models for Nuclear Power Plant Applications, NUREG 1824, 2007. Available from http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr1824/.

Ford, R. T., *Investigation of Wildfires*, Bend, OR: Maverick Publication, 1995.

Friguin, Kathinka, "Material Properties and External Factors Influencing the Charring of Solid Wood and Glue-Laminated Timber," *Fire and Materials*, 35, pp. 303–327, 2011, DO1: 10.1002/fam/1055.

Gagnon, R. M., *Design of Water-Based Fire Protection Systems*, Delmar Publishing, New York, 1997.

Green, T., SAE Paper 980561, "Automotive Fuel Line Siphoning."

Grosshandler, W.L., Bryner, N.P., Madrzykowski, D., and Kuntz, K., Report of the Technical Investigation of The Station Nightclub Fire, NIST NCSTAR 2: Vol. 1 & 2, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, June 2005.

Icove, J. I., DeHaan, J. D., and Haynes, G. A., *Forensic Fire Scene Reconstruction*, 3rd ed., Maryland, Brady Books, a division of Pearson, Chapter 4, pp. 175–182.

Insurance Committee for Arson Control (ICAC), "State by State Summary of Arson Reporting/Immunity Laws" and the "Arson Reporting/Immunity Law Compendium," located under the "legal" tab of the ICAC website at http://www.arsoncontrol.org/legal/tip.htm.

International Code Council, 2012 *International Building Code*, 2011.

Iqbal, Naeem and Salley, Mark Henry, "Fire Dynamics Tools (FDTs): Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) Fire Protection Inspection Program, Final Report," NUREG-1805, U.S. NRC, Washington, DC, 2004. Available at http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr1805/final-report/.

Kennedy, K. C., Gorbett, G. E., and Kennedy, P. M., "A Fire Analysis Tool – Revisited: Acoustic Soot Agglomeration in Residential Smoke Alarms," poster presentation, Interflam, 2004.

Kennedy, P., "Thermometry in Fire Investigation and Analysis—Understanding the Practical Use of Basic Thermometry in Fire and Explosion Investigations and Analyses," *The NAFI National Fire Investigator*, NAFI, Sarasota, FL, March 2011.

Kimamoto, H., and E. J. Henley, *Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists*, IEEE Press, 1996.

Kinnes, G., Hine, G., NIOSH Health Hazard Evaluation Report 96-0171-2692, Bureau of Alcohol, Tobacco, and Firearms, Washington, DC, May 1998.

LaPointe, N. R., C. T. Adams, and J. Washington. "Autoignition of Gasoline on Hot Surfaces," *Fire & Arson Investigator,* October 2005, pp. 18–21.

Madrzykowski, D., and Walton, W. D., "Cook County Administration Building Fire, Chicago, IL, October 17, 2003: Heat Release Rate Experiments and FDS Simulations," NIST SP-1021, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, July 2004.

Mann, D. C., and Putaansuu, N. D., "Studies of the Dehydration/Calcination of Gypsum Wallboard," *Fire & Arson Investigator*, pp. 38 – 44, July 2010.

Mealy, C. L. and Gottuk, D. T., "A Study of Unventilated Fire Scenarios for the Advancement of Forensic Investigations of Arson Crimes," Washington, DC: Office of Justice Programs, National Institute of Justice, Department of Justice, 98IJCXK003, 2006.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Mealy, C.L., Benfer, M., and Gottuk, D. T., "Fire Dynamics and Forensic Analysis of Liquid Fuel Fires," National Institute of Justice Grant No. 2008-DN-BX-K168, February 18, 2011.

Mealy, C. L., Benfer, M., and Gottuk, D. T., "A Study of the Parameters Influencing Liquid Fuel Burning Rates," *Fire Safety Science – Proceedings of the 10th International Symposium*, International Association of Fire Safety Science, University of Maryland, College Park, MD, June 19–24, 2011.

Mealy, C. L., and Gottuk, D. T., "Full-Scale Validation Tests of a Forensic Methodology to Determine Smoke Alarm Response," *Fire Technology* 47, 2011.

Mealy, C. L., Wolfe, A. J., and Gottuk, D. T., "Forensic Analysis of Ignitable Liquid Fuel Fires in Buildings," NIJ Grant No. 2009-DN-BX-K232, Feb. 2013.

Merriam-Webster's Collegiate Dictionary, 11th edition, Merriam-Webster, Inc., Springfield, MA, 2003.

Nober, E. H., Pierce, H., and Well, A. "Waking Effectiveness of Household Smoke and Fire Detection Devices," NBS-GCR-83-439, 1983.

Novak, C., et al., "An Analysis of Heat Flux Induced Art Formation in Residential Electrical Cable," *Fire Safety Journal* 55 (2013): 61–68.

Olenick, S., Klassen, M., Roby, R., Ma, T., and Torero, J., "Burning Rate of Liquid Fuel on Carpet (Porous Media)," *Fire Technology* 40, pp. 227–249, 2004.

Olenick, S. N., Roby, R. J., Klassen, M. S., Zhang, W., Sutula, J. A., Worrell, C., Wu, D., D'Souza, V., Ashley, E., DuBois, J., Torero, J. L., and Streit, L. A., "The Role of Smoke Detectors in Forensic Fire Investigation and Reconstruction," presented to the International Symposium on Fire Investigation Science and Technology (ISFI), June 26–28, 2006.

Parkes, A. R., and Fleischmann, C. M., "The Impact of Location and Ventilation on Pool Fire in a Compartment," *Fire Safety Science 8*, 2005, 1289–1300, doi:10.3801/IAFSS.FSS.8-1289.

Phelan, P., "An Investigation on Enhanced Soot Deposition on Smoke Alarm Horns," Master of Science Thesis, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, MA, 2005.

Proulx, G., and Sime, J. D., "To Prevent 'Panic' in an Underground Emergency: Why Not Tell People the Truth?" *Fire Safety Science – Proceedings of the Third International Symposium*, pp. 843–852, 1991.

Putorti, A. D., "Flammable and Combustible Liquid Spill Burn Patterns," National Institute of Justice, NIJ-604-00, 2001.

Putorti, A. D., Belsinger, T. D., and Twilley, W. H., "Determination of Water Spray Drop Size and Speed from a Standard Orifice, Pendant Spray Sprinkler," Report of Test. NIST FR 4003, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, May 27, 1999.

Quintiere, J. G., *Principles of Fire Behavior*, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, FL, 2017.

Ren, N., Blum, A., Zheng, Y.H., Do, C. and Marshall, A.W., "Quantifying the Initial Spray from Fire Sprinklers," *Fire Safety Science – Proceedings of the Ninth International Symposium*, International Association for Fire Safety Science, 2008.

Roby, R. J., Olenick, S. M., Zhang, W., Carpenter, D. J., Klassen, M. S., and Torero, J. L., "Smoke Detector Algorithm for Large Eddy Simulation Modeling," NIST GCR 07-911, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, July 2007.

Scott, J. H., and R. E. Burgan, *Standard Fire Behavior Fuel Models: A Comprehensive Set for Use with Rothermel's Surface Fire Spread Model*, General Technical Report RMRS-GTR-153, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2017.

Severy, D. M., D. M. Blaisdell, and J. F. Kerkhoff. "Automobile Collision Fires," SAE 741180, 1974.

Sheppard, D. T., and Steppan, D. R., "Sprinkler, Heat & Smoke Vent, Draft Curtain Project — Phase 1 Scoping Tests," Technical report, Underwriters Laboratories, Northbrook, IL, May 1997.

Smith, D. W., "Firefighter's Role in Preserving the Fire Scene," *Fire Engineering* 50, no. 1, pp. 103, 1997.

Snyder, E., Health Hazard Evaluation Report 2004-0368-3030, Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms, and Explosives, Austin, TX, January 2007.

Spearpoint, M. J., and J. G. Quintiere, "Predicting the Piloted Ignition of Wood in the Cone Calorimeter Using an Integral Model — Effects of Species, Grain Orientation and Heat Flux," *Fire Safety Journal* 36, 391–415, 2001.

Steensland, P., "Long Term Thermal Residency in Woody Debris Piles," International Association of Arson Investigators, Denver, CO, 2017.

Utiskul, Y. P., and J. G. Quintiere, "An Application of Mass Loss Rate Model with Fuel Response Effects in Fully-Developed Compartment Fires," Department of Fire Protection Engineering, University of Maryland, College Park, MD, 2008.

Worrell, C. L., Roby, R. J., Streit, L., and Torero, J. L., "Enhanced Deposition, Acoustic Agglomeration, and Chladni Figures in Smoke Detectors," *Fire Technology* 37, 2001.

Worrell, C. L., Lynch, J. A., Jomaas, G., Roby, R. J., Streit, L., and Torero, J. L., "Effect of Smoke Source and Horn Configuration on Enhanced Deposition, Acoustic Agglomeration, and Chladni Figures in Smoke Detectors," *Fire Technology* 39, 2003.

Yu, H. Z., Lee, J. L., and Kung, H. C., "Suppression of Rack-Storage Fires by Water," *Fire Safety Science– Proceedings of the Fourth International Symposium*, pages 901–912, International Association for Fire Safety Science, 1994.

Zhang, W., Olenick, S. M., Klassen, M. S., Carpenter, D. J., Roby, R. J., and Torero, J. L., "Smoke Detector Activation Algorithm for Large Eddy Simulation Fire Modeling," *Fire Safety Journal* 43, no. 2, 96–107, February 2008.

Δ C.2 Informational References. The following documents or portions thereof are listed here as informational resources only. They are not directly referenced in this guide.

Ackland, P. J., and A. E. Willey, *Fire Investigation in Commercial Kitchen Systems*, Summerland, B.C.: Philip Ackland Holdings Ltd., 2005.

Anon, "Safety Data for Linseed Oil."

API RP 2003, *Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents,* 7th edition, 2008.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

ASTM S1-10, *American National Standard for Metric Practice*, 2010.

ATF Fire Research Laboratory Technical Bulletin (ATFFRL-TB-170001). Arc Mapping as a Tool for Fire Investigations. March 17, 2017.

Babrauskas, V. "Estimating Room Flashover Potential," *Fire Technology* 16, No. 2, pp. 94–103, May 1980.

Babrauskas, V. "Pyrophoric Carbon. . . The Jury Is Still Out," *Fire and Arson Investigator*, Vol. 51, No. 2, pp. 12–14, January 2001.

Bennett, C. O., and J. E. Myers, *Momentum, Heat, and Mass Transfer*, 2nd edition, New York, McGraw-Hill Book Co., 1974.

Bolstad-Johnson, Dawn M., et al., "Characterization of Firefighter Exposures During Fire Overhaul," Phoenix Fire Department/University of Arizona Prevention Center/Arizona State University, 1998.

Bull, J. P., and J. C. Lawrence. "Thermal Conditions to Produce Skin Burns," *Fire and Materials* 3(2) (1979): 100–05.

Bustin, W. M., and W. G. Duket. *Electrostatic Hazards in the Petroleum Industry*. London, UK: Research Studio Press, July 1983.

Carman, S. W., "'Clean Burn' Fire Patterns – A New Perspective for Interpretation," Proceedings of the 2010 Interflam Conference, Interscience Communications, London, page 1341. Also available at www.carmanfireinvestigations.com

Coltharp, D. R. "Blast Response Tests of Reinforced Concrete Box Structures," Department of Defense, 1983.

Cuzzillo, B. R., P. J. Pagni, R. B. Williamson, and R. A. Schroeder, "The Verdict Is In: Pyrophoric Carbon Is Out," *Fire and Arson Investigator* 53(1), pp. 19–21, October 2002.

Derkson, W. L., T. I. Monohan, and G. P. deLhery. "The Temperature Associated with Radiant Energy Skin Burns," *Temperature — Its Measurement and Control in Science and Industry* 3(3) (1963): 171–75.

Flick, E. W., ed., *Industrial Solvents Handbook*, 5th edition. Park Ridge, NJ: Noyes Data Corp., 1998.

Furton, K., Greb, J., and Holness, H. "The Scientific Working Group on Dog and Orthogonal Detector Guidelines (SWGDOG)," Doc. No. 231952 (September 2010).

Grant, C., "Respiratory Exposure Study for Fire Fighters And Other Emergency Responders," The Fire Protection Research Foundation, National Fire Protection Association, Quincy, MA, December 2007.

Harrington D. and Parker D. J., *Explosions in coal mines caused by smoking*, Washington DC, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1941.

Kennedy, P., and J. Shanley. FA 178, "USFA Fire Burn Pattern Tests — Program for the Study of Fire Patterns," Emmitsburg, MD: U.S. Fire Administration, July 1997.

Lawson, J. *An Evaluation of Fire Properties of Generic Gypsum Board Products* (NBSIR 77-1265). Washington, DC: NIST, Center for Fire Research, 1977.

LeMasters, G., Genaidy, A., Succop, P., et al., "Cancer Risk Among Firefighters: A Review and Meta-Analysis of 32 Studies," Journal of Occupational and Environmental Medicine, Volume 48, Number 11, pp. 1189–1202, November 2006.

Martin, G., Boehmer, H. R., and Olenick, S. M., "Thermally-Induced Failure of Smoke Alarms," Proceedings of the NFPA Research Foundation SUPDET/AUBE Symposium, September 2017.

National Association of Fire Investigators, "The National Fire Investigator," 2007.

National Fire Alarm and Signaling Code Handbook, 2019 edition.

NFPA 14, *Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems*, 2018 edition.

NFPA 16, *Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems*, 2019 edition.

NFPA 780, *Standard for the Installation of Lightning Protection Systems*, 2017 edition.

NFPA 1144, *Standard for Reducing Structure Ignition Hazards from Wildland Fire,* 2018 edition.

Rein G., "Smoldering Combustion," *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 5th edition, ed. M. Hurley. Gaithersburg, MD, 2016.

Putorti, A. J. Jr. (NIST), "Full Scale Room Burn Pattern Study," NIJ Report 601-97, Publication #169 281, National Institute of Justice, National Criminal Justice Reference Service, Washington, DC, 1997.

Smith, H. W., *Strategies of Social Research, The Methodological Imagination*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, pp. 58, 61, 1975.

SPP 51 Flash Point Index of Trade Name Liquids, 1978 edition.

Stoll, A., and M. A. Chianta. "Method and Rating System for Evaluation of Thermal Protection," *Aerospace Medicine* 40 (1969): 1232–38.

Stoll, A., and M. A. Chianta. "Method and Rating System for Evaluation of Thermal Protection," Aerospace Medicine 40 (1969): 1232–38.

SWGDOG SC2 *General Guidelines, Scientific Working Group on Dog and Orthogonal Detector Guidelines*, approved by the membership 9/15/2009.

Tan, S. H. "Flare System Design Simplified," *Hydrocarbon Processing*, pp. 172–176, 1967.

Ungut, A. (Shell Global Solutions, Chester, UK), and H. James (Health & Safety Executive, Manchester, UK), "Autoignition of Gaseous Fuel-Air Mixtures Near a Hot Surface," Symposium Series No. 148, 2001.

Δ C.3 References for Extracts in Informational Sections.

NFPA 68, *Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting*, 2018 edition.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Annex D Photograph Credits

D.1 Image Contributors. *This annex is not a part of the recommendations of this NFPA document but is included for informational purposes only.*

Table D.1 Image Contributors

Figure	Name
5.6.4.6.4(a)	Doug Carpenter
5.6.4.6.4(b)	Doug Carpenter
5.6.4.6.5	Doug Carpenter
6.2.3.2	Joe Sesniak
6.2.5.1	NFPA
6.2.6.1	Joe Sesniak
6.2.6.3	Hal Lyson
6.2.8.4(a)	Patrick Kennedy
6.2.8.4(b)	USFA
6.2.8.6.2	Patrick Kennedy
6.2.9.1	John A. Kennedy & Associates
6.2.10.3(a)	Patrick Kennedy
6.2.10.3(b)	Patrick Kennedy
6.2.10.3(c)	Patrick Kennedy
6.2.10.3(d)	Patrick Kennedy
6.2.11(a)	Ryan Cox
6.2.11(b)	Ryan Cox
6.2.12.1.1	Joe Sesniak
6.2.13.1.4	NFPA
6.2.15	Joe Sesniak
6.2.15.1	John A. Kennedy & Associates
6.3.1.2	Dennis Smith
6.3.2.1.3(b)	Joe Sesniak
6.3.2.5(a)	Hal Lyson
6.3.2.5(b)	Ryan Cox
6.3.2.5(c)	Ryan Cox
6.3.2.3(c)	Joe Sesniak
6.3.2.5(a)	Ryan Cox
6.3.2.5(b)	Ron Hopkins
6.3.4.1(a)	U.S. Fire Administration
6.3.4.2(a)	John A. Kennedy & Associates
6.3.4.2(b)	John A. Kennedy & Associates
6.3.7.1(c)	Joe Sesniak
6.3.7.2(b)	John Lentini
6.3.7.2(c)	Ryan Cox
6.3.7.2(d)	Joe Sesniak
6.3.7.2.3	John A. Kennedy & Associates
6.3.7.4(b)	John A. Kennedy & Associates
6.3.7.5(b)	John A. Kennedy & Associates
6.3.7.5(c)	Joe Sesniak
6.3.7.8.3(b)	Dennis Smith
6.3.7.8.3(d)	Ryan Cox
6.3.7.8.3(e)	Ryan Cox
6.3.7.8.3(f)	Ryan Cox
6.3.7.8.4(a)	NAFI
6.3.7.8.4(b)	Ron Hopkins
6.3.7.8.5(a)	Dan Churchward
6.3.7.8.5(b)	Dan Churchward
6.3.7.9(a)	NFPA
6.3.7.9(b)	Christopher L. Mealy, Dan T. Gottuk
6.3.7.10.1	Christopher L. Mealy, Dan T. Gottuk
6.3.7.11.2	Ryan Cox
6.3.7.11.2.2	Patrick Kennedy
6.3.7.12	Dennis Smith
8.3.2.1	Gamewell-FCI
8.3.2.4.1(a)	Kidde Mebane, NC
8.3.2.4.1(b)	System Sensor Corp.
8.3.2.4.2	*NFPA 72 Handbook*
8.3.2.4.3	*NFPA 72 Handbook*
8.3.2.4.4	Xtralis, Norwell, MA
8.3.2.5.1a	System Sensor Corp., St. Charles, IL
8.3.2.5.1b	System Sensor Corp., St. Charles, IL
8.3.2.5.1c	The Protectowire Co., Inc., Pembroke, MA
8.3.2.5.1d	Kidde-Fenwal, Ashland, MA
8.3.2.7(a)	Eaton, Long Branch, NJ
8.3.2.7(b)	Eaton, Long Branch, NJ
8.3.2.7(c)	Signal Communications Corp., Woburn, MA
8.4.1.2.1	*Fire Protection Handbook*
8.4.1.2.2.1	*Fire Protection Handbook*
8.4.1.2.2.2	*Fire Protection Handbook*
8.4.1.2.2.3	*Fire Protection Handbook*
8.4.1.2.2.4	*Fire Protection Handbook*
8.4.2.4.1	*Fire Protection Handbook*
8.4.4.4.1	NFPA 13
8.5.1.3.2	Courtesy of Guardian Services, Inc.
8.5.1.3.3a	*Fire Protection Handbook*
8.5.1.3.3b	*Fire Protection Handbook*
8.5.1.3.4	*Fire Protection Handbook*
8.5.2.5(a)	*Fire Protection Handbook*
8.5.2.5(b)	Courtesy of Tyco Fire Protection Products
8.5.2.6(a)	*Fire Protection Handbook*
8.5.2.6(b)	Courtesy of Tyco Fire Protection Products
8.5.2.7	*Fire Protection Handbook*
8.5.2.8	*Fire Protection Handbook*
9.9.4.5.1	Dan Churchward
9.10.4(a)	Dan Churchward
9.10.4(b)	Dan Churchward
9.10.4(c)	Dan Churchward
9.10.4(d)	Dan Churchward
9.10.5	Dan Churchward
9.10.4.1(a)	Matt Benfer
9.10.4.1(b)	Matt Benfer
9.10.4.1(c)	Matt Benfer
9.10.5.1(a)	Joe Sesniak
9.10.6.4	Chris Bloom
10.9.2.1.1(a)	Patrick Kennedy
10.9.2.1.1(b)	Patrick Kennedy
10.9.4.8.1	Hal Lyson
10.9.6.1	Patrick Kennedy
10.9.7	Patrick Kennedy
10.9.8	Patrick Kennedy
10.9.9.1.1(a)	The U.S. Department of Transportation (DOT) Pipeline Hazardous Material Safety Administration (PHMSA), Office of Pipeline Safety (OPS)
10.9.9.1.1(b)	The U.S. Department of Transportation (DOT) Pipeline Hazardous Material Safety Administration (PHMSA), Office of Pipeline Safety (OPS)
13.1	Patrick Kennedy
13.2.3.5	Ron Hopkins
13.3.1	Patrick Kennedy
13.3.2.2	Michael Hopkins
13.3.5.2	John A. Kennedy & Associates
13.3.6	Ron Hopkins

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Table D.1 *Continued*

Figure	Name
13.4.2	Ron Hopkins
13.6.1	Ron Hopkins
16.2.5.2(1)	Ryan Cox
16.2.5.2(2)	Ryan Cox
16.2.5.2(3)	Ryan Cox
16.2.7.11	Joe Sesniak
17.6.2.1	Patrick Kennedy
17.10.1.4(b)	Patrick Kennedy
17.10.1.4(c)	John A. Kennedy & Associates
18.3.2.1	Hal Lyson
18.3.2.7(a)	Hal Lyson
18.3.2.7(b)	Hal Lyson
18.4.3.2(a)	Patrick Kennedy
18.4.3.2(b)	Patrick Kennedy
18.4.4.2(a)	Patrick Kennedy
18.4.4.2(b)	Patrick Kennedy
18.4.5.4	Joe Sesniak
18.4.2	Patrick Kennedy and Jim Shanley
18.4.8.1	Andrew Cox, Special Agent, Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms, and Explosives
22.4.9	*SFPE Engineering Guide*
22.4.9.3(a)	NUREG 1824, *Verifications and Validation of Selected Fire Models for Nuclear Power Plants Applications*
22.4.9.3(b)	NUREG 1824, *Verifications and Validation of Selected Fire Models for Nuclear Power Plants Applications*
23.2.2.1	Patrick Kennedy
23.2.2.3	Patrick Kennedy
23.2.3.1.3	Scott Davis
23.3.1	John A. Kennedy & Associates
23.3.2(a)	Mick Schulz
23.3.2(b)	John A. Kennedy & Associates
23.4.1.1	Scott Davis
23.4.1.4(a)	Harris,1983, pg. 3
23.4.1.4(b)	Harris, 1983
23.8	GEXCon – *Gas Explosion Handbook*, Figure 4.5
23.8.1	GEXCon – *Gas Explosion Handbook*, Figure 4.5
23.8.2.1.1	GEXCon – *Gas Explosion Handbook*, Figure 4.7
23.8.2.1.7	Van Wingerdan et al., 1991
23.8.2.2.5	Scott Davis
23.9.2(a)	NFPA 68, *Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting*
23.9.2(b)	Unpublished data courtesy of U.S. Mine Safety and Health Administration
23.9.3	Adapted from Bartknecht [51]
23.14.4.1.4	Patrick Kennedy
24.2.7.1	Dennis Smith
25.2.5.1	Stoll and Greene, 1959
25.9.3(a)	Rodney Pevytoe
25.9.3(b)	Rodney Pevytoe
25.9.7	Rodney Pevytoe
26.2.2(a)	Jim Finneran
26.2.2(b)	Jim Finneran
26.2.2(c)	Jim Finneran
26.2.3(a)	Jim Finneran
26.2.3(b)	Jim Finneran
26.2.3(c)	Jim Finneran
26.3.2(a)	Michael Knowlton
26.3.2(b)	Michael Knowlton
26.3.2(c)	Michael Knowlton
26.4.4(a)	Jim Finneran
26.4.4(b)	Jim Finneran
26.4.4(c)	Jim Finneran
26.4.4(d)	Jim Finneran
26.4.4(e)	Jim Finneran
26.4.5(a)	Jim Finneran
26.4.5(b)	Jim Finneran
26.5.1.1.2	Joe Sesniak
26.5.1.2.1	Joe Sesniak
26.5.1.3	Joe Sesniak
26.5.2.4.1(a)	Jim Finneran
26.5.2.4.1(b)	Jim Finneran
26.5.3.4.1(c)	Jim Finneran
26.5.2.4.1(d)	Jim Finneran
27.8.1.1(c)	MorrFire Investigations
27.8.1.1(d)	MorrFire Investigations
27.8.1.1(e)	MorrFire Investigations
27.8.1.1(f)	MorrFire Investigations
27.8.1.1(g)	MorrFire Investigations
27.8.1.1(j)	Colwell, J., "Full-Scale Burn Test of a 2001 Full-Size Pickup Truck," SAE Int. J. Trans. Safety 1(2):450-466, 2013, doi:10.4271/2013-01-0214 Colwell, J., "Full-Scale Burn Test of a 1998 Compact Passenger Car," SAE Technical Paper 2014-01-0426, 2014, doi: 10.4271/2014-01-0426.
27.11.1(b)	Robby E. Landis
27.11.1(c)	Robby E. Landis
27.11.1.2.1(a)	Robby E. Landis
27.11.1.2.1(b)	Robby E. Landis
27.11.1.2.2(a)	Robby E. Landis
27.11.1.2.2(b)	Robby E. Landis
27.11.1.3(a)	Robby E. Landis
27.11.1.3(b)	Robby E. Landis
27.11.1.3(c)	Robby E. Landis
27.11.1.4(a)	Robby E. Landis
27.11.1.4(b)	Robby E. Landis
27.15.2.4.1(a)	T. W. Horton
27.15.4.1(b)	T. W. Horton
27.15.6.8(a)	T.W. Horton
27.15.6.8(b)	T.W. Horton
27.18.2.2	NFPA
28.6.12(b)	Jim Shanley
28.6.13(b)	Jim Shanley
28.6.4.1(c)	Jim Shanley
30.1(a)	Greg Davis
30.1(b)	Greg Davis
30.4.3	Greg Davis
30.7.2.1.1.1	Greg Davis
30.7.2.1.1.2	Greg Davis
30.8.3.3	Greg Davis
30.9.2.1	Greg Davis
30.9.2.3(a)	Greg Davis
30.9.2.3(b)	Greg Davis
30.9.3.1	Greg Davis
30.10.1	Greg Davis
30.10.1.1.1	Greg Davis
30.10.2.2	Greg Davis

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Index

Copyright © 2020 National Fire Protection Association. All Rights Reserved.

The copyright in this index is separate and distinct from the copyright in the document that it indexes. The licensing provisions set forth for the document are not applicable to this index. This index may not be reproduced in whole or in part by any means without the express written permission of NFPA.

-A-

Absolute Temperature
Definition, 3.3.1, A.3.3.1
Accelerant
Definition, 3.3.2
Accident
Definition, 3.3.3
Active Fire Protection System
Definition, 3.3.4
Active Fire Protection Systems, Chap. 8
Documentation of Fire Protection Systems, 8.2
Alarm/Activation History, 8.2.7
Design Documentation, 8.2.1
Inspection and Maintenance Records, 8.2.5
Installation Documentation, 8.2.4
Invoices and Contracts, 8.2.3
Permit History, 8.2.2
Product Literature, 8.2.6
Fire Alarm Systems, 8.3, A.8.3
Analysis, 8.3.4, A.8.3.4
Code Analysis, 8.3.4.2
Design Analysis, 8.3.4.3
Development of Timeline, 8.3.4.7
Fire Alarm Effectiveness, 8.3.4.9, A.8.3.4.9
Impact on Human Behavior, 8.3.4.10
Installation Analysis, 8.3.4.4
System Documentation and Data Collection, 8.3.4.1
System Performance, 8.3.4.6
Alarm Response Time, 8.3.4.6.3, A.8.3.4.6.3
Analysis of Smoke Alarm, Smoke Detector, and Heat Detector Response, 8.3.4.6.1
Analysis of Smoke Deposition, 8.3.4.6.2
Estimation of Fire Size, 8.3.4.6.4
Testing and Maintenance Analysis, 8.3.4.5
Thermal Damage, 8.3.4.8, A.8.3.4.8
General Information, 8.3.1
General System Operation, 8.3.1.3
Purpose of Systems, 8.3.1.1
System Components, 8.3.1.2, A.8.3.1.2
Key Components of Systems, 8.3.2, A.8.3.2
Fire Alarm Control Unit (FACU), 8.3.2.1
Heat Detection, 8.3.2.5
Flame Detectors, 8.3.2.5.3
Radiant Energy-Sensing Fire Detector, 8.3.2.5.2
Spark/Ember Detectors, 8.3.2.5.4
Spot and Linear Heat Detectors, 8.3.2.5.1
Initiating Devices, 8.3.2.3
Line-Type, 8.3.2.3.2
Spot-Type, 8.3.2.3.1
Video, 8.3.2.3.3
Notification Appliances, 8.3.2.7
Other Types of Detectors, 8.3.2.6, A.8.3.2.6
Power Supply, 8.3.2.2
Primary, 8.3.2.2.1
Secondary, 8.3.2.2.2
Smoke Detection, 8.3.2.4
Air Sampling — Aspirated, 8.3.2.4.4
Ionization, 8.3.2.4.2
Photoelectric, 8.3.2.4.3
Projected Beam, 8.3.2.4.5
Smoke Detectors vs. Smoke Alarms, 8.3.2.4.1
Operation and Installation Parameters of the System, 8.3.3, A.8.3.3
FACU Features, 8.3.3.1
Internal System Communication, 8.3.3.3
Location and Spacing of Devices, 8.3.3.2, A.8.3.3.2
Means of Alarm Transmission, 8.3.3.4
Systems Monitored and Controlled, 8.3.3.5
Central Station, 8.3.3.5.1
Proprietary Station, 8.3.3.5.2
Remote Station, 8.3.3.5.3
Introduction, 8.1, A.8.1
Non-Water-Based Fire Suppression Systems, 8.5
Analysis, 8.5.4
Design Analysis, 8.5.4.2
Estimation of Fire Size, 8.5.4.2.9, A.8.5.4.2.9
Fire Impact, 8.5.4.2.1
Fire Modeling, 8.5.4.2.11, A.8.5.4.2.11
Hazard Protected, 8.5.4.2.2
Impact on Human Behavior, 8.5.4.2.10
Inspection, Testing, and Maintenance, 8.5.4.2.6
Installation, 8.5.4.2.4
Origin and Cause, 8.5.4.2.7
Placement, 8.5.4.2.3
System Performance, 8.5.4.2.5
Timelines, 8.5.4.2.8
General Information, 8.5.1, A.8.5.1
Method of Application, 8.5.1.2
Purpose of Systems, 8.5.1.1
Suppression Agents, 8.5.1.3
Carbon Dioxide, 8.5.1.3.2
Condensed and Dispersed Aerosols, 8.5.1.3.6
Dry Chemical, 8.5.1.3.3
Dry Chemicals Based on the Salts of Potassium, 8.5.1.3.3.2
Multipurpose Dry Chemical, 8.5.1.3.3.3
Sodium Bicarbonate–Based Dry Chemical, 8.5.1.3.3.1
Expansion Foam, 8.5.1.3.5
Halons and Clean Agents, 8.5.1.3.1

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Wet Chemical, 8.5.1.3.4
Key Components of Systems, 8.5.2
Actuation System, 8.5.2.7
Distribution Nozzles, 8.5.2.6
Distribution Piping, 8.5.2.3
Pressure Sources, 8.5.2.2
Proportioners, 8.5.2.5
Suppression Agent Supply, 8.5.2.1
System Monitoring and Control, 8.5.2.8
Valves, Hoses, and Fittings, 8.5.2.4
Operation and Installation Parameters of the System, 8.5.3
Activation Mechanisms and Criteria, 8.5.3.4
Location and Spacing of Nozzles, 8.5.3.1
Nozzle Coverage and Distribution, 8.5.3.3
Pipe Sizing and Arrangement, 8.5.3.2
Systems Monitored and Controlled, 8.5.3.5
Spoliation Issues, 8.6
Water-Based Fire Suppression Systems, 8.4
Analysis, 8.4.4
Code Analysis, 8.4.4.2
Design Analysis, 8.4.4.3
Placement, 8.4.4.3.2
Hazard Protected, 8.4.4.4
Capacity, 8.4.4.4.3
Changes Affecting Hazard Classification, 8.4.4.4.2
Coverage, 8.4.4.4.4
Amount of Building Coverage, 8.4.4.4.4.1
Impact on Human Behavior, 8.4.4.4.4.9
Installation Analysis, 8.4.4.4.4.5
Local Coverage, 8.4.4.4.4.4
Partial or Selective Coverage, 8.4.4.4.4.3
System Performance, 8.4.4.4.4.7
Estimation of Fire Size, 8.4.4.4.4.7(B), A.8.4.4.4.4.7(B)
Fire Modeling, 8.4.4.4.4.7(C), A.8.4.4.4.4.7(C)
Origin and Cause Determination, 8.4.4.4.4.7(A)
Testing and Maintenance, 8.4.4.4.4.6
Timelines, 8.4.4.4.4.8
Total or Complete Coverage, 8.4.4.4.4.2
Level of Hazard, 8.4.4.4.1
System Documentation and Data Collection, 8.4.4.1
General Information, 8.4.1, A.8.4.1
General System Operation, 8.4.1.2
Extinguishment Mechanism, 8.4.1.2.1
Types of Water-Based Systems, 8.4.1.2.2, A.8.4.1.2.2
Deluge Sprinkler System, 8.4.1.2.2.4
Dry Pipe Sprinkler System, 8.4.1.2.2.2
Foam Water Systems, 8.4.1.2.2.7
Preaction Sprinkler System, 8.4.1.2.2.3
Water Mist Systems, 8.4.1.2.2.6
Water Spray, 8.4.1.2.2.5
Wet Pipe Sprinkler System, 8.4.1.2.2.1
Water Supply, 8.4.1.2.3
Purpose of Systems, 8.4.1.1
Key Components of Water-Based Systems, 8.4.2
Piping, 8.4.2.2
Sprinklers/Nozzles, 8.4.2.1
System Valves, 8.4.2.3
Water Supply, 8.4.2.4
Operation and Installation Parameters of the System, 8.4.3
Activation Mechanisms and Criteria, 8.4.3.5
Location and Spacing of Sprinklers, 8.4.3.1
Pipe Sizing and Arrangement, 8.4.3.2
Sprinkler Coverage and Distribution, 8.4.3.3
Systems Monitored and Controlled, 8.4.3.6
Water Flow Rate and Pressure, 8.4.3.4
Administration, Chap. 1
Application, 1.3
Measurement Uncertainty, 1.5
Purpose, 1.2
Scope, 1.1
Units of Measure, 1.4
Ambient
Definition, 3.3.5
Ampacity
Definition, 3.3.6
Ampere
Definition, 3.3.7
Analyzing the Incident for Cause and Responsibility, Chap. 20
Determining Responsibility, 20.5
Assessing Responsibility, 20.5.3
Definition of Responsibility, 20.5.2
Degrees of Responsibility, 20.5.4
Nature of Responsibility, 20.5.1
General, 20.1, A.20.1
The Cause of Bodily Injury or Loss of Life, 20.4
Emergency Preparedness, 20.4.2
Fire/Smoke Spread, 20.4.1
The Cause of Damage to Property Resulting from the Incident, 20.3
Fire/Smoke Spread, 20.3.2
Other Consequential Damage, 20.3.3
The Cause of the Fire or Explosion, 20.2
Appliances, Chap. 25
Appliance Components, 25.5
Appliance Housings, 25.5.1
Aluminum, 25.5.1.3
Ceramics, 25.5.1.8
Glass, 25.5.1.7
Introduction, 25.5.1.1
Other Metals, 25.5.1.4
Plastic, 25.5.1.5
Steel, 25.5.1.2, A.25.5.1.2
Wood, 25.5.1.6
Heating Elements, 25.5.7
Lighting, 25.5.8
Fluorescent Lighting Systems, 25.5.8.1
High Intensity Discharge Lighting Systems, 25.5.8.2, A.25.5.8.2
Miscellaneous Components, 25.5.9
Motors, 25.5.6
Power Sources, 25.5.2
Batteries, 25.5.2.3
Overcurrent Protection, 25.5.2.4

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Power Cords, 25.5.2.1
Voltages Less than 120, 25.5.2.2
Solenoids and Relays, 25.5.4
Switches, 25.5.3
Automatic Switches, 25.5.3.2
Fuses and Circuit Breakers, 25.5.3.2.1
Temperature Switches, 25.5.3.2.2
Manual Switches, 25.5.3.1
Transformers, 25.5.5
Appliance Scene Recording, 25.2
Document Appliance Information, 25.2.4
Gathering All of the Parts from the Appliance, 25.2.5
Measurements of the Location of the Appliance, 25.2.2
Positions of Appliance Controls, 25.2.3
Recording Specific Appliances, 25.2.1
Cause Analysis Involving Appliances, 25.4
Electrical Appliances as Ignition Sources, 25.4.3
How the Appliance Generated Heat, 25.4.1
Obtaining Exemplar Appliances, 25.4.5
Photographing Appliance Disassembly, 25.4.4
Testing Exemplar Appliances, 25.4.6
The Use and Design of the Appliance, 25.4.2
Common Residential Appliances, 25.6
Clothes Dryer, 25.6.13
Clothes Iron, 25.6.12
Coffee Makers, 25.6.2
Consumer Electronics, 25.6.14
Dishwasher, 25.6.6
Electric Blanket, 25.6.9
Electric Can Opener, 25.6.4
Hair Dryer and Hair Curler, 25.6.11
Lighting, 25.6.15
Microwave Oven, 25.6.7
Portable Space Heater, 25.6.8
Range or Oven, 25.6.1
Refrigerator, 25.6.5
Toaster, 25.6.3
Window Air Conditioner Unit, 25.6.10
Origin Analysis Involving Appliances, 25.3
Fire Patterns, 25.3.2
Plastic Appliance Components, 25.3.3
Reconstruction of the Area of Origin, 25.3.4
Relationship of the Appliance to the Origin, 25.3.1
Scope, 25.1, A.25.1

Approved
Definition, 3.2.1, A.3.2.1

Arc
Definition, 3.3.8

Arc Mapping
Definition, 3.3.9

Arc Melting
Definition, 3.3.10

Arc Site
Definition, 3.3.11

Arcing Through Char
Definition, 3.3.12

Area of Origin
Definition, 3.3.13

Arrow Pattern
Definition, 3.3.14

Arson
Definition, 3.3.15

Autoignition
Definition, 3.3.16

Autoignition Temperature
Definition, 3.3.17

-B-

Backdraft
Definition, 3.3.18

Basic Fire Science, Chap. 5
Chemistry, 5.2
Combustion, 5.2.2
Gaseous Fuels, 5.2.2.2
Flammable/Explosive Range, 5.2.2.2.1
Lower Explosive Limit (Lower Flammable Limit), 5.2.2.2.2
Upper Explosive Limit (Upper Flammability Limit), 5.2.2.2.3
Phase Changes and Thermal Decomposition, 5.2.1
Compartment Fire Development, 5.10
Compartment Fire Phenomena, 5.10.2
Smoke Filling, 5.10.2.2
Compartment Vent Flows, 5.10.3
Multiple Opening Flows, 5.10.3.4
Single Opening Flows, 5.10.3.3
Vent Openings, 5.10.3.5
Effects of Enclosures on Fire Growth, 5.10.6
Location of the Fire in the Compartment, 5.10.6.2, A.5.10.6.2
Room Volume and Ceiling Height, 5.10.6.1
Flashover, 5.10.4
Ventilation Opening, 5.10.4.4
Fully Developed Compartment Fires, 5.10.5
General, 5.10.1
Fire Spread Between Compartments, 5.11
Fire Spread via Barriers, 5.11.2
Fire Spread via Openings, 5.11.1
Fire Spread in a Compartment, 5.9, A.5.9
Fire Spread, 5.9.2
Fire Spread by Flame Impingement, 5.9.2.1
Fire Spread by Remote Ignition, 5.9.2.2
Flame Spread, 5.8, A.5.8
Flame Spread on Liquids, 5.8.2
Gas Phase Flame Spread, 5.8.2.3
Liquid Phase Flame Spread, 5.8.2.2
Flame Spread on Solids, 5.8.3
Concurrent Flame Spread on Thick Fuels, 5.8.3.5, A.5.8.3.5
Concurrent Flame Spread on Thin Fuels, 5.8.3.3
Counterflow Flame Spread on Thick Fuels, 5.8.3.4, A.5.8.3.4
Counterflow Flame Spread on Thin Fuels, 5.8.3.2
Role of External Heating on Flame Spread, 5.8.3.7

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Role of Melting and Dripping in Flame Spread, 5.8.3.6
General, 5.8.1
Concurrent Flame Spread, 5.8.1.2
Counterflow Flame Spread, 5.8.1.1
Fire Spread on Sloped Surfaces, 5.8.1.3
Fire Spread in an Inclined Trench, 5.8.1.3.1, A.5.8.1.3.1
Fluid Flows, 5.4, A.5.4
Buoyant Flows, 5.4.2
Ceiling Jets, 5.4.4
Fire Plumes, 5.4.3
General, 5.4.1
Vent Flows, 5.4.5
Fuel Load, Fuel Packages, and Properties of Flames, 5.6, A.5.6
Fuel Items and Fuel Package, 5.6.2
Fuel Load, 5.6.1
Heat Fluxes from Flames, 5.6.6
Heat Fluxes from Flames to Contacted Surfaces, 5.6.6.1
Ceilings, 5.6.6.1.2
Walls, 5.6.6.1.1
Heat Fluxes from Flames to Remote Surfaces, 5.6.6.2, A.5.6.6.2
Heat Release Rate, 5.6.3
Compartment Fires, 5.6.3.2, A.5.6.3.2
General, 5.6.3.1
Liquid Fuel Fires, 5.6.3.3
Confined Liquid Fuel Fires, 5.6.3.3.1, A.5.6.3.3.1
Unconfined Liquid Fuel Fires, 5.6.3.3.2, A.5.6.3.3.2
Unconfined Liquid Fuel Fires on Carpet, 5.6.3.3.3, A.5.6.3.3.3
Properties of Flames, 5.6.4
Color of Flame, 5.6.4.1
Flame Height, 5.6.4.5
Fuel Package Location, 5.6.4.6, A.5.6.4.6
Air Entrainment, 5.6.4.6.1
Analysis of Wall Effects, 5.6.4.6.6
Effect of Corners, 5.6.4.6.5
Effect of Reduced Air Entrainment, 5.6.4.6.3
Flame Height, 5.6.4.6.3.2
Plume and Upper Layer Temperatures, 5.6.4.6.3.1
Effect of Walls, 5.6.4.6.4
Flame and Plume Attachment, 5.6.4.6.2
Outdoor Fires, 5.6.4.6.7
Thermal Structure of a Flame, 5.6.5
Continuous Flaming Region, 5.6.5.1
Intermittent Flame Region, 5.6.5.2
Plume Region, 5.6.5.3
Heat Transfer, 5.5, A.5.5
Conduction, 5.5.2
Thermal Inertia, 5.5.2.3
Convection, 5.5.3
General, 5.5.1
Radiation, 5.5.4
Thermometry, 5.5.5, A.5.5.5
Empirical Temperature Scales, 5.5.5.2
Celsius (Centigrade), 5.5.5.2.2
Fahrenheit, 5.5.5.2.1
Thermodynamic (Absolute) Temperature Scales, 5.5.5.3
Kelvin, 5.5.5.3.1
Rankine, 5.5.5.3.2
Ignition, 5.7, A.5.7
General, 5.7.1
Ignition of Flammable Gases, 5.7.2
Ignition of Liquids, 5.7.3
Flashpoint, 5.7.3.1
Ignition of Solids, 5.7.4
Flaming Autoignition of Solids, 5.7.4.3, A.5.7.4.3
Piloted Flaming Ignition of Solid Fuels, 5.7.4.2
Smoldering Ignition and Initiation of Solid Phase Burning, 5.7.4.1
Common Materials Subject to Self-Heating, 5.7.4.1.4, A.5.7.4.1.4
General, 5.7.4.1.1
Mechanism of Self-Heating to Ignition, 5.7.4.1.3
Charcoal Briquettes, 5.7.4.1.3.10, A.5.7.4.1.3.10
Contaminants, 5.7.4.1.3.11, A.5.7.4.1.3.11
Wood Ignition, 5.7.4.1.3.9, A.5.7.4.1.3.9
Oxidizer Fires, 5.7.4.1.5
Pyrophoric Materials, 5.7.4.1.6
Self-Heating and Self-Ignition, 5.7.4.1.2
Transition to Flaming Combustion, 5.7.4.1.7
Introduction, 5.1
Energy, 5.1.2
Fire and Energy, 5.1.1, A.5.1.1
Fire Tetrahedron, 5.1.5
Fuel, 5.1.5.1
Heat, 5.1.5.3
Oxidizing Agent, 5.1.5.2
Uninhibited Chemical Chain Reaction, 5.1.5.4
Heat Flux, 5.1.4
Power, 5.1.3
Paths of Smoke Spread in Buildings, 5.12
Products of Combustion, 5.3, A.5.3
Basic Methodology, Chap. 4
Basic Method of a Fire Investigation, 4.4
Analyzing the Incident, 4.4.5
Collecting and Preserving Evidence, 4.4.4
Conclusions, 4.4.6
Conducting the Investigation, 4.4.3
Preparing for the Investigation, 4.4.2
Receiving the Assignment, 4.4.1
Level of Certainty, 4.5
Expert Opinions, 4.5.3
Nature of Fire Investigations, 4.1, A.4.1
Relating Fire Investigation to the Scientific Method, 4.3
Analyze the Data, 4.3.4, A.4.3.4
Avoid Presumption, 4.3.8
Collect Data, 4.3.3
Confirmation Bias, 4.3.10, A.4.3.10
Define the Problem, 4.3.2
Develop Hypotheses (Inductive Reasoning), 4.3.5, A.4.3.5
Expectation Bias, 4.3.9
Recognize the Need, 4.3.1
Select Final Hypothesis, 4.3.7
Test the Hypotheses (Deductive Reasoning), 4.3.6, A.4.3.6

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Reporting Procedure, 4.7
Review Procedure, 4.6
Administrative Review, 4.6.1
Limitations of Administrative Reviews, 4.6.1.1
Peer Review, 4.6.3
Limitations of Peer Reviews, 4.6.3.2
Technical Review, 4.6.2
Limitations of Technical Reviews, 4.6.2.1
Systematic Approach, 4.2
Bead
Definition, 3.3.19
Bibliography, Annex B
Calcination, B.4
Carbon Monoxide, B.10
Effects of Room Ventilation on Pattern Magnitude and Location, B.3
Egress Analysis, B.7
Explosions, B.8
Fire Dynamics, B.1
Fire Science, B.2
Odorant Removal from Gas, B.6
Pattern Geometry, B.5
Safety, B.12
Victim Identification, B.9
Wildfires, B.11
Blast Pressure Front
Definition, 3.3.20
BLEVE
Definition, 3.3.21
Bonding
Definition, 3.3.22
British Thermal Unit (Btu)
Definition, 3.3.23
Building Fuel Gas Systems, Chap. 10
Common Appliance and Equipment Requirements, 10.7
Appliance Controls, 10.7.3
Installation, 10.7.1
Accessibility for Service, 10.7.1.5
Approved Appliances, Accessories, and Equipment, 10.7.1.1
Areas of Flammable Vapors, 10.7.1.3, A.10.7.1.3
Clearance to Combustible Materials, 10.7.1.6
Electrical Connections, 10.7.1.7
Gas Appliance Pressure Regulators, 10.7.1.4
Type of Gas, 10.7.1.2
Venting and Air Supply, 10.7.2
Common Fuel Gas System Components, 10.5
Gas Burners, 10.5.4
Manual Ignition, 10.5.4.1
Pilot Lights, 10.5.4.2
Pilotless Igniters, 10.5.4.3
Pressure Regulation (Reduction), 10.5.1
Excess Pressures, 10.5.1.3
General, 10.5.1.1
Normal Working Pressures, 10.5.1.2
Service Piping Systems, 10.5.2
Materials for Mains and Services, 10.5.2.1
Underground Piping, 10.5.2.2
Valves, 10.5.3
Common Fuel Gas Utilization Equipment, 10.8, A.10.8
Air Heating, 10.8.1
Cooking, 10.8.3
Engines, 10.8.5
Illumination, 10.8.6
Incinerators, Toilets, and Exhaust Afterburners, 10.8.7
Refrigeration and Cooling, 10.8.4
Water Heating, 10.8.2
Common Piping in Buildings, 10.6
Electrical Bonding and Grounding, 10.6.7
Joints and Fittings, 10.6.3
Main Shutoff Valves, 10.6.5
Piping Installation, 10.6.4
Piping Materials, 10.6.2
Prohibited Locations, 10.6.6
Size of Piping, 10.6.1
Fuel Gases, 10.2, A.10.2
Commercial Propane, 10.2.2
Natural Gas, 10.2.1
Odorization, 10.2.4
Other Fuel Gases, 10.2.3
Commercial Butane, 10.2.3.1
Manufactured Gases, 10.2.3.3
Propane HD5, 10.2.3.2
Introduction, 10.1, A.10.1
Additional Fire Spread, 10.1.2
Impact of Fuel Gases on Fire and Explosion Investigations, 10.1.1
Both Fuel Source and Ignition Source, 10.1.1.3
Fuel Sources, 10.1.1.1
Ignition Sources, 10.1.1.2
Investigating Fuel Gas Systems Incidents, 10.9
Collection of Gas Piping, 10.9.8
Compliance with Codes and Standards, 10.9.3
Fuel Gas System Analysis, 10.9.2
Necessary Measurements and Diagrams, 10.9.2.1
Leakage, 10.9.4
Corrosion, 10.9.4.7
Malfunctioning Appliances and Controls, 10.9.4.5
Physical Damage, 10.9.4.8, A.10.9.4.8
Pilot Lights, 10.9.4.2
Pipe Junctions, 10.9.4.1
Regulators, 10.9.4.6
Uncapped Pipes and Outlets, 10.9.4.4
Unlit Burners, 10.9.4.3
Locating Leaks, 10.9.6
Bar Holing, 10.9.6.3
Gas Detector Surveys, 10.9.6.2
Soap Bubble Test, 10.9.6.1
Vegetation Surveys, 10.9.6.4
Pressure Testing, 10.9.5
Gas Meter Test, 10.9.5.2
General, 10.9.5.1
Pressure Drop Method, 10.9.5.3, A.10.9.5.3
Testing Flow Rates and Pressures, 10.9.7

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Underground Migration of Fuel Gases, 10.9.9, A.10.9.9
General, 10.9.9.1
Odorant Removal from Gas, 10.9.9.2, A.10.9.9.2
LP-Gas Systems, 10.4
Container Appurtenances, 10.4.2
Connections for Flow Control, 10.4.2.2
Liquid Level Gauging Devices, 10.4.2.3
Pressure Gauges, 10.4.2.4
Pressure Relief Devices, 10.4.2.1
LP-Gas Storage Containers, 10.4.1
Cylinders, 10.4.1.2, A.10.4.1.2
Tanks, 10.4.1.1, A.10.4.1.1
Pressure Regulation, 10.4.3
Vaporizers, 10.4.4
Natural Gas Systems, 10.3
Main Pipelines (Mains), 10.3.2
Metering, 10.3.4
Service Lines, 10.3.3
Transmission Pipelines, 10.3.1, A.10.3.1
Building Systems, Chap. 7
Analysis, 7.9
Code Analysis, 7.9.1
Design Analysis, 7.9.2
Installation Analysis, 7.9.3
Origin and Cause Determination, 7.9.6
Analysis of Structural Damage, 7.9.6.2
Duct and Air Transfer Openings, 7.9.6.2.5
Fire Doors, 7.9.6.2.3
Fire Windows, 7.9.6.2.4
Fireblocking and Draftstopping, 7.9.6.2.6
Joint Systems, 7.9.6.2.2
Penetrations, 7.9.6.2.1
System Performance, 7.9.4
Testing and Maintenance Analysis, 7.9.5
Construction Assemblies, 7.4
Concealed Spaces, 7.4.5
Doors, 7.4.4
Floor/Ceiling/Roof Assemblies, 7.4.2
General, 7.4.1
Walls, 7.4.3
Construction Materials, 7.5, A.7.5
Reinforced Concrete, 7.5.2
Structural Steel, 7.5.1
Encasement, 7.5.1.1
Filling, 7.5.1.5
Intumescent Coatings, 7.5.1.4
Spray-On Fireproofing, 7.5.1.3
Surface Treatment, 7.5.1.2
Wood, 7.5.3
Design and Installation Parameters of the System, 7.7
Documentation and Data Collection, 7.8
Features of Design, Construction, and Structural Elements in Evaluating Fire Development, 7.2
Building Design, 7.2.2
Building Loads, 7.2.2.2
Compartmentation, 7.2.2.4
Concealed and Interstitial Spaces, 7.2.2.5
General, 7.2.2.1
Planned Design as Compared to "As-Built" Condition, 7.2.2.6
Room Size, 7.2.2.3
Computer Fire Model Survey of Building Component Variations, 7.2.5
Explosion Damage, 7.2.6
General, 7.2.1
Materials, 7.2.3
Flammability, 7.2.3.2
Ignitibility, 7.2.3.1
Orientation, Position, and Placement, 7.2.3.7
Physical State and Heat Resistance, 7.2.3.6
Thermal Conductivity, 7.2.3.4
Thermal Inertia, 7.2.3.3
Toxicity, 7.2.3.5
Occupancy, 7.2.4
Heating Systems, 7.10, A.7.10
Analysis of Origin and Causes, 7.10.6
Documentation and Data Collection, 7.10.5
Documenting Damage, 7.10.5.3
Documenting Heating System Information, 7.10.5.2
Documenting Positions of Controls, 7.10.5.4
Gathering the Parts from the Heating System, 7.10.5.6
Other Important Data, 7.10.5.5
Installation, 7.10.2
Operation and Maintenance, 7.10.3
Potential Fire Causes, 7.10.4
Airspace Requirement Violations, 7.10.4.5
Circumvented or Failed Control and Safety Components, 7.10.4.7
Electrical Events, 7.10.4.10
Improper Installation of Chimneys and Vents, 7.10.4.4
Improper Installation of Control and Safety Devices, 7.10.4.3
Improper Installation of Fuel Delivery Systems, 7.10.4.1
Improper Installation of Heat Producing Devices, 7.10.4.2
Improper Usage, 7.10.4.9
Inadequate Maintenance or Cleaning, 7.10.4.8
Utilizing Non-listed Devices and Accessories, 7.10.4.6
System Components, 7.10.1
Chimney/Vent, 7.10.1.3
Control and Safety Devices, 7.10.1.4
Control Thermostats, 7.10.1.4.6
Door Switches, 7.10.1.4.3
Flame Rollout Detectors, 7.10.1.4.5
Flame Sensors, 7.10.1.4.4
High-Temperature Limits, 7.10.1.4.2
Pressure Switches, 7.10.1.4.1
Fuel Storage and Supply, 7.10.1.1
Heat Producing Devices, 7.10.1.2
Boilers, 7.10.1.2.1
Electric Heating Units, 7.10.1.2.7
Factory Built Fireplaces, 7.10.1.2.5
Furnaces, 7.10.1.2.2
Masonry Fireplaces, 7.10.1.2.6
Radiant/Convective Heaters, 7.10.1.2.3

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Stoves, 7.10.1.2.4
Impact of Passive Fire Protection Systems on Investigation, 7.6
Analysis of Structural Damage, 7.6.2
Introduction, 7.1, A.7.1
Types of Construction, 7.3
General, 7.3.1
Mill Construction, 7.3.4
Noncombustible Construction, 7.3.5
Concrete or Masonry Construction, 7.3.5.3
General, 7.3.5.1
Metal Construction, 7.3.5.2
Ordinary Construction, 7.3.3
Wood Frame, 7.3.2
Alternative Residential Construction, 7.3.2.6
Manufactured Homes (Mobile Homes), 7.3.2.6.1
Modular Homes, 7.3.2.6.2
Steel Frame Residential Construction, 7.3.2.6.3
Balloon Frame, 7.3.2.2
Heavy Timber, 7.3.2.5
Manufactured Wood Structural Elements, 7.3.2.7
Plank and Beam, 7.3.2.3
Platform Frame Construction, 7.3.2.1
Post and Frame, 7.3.2.4

Burning Rate
Definition, 3.3.24

-C-

Calcination of Gypsum
Definition, 3.3.25, A.3.3.25
Calorie
Definition, 3.3.26
Canine-Handler Team
Definition, 3.4.1
Cause
Definition, 3.3.27
Ceiling Jet
Definition, 3.3.28
Certification
Definition, 3.4.2, A.3.4.2
Char
Definition, 3.3.29
Char Blisters
Definition, 3.3.30
Clean Burn
Definition, 3.3.31
Code
Definition, 3.2.2, A.3.2.2
Combustible
Definition, 3.3.32, A.3.3.32
Combustible Gas Indicator
Definition, 3.3.33, A.3.3.33
Combustible Liquid
Definition, 3.3.34
Combustion
Definition, 3.3.35
Combustion Products
Definition, 3.3.36
Competent Ignition Source
Definition, 3.3.37
Conduction
Definition, 3.3.38
Convection
Definition, 3.3.39
Creep
Definition, 3.3.40
Current
Definition, 3.3.41

-D-

Data Analysis
Definition, 3.3.42
Deductive Reasoning
Definition, 3.3.43
Definitions, Chap. 3
Deflagration
Definition, 3.3.44
Density
Definition, 3.3.45
Detection
Definition, 3.3.46
Detonation
Definition, 3.3.47
Diffuse Fuel
Definition, 3.3.48
Diffusion Flame
Definition, 3.3.49
Documentation of the Investigation, Chap. 16
Diagrams and Drawings, 16.4
Diagram Elements, 16.4.4
Drawing Tools and Equipment, 16.4.3
Drawings, 16.4.5
Details and Sections, 16.4.5.4
Elevations, 16.4.5.3
Exploded View Diagrams, 16.4.5.5
Floor Plans, 16.4.5.2
Site or Area Plans, 16.4.5.1
Specialized Fire Investigation Diagrams, 16.4.5.7
Three-Dimensional (3D) Representations, 16.4.5.6, A.16.4.5.6
Availability of Dimensional Data, 16.4.5.6.2
Structural Dimensions, 16.4.5.6.1
Prepared Design and Construction Drawings, 16.4.6
Appliances and Building Equipment, 16.4.6.5
Architectural and Engineering Drawings, 16.4.6.2
Architectural and Engineering Schedules, 16.4.6.3
General, 16.4.6.1
Specifications, 16.4.6.4, A.16.4.6.4
Selection of Drawings, 16.4.2
Types of Drawings, 16.4.1
Diagrams, 16.4.1.2
Sketches, 16.4.1.1
Introduction, 16.1, A.16.1
Note Taking, 16.3
Dictation of Field Notes, 16.3.3

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Forms for Collecting Data, 16.3.2, A.16.3.2
Forms of Incident Field Notes, 16.3.1
Photography, 16.2
Basics, 16.2.3
Types of Cameras, 16.2.3.1
Color Images, 16.2.3.1.1
Number of Photographs Taken, 16.2.3.1.3
Resolution, 16.2.3.1.2
General, 16.2.1, A.16.2.1
Image Authentication, 16.2.1.2
Photography and Videography, 16.2.1.1, A.16.2.1.1
Lighting, 16.2.5
Photography Tips, 16.2.9
Presentation of Photograph, 16.2.10, A.16.2.10
Computer-Based Presentations, 16.2.10.1
Hard Copy of Presentations, 16.2.10.2
Special Types of Photography, 16.2.6
Assisting Photographer, 16.2.6.5
Composition and Techniques, 16.2.6.1
Mosaic Photographs, 16.2.6.3
Digitally "Stitched" Mosaics, 16.2.6.3.1
Photo Diagram, 16.2.6.4
Photography and the Courts, 16.2.6.6
Sequential Photographs, 16.2.6.2
Suggested Activities to Be Documented, 16.2.8
Aerial Photographs, 16.2.8.11
Bystander Photographs, 16.2.8.3
During the Fire, 16.2.8.1
Evidence Photographs, 16.2.8.8
Exterior Photographs, 16.2.8.4
Interior Photographs, 16.2.8.6
Overhaul Photographs, 16.2.8.2
Satellite Imagery, 16.2.8.12
Structural Photographs, 16.2.8.5
Utility Photographs, 16.2.8.7
Victim Photographs, 16.2.8.9
Witness Viewpoint Photographs, 16.2.8.10
Timing, 16.2.2
Understanding the Parts of a Camera, 16.2.4
Depth of Field, 16.2.4.3
Filters, 16.2.4.4
Focal Length, 16.2.4.2
Lenses, 16.2.4.1
Shutter Speed, 16.2.4.5
Video, 16.2.7
Reports, 16.5, A.16.5
Descriptive Information, 16.5.3
Opinions and Conclusions, 16.5.4
Pertinent Facts, 16.5.5
Purpose, 16.5.1
Reference to Methodology, 16.5.6
Report Organization, 16.5.2
Drop Down
Definition, 3.3.50

-E-

Effective Fire Temperatures
Definition, 3.3.51
Electric Spark
Definition, 3.3.52
Electricity and Fire, Chap. 9
Basic Electricity, 9.2
Ampacity, 9.2.3
Applying Ohm's Law, 9.2.8
Comparing Electricity to Hydraulics, 9.2.2
Comparing Closed Hydraulic Systems to Electrical Circuits, 9.2.2.6
Comparing Hydraulic Friction Loss to Electrical Resistance, 9.2.2.7
Comparing Hydraulic Pressure to Voltage, 9.2.2.2
Comparing Pipe Size to Wire Gauge, 9.2.2.8
Comparing Water Flow to Current, 9.2.2.3
Comparing Water Pipes to Conductors, 9.2.2.5
Direct Current and Alternating Current, 9.2.2.4
Elements of Hydraulic and Electrical Systems, 9.2.2.1
Conductivity of Conductors, 9.2.4
Electrical Power, 9.2.6
General, 9.2.1
Ohm's Law, 9.2.5
Ohm's Law Wheel, 9.2.7
Branch Circuits, 9.7
Aluminum Conductors, 9.7.4, A.9.7.4
Copper-Clad Aluminum, 9.7.4.2
Pure Aluminum, 9.7.4.1
Conductors, 9.7.1
Copper Conductors, 9.7.3
Insulation, 9.7.5
General, 9.7.5.1
Other Materials, 9.7.5.4
Polyvinyl Chloride (PVC), 9.7.5.2
Rubber, 9.7.5.3
Sizes of Conductors, 9.7.2
Building Electrical Systems, 9.3
Electrical Service, 9.3.2
Single-Phase Service, 9.3.2.1
Three-Phase Service, 9.3.2.2
General, 9.3.1, A.9.3.1
Meter and Base, 9.3.3
Significance, 9.3.4
Grounding, 9.5
Floating Neutral (Open Neutral), 9.5.2
General, 9.5.1
Identification of Arc Melting of Electrical Conductors, 9.11, A.9.11
Beaded Conductor, 9.11.10
Deteriorated Insulation, 9.11.7
Eutectic Melting, 9.11.3
Extraneous Melting, 9.11.4
Melting Caused by Electrical Arcing, 9.11.1
Melting Caused by Fire, 9.11.2
Nicked or Stretched Conductors, 9.11.6
Overdriven or Misdriven Staple, 9.11.8, A.9.11.8

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Short Circuit, 9.11.9
Undersized Conductors, 9.11.5
Ignition by Electrical Energy, 9.9
Arcs, 9.9.4
Arcing Across a Carbonized Path, 9.9.4.5, A.9.9.4.5
Arc Tracking, 9.9.4.5.1
General, 9.9.4.1
High-Voltage Arcs, 9.9.4.2
Parting Arcs, 9.9.4.4
Static Electricity, 9.9.4.3
General, 9.9.1
High-Resistance Faults, 9.9.6
Overcurrent and Overload, 9.9.3
Resistance Heating, 9.9.2
General, 9.9.2.1
Heat-Producing Devices, 9.9.2.2
Poor Connections, 9.9.2.3
Sparks, 9.9.5
Interpreting Damage to Electrical Systems, 9.10
Arcing Through a Carbonized Path Due to Thermal Means (Arcing Through Char), 9.10.3, A.9.10.3
Arcing Involving Uninsulated Conductors, 9.10.3.5, A.9.10.3.5
Effects Not Caused by Electricity, 9.10.6
Alloying, 9.10.6.3, A.9.10.6.3
Conductor Surface Colors, 9.10.6.1
Mechanical Gouges, 9.10.6.4, A.9.10.6.4
Melting by Fire, 9.10.6.2
General, 9.10.1
Insulation Damage, 9.10.7, A.9.10.7
Hammer Mis-Hits, 9.10.7.1, A.9.10.7.1
Overheating Connections, 9.10.4, A.9.10.4
Overheating in Duplex Receptacles, 9.10.4.1, A.9.10.4.1
Overload, 9.10.5, A.9.10.5
Short-Circuit and Ground-Fault Parting Arcs, 9.10.2, A.9.10.2
Introduction, 9.1, A.9.1
Lithium Ion Batteries, 9.13
Outlets and Devices, 9.8
Other Outlets, Devices, or Equipment, 9.8.3
Receptacles, 9.8.2
Switches, 9.8.1
Overcurrent Protection, 9.6
Circuit Breaker Panels, 9.6.4
Circuit Breakers, 9.6.3
Arc Fault Circuit Interrupter (AFCI), 9.6.3.5
Branch Circuit Breakers, 9.6.3.3
Ground Fault Circuit Interrupter (GFCI), 9.6.3.4
Ground Fault Circuit Interrupter (GFCI), 9.6.3.4.1
Main Breakers, 9.6.3.2
Operations, 9.6.3.1
Fuses, 9.6.2
Cartridge Fuses, 9.6.2.5
Operations, 9.6.2.1
Plug Fuses, 9.6.2.2
Time-Delay Fuses, 9.6.2.4
Type S Fuses, 9.6.2.3
General, 9.6.1
Service Equipment, 9.4
Static Electricity, 9.12
Conditions Necessary for Static Arc Ignition, 9.12.6
Controlling Accumulations of Static Electricity, 9.12.5
Bonding and Grounding, 9.12.5.2
Humidification, 9.12.5.1
Generation of Static Electricity, 9.12.2
Charges on the Surface of a Liquid, 9.12.2.3
Clothing, 9.12.2.9
Dusts and Fibers, 9.12.2.7
Gases, 9.12.2.6
General, 9.12.2.1
Ignitible Liquids, 9.12.2.2, A.9.12.2.2
Spraying Operations, 9.12.2.5
Static Electric Discharge from the Human Body, 9.12.2.8
Switch Loading, 9.12.2.4, A.9.12.2.4
Ignition Energy, 9.12.4, A.9.12.4
Incendive Arc, 9.12.3, A.9.12.3
Arcs Between Conductors, 9.12.3.3
Discharges Between Conductors and Insulators, 9.12.3.4
Introduction to Static Electricity, 9.12.1
Investigating Static Electric Ignitions, 9.12.7
Lightning, 9.12.8, A.9.12.8
General, 9.12.8.1
Lightning Characteristics, 9.12.8.2
Lightning Damage, 9.12.8.4
Lightning Detection Networks, 9.12.8.5
Lightning Strikes, 9.12.8.3
Electronically Stored Information (ESI)
Definition, 3.3.53
Empirical Data
Definition, 3.3.54, A.3.3.54
Energy
Definition, 3.3.55
Entrainment
Definition, 3.3.56
Explanatory Material, Annex A
Explosible
Definition, 3.3.57
Explosion
Definition, 3.3.58
Explosion Dynamics
Definition, 3.3.59
Explosions, Chap. 22
Analyze Fuel Source, 22.16
Analyze Ignition Source, 22.17
Analyze Origin (Epicenter), 22.15
Analyze to Establish Cause, 22.18
Analysis of Damaged Items and Structures, 22.18.5
Correlation of Explosion Type and Energy with Damage Incurred, 22.18.4, A.22.18.4
Correlation of Thermal Effects, 22.18.6
Damage Pattern Analysis, 22.18.3
Debris Analysis, 22.18.3.1
Relative Structural Damage Analysis, 22.18.3.2
General, 22.18.1
Time Line Analysis, 22.18.2

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Backdraft (Smoke Explosions), 22.10, A.22.10
Characterization of Explosion Damage, 22.3
High-Order Damage, 22.3.2, A.22.3.2
Low-Order Damage, 22.3.1
Dust Explosions, 22.9
Concentration, 22.9.3, A.22.9.3
General, 22.9.1
Minimum Temperature and Ignition Energy for Dust, 22.9.6
Hybrid Dust Explosions, 22.9.6.4
Moisture, 22.9.5, A.22.9.5
Multiple Explosions, 22.9.7
Particle Size, 22.9.2, A.22.9.2
Turbulence in Dust Explosions, 22.9.4
Effects of Explosions, 22.4
Blast Overpressure and Wave Effect, 22.4.1
General, 22.4.1.1
Negative Pressure Phase, 22.4.1.3
Positive Pressure Phase, 22.4.1.2
Rate of Pressure Rise versus Maximum Pressure, 22.4.1.5
Shape of Blast Wave (Front), 22.4.1.4
Seismic Effect (Ground Shock), 22.4.4
Shrapnel Effect (Projectiles), 22.4.2
Thermal Effect, 22.4.3
Explosives, 22.12, A.22.12
High Explosives, 22.12.2
Low Explosives, 22.12.1
Factors Controlling Explosion Effects, 22.5
Blast Pressure Front Modification by Refraction and Blast Focusing, 22.5.7
Blast Pressure Wave (Blast Pressure Front) Modification by Reflection, 22.5.6
Fuel, 22.5.1
Location and Magnitude of Ignition Source, 22.5.4, A.22.5.4
Nature of Confining Space, 22.5.3, A.22.5.3
Turbulence, 22.5.2
Venting, 22.5.5
Gas/Vapor Combustion Explosions, 22.8
Ignition of Gases and Vapors, 22.8.1, A.22.8.1
Interpretation of Explosion Damage, 22.8.2
Fuel-to-Air Ratio, 22.8.2.1, A.22.8.2.1
Expansion Ratio, 22.8.2.1.5
Laminar Burning Velocity, 22.8.2.1.4, A.22.8.2.1.4
Laminar Flame Speed, 22.8.2.1.6
Turbulent Flame Speed, 22.8.2.1.7
Specific Gravity, 22.8.2.2, A.22.8.2.2
Specific Gravity of Ignitible Gaseous Mixtures, 22.8.2.2.7
Multiple Explosions, 22.8.4, A.22.8.4
Underground Migration of Fuel Gases, 22.8.3
General, 22.1, A.22.1
Explosion Definition, 22.1.3
Flash Fires, 22.1.3.2
Hydrostatic Vessel Failure, 22.1.3.1
Investigating the Explosion Scene, 22.14
Detailed Scene Assessment, 22.14.4
Identify Damage Effects of Explosion, 22.14.4.1
Debris Field Diagram, 22.14.4.1.4
Identify Force Vectors, 22.14.4.4
Identify Pre-Blast and Post-Blast Fire Damage, 22.14.4.2
Locate and Identify Articles of Evidence, 22.14.4.3
General, 22.14.1
Initial Scene Assessment, 22.14.3
Document Damage, 22.14.3.3
Establish Ignition Source, 22.14.3.8
Establish the Origin, 22.14.3.7
General, 22.14.3.1
Identify Explosion or Fire, 22.14.3.2
Identify Potential General Fuel Type, 22.14.3.6
Identify Type of Explosion, 22.14.3.5
Seated or Nonseated Explosion, 22.14.3.4
Securing the Scene, 22.14.2
Establish a Scene Search Pattern, 22.14.2.3
Establishing the Scene, 22.14.2.1
Obtain Background Information, 22.14.2.2
Safety at the Explosion Scene, 22.14.2.4
Investigation of Explosive Incidents, 22.13
Nonseated Explosions, 22.7
Backdraft (Smoke Explosion), 22.7.4
Dusts, 22.7.3, A.22.7.3
Fuel Gases, 22.7.1
Pooled Flammable/Combustible Liquids, 22.7.2
Seated Explosions, 22.6
BLEVE, 22.6.5
Boiler and Pressure Vessels, 22.6.3
Confined Fuel Gas and Liquid Vapor, 22.6.4
Explosives, 22.6.2
General, 22.6.1
Types of Explosions, 22.2, A.22.2
BLEVEs, 22.2.2, A.22.2.2
Chemical Explosions, 22.2.3, A.22.2.3
Electrical Explosions, 22.2.4
Mechanical Explosions, 22.2.1
Nuclear Explosions, 22.2.5
Unconfined Vapor Cloud Explosions, 22.11
Explosive
Definition, 3.3.60
Explosive Material
Definition, 3.3.61
Exposed Surface
Definition, 3.3.62
Extinguish
Definition, 3.3.63

-F-

Failure
Definition, 3.3.64
Failure Analysis
Definition, 3.3.65
Failure Analysis and Analytical Tools, Chap. 21
Data Required for Modeling and Testing, 21.6
Materials and Contents, 21.6.1
Ventilation, 21.6.2
Fire Testing, 21.5
Fire Test Methods, 21.5.2, A.21.5.2
Limitations of Fire Testing, 21.5.3

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Role of Fire Testing, 21.5.1
Introduction, 21.1, A.21.1
Mathematical Modeling, 21.4
Egress Analysis, 21.4.7, A.21.4.7
Fire Dynamics Analysis, 21.4.8, A.21.4.8
Flammable Gas Concentrations, 21.4.3
General, 21.4.1
Limitations of Mathematical Modeling, 21.4.1.3
Guidelines for Selection and Use of a Fire Model, 21.4.9
Defining the Problem, 21.4.9.1
Documentation, 21.4.9.5
Model Verification and Validation, 21.4.9.3
Select a Candidate Model, 21.4.9.2
Uncertainty and User Effects, 21.4.9.4
Heat Transfer Analysis, 21.4.2
Hydraulic Analysis, 21.4.4
Structural Analysis, 21.4.6
Thermodynamic Chemical Equilibrium Analysis, 21.4.5
Systems Analysis, 21.3
Failure Mode and Effects Analysis, 21.3.2
Fault Trees, 21.3.1, A.21.3.1
Time Lines, 21.2
Benchmark Events, 21.2.4
General, 21.2.1
Hard Time (Actual), 21.2.2
Multiple Time Lines, 21.2.5
Scaled Time Line, 21.2.5.5
Soft Time (Estimated), 21.2.3
Fall Down
Definition, 3.3.66
Finish Rating
Definition, 3.3.67
Fire
Definition, 3.3.68
Fire Analysis
Definition, 3.3.69
Fire and Explosion Deaths and Injuries, Chap. 24
Analysis of Data, 24.10
Applications of Toxicology in Fire Investigation, 24.10.8, A.24.10.8
Physiological Models, 24.10.8.2
The Colburn Forster Kane (CFK) Equation, 24.10.8.2.3, A.24.10.8.2.3
The Stewart Equation, 24.10.8.2.1
Toxicological Analysis Techniques, 24.10.8.1
Burns, 24.10.6, A.24.10.6
Clothing, 24.10.7
Fire Pattern, 24.10.5
Medical History, 24.10.4
Pre-Fire Victim Impairment, 24.10.3
Timeline Development, 24.10.1
Victim Activity, 24.10.2
Consumption of the Body by Fire, 24.3, A.24.3
Bone, 24.3.3
Fat, 24.3.4
Muscle, 24.3.2
Skin, 24.3.1
Explosion Deaths and Injuries, 24.7
Collecting Physical Evidence from Explosions, 24.7.1
Fire Death Pathological and Toxicological Examination, 24.9, A.24.9
Burns, 24.9.8, A.24.9.8
Carbon Monoxide Levels, 24.9.4
Cyanide Levels, 24.9.5
Death from a Medical Condition, 24.9.14
Death Pre-Fire, 24.9.13
Identifying the Remains, 24.9.2
DNA Identification, 24.9.2.6
Fingerprint Identification, 24.9.2.4
Human vs. Animal Remains, 24.9.2.1
Identification by Clothing and Personal Effects, 24.9.2.3
Visual Identification, 24.9.2.2, A.24.9.2.2
X-ray Identification, 24.9.2.5
Internal Body Temperature, 24.9.11
Physical Trauma and Wounds, 24.9.9, A.24.9.9
Pre-Existing Medical Conditions, 24.9.12
Presence of Other Toxicants, 24.9.6
Smoke and Soot Exposure, 24.9.7
Stomach Contents, 24.9.10
The Coroner or Medical Examiner, 24.9.1
Collection of Physical Evidence, 24.9.1.4
X-ray Examination, 24.9.3
General, 24.1
Investigating Fire Scenes with Fatalities, 24.5
Collection of Other Physical Evidence, 24.5.8
Notification, 24.5.1
Recovery of Bodies and Evidence, 24.5.7
Body Removal, 24.5.7.3
Layering of Debris, 24.5.7.1
Sifting of Debris, 24.5.7.2
Victim Clothing, 24.5.7.4
Safety, 24.5.4
Scene Documentation, 24.5.5
Team Investigation, 24.5.3
The Fire Department, 24.5.2
Victim Documentation, 24.5.6
Investigating Fire Scenes with Injuries, 24.6
Notification Laws, 24.6.1, A.24.6.1
Physical Evidence, 24.6.5
Scene Documentation, 24.6.2
Victim Documentation, 24.6.3
Victim Timeline, 24.6.4
Mechanisms of Death and Injury, 24.2, A.24.2
Carbon Monoxide, 24.2.1, A.24.2.1
Cyanide, 24.2.2, A.24.2.2
Explosion-Related Injuries, 24.2.10
Blast Pressure Injuries, 24.2.10.1
Building Collapse Injuries, 24.2.10.4
Shrapnel Injuries, 24.2.10.2
Thermal Injuries, 24.2.10.3
Hyperthermia, 24.2.4
Hypoxia, 24.2.8
Inhalation of Hot Gases, 24.2.6, A.24.2.6
Other Toxic Gases, 24.2.3

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Skin Burns, 24.2.5, A.24.2.5
Soot and Smoke, 24.2.7
Sublethal Inhalation Exposure Effects on the Individual, 24.2.9
Irritant Gases, 24.2.9.2
Narcotic Gases, 24.2.9.1
Smoke, 24.2.9.3
Post Scene Investigation of Injuries, 24.8
Access to Medical Evidence, 24.8.4
Burns, 24.8.1
Body Area (Distribution), 24.8.1.2
Degree of Burns, 24.8.1.1, A.24.8.1.1
Hospital Tests and Documentation, 24.8.3
Inhalation Medical Evidence, 24.8.2
Postmortem Changes, 24.4
Lividity, 24.4.1
Rigor Mortis, 24.4.2
Fire Area
Definition, 3.3.70
Fire Cause
Definition, 3.3.71
Fire Cause Determination, Chap. 19
Analyze the Data, 19.4
Fuel Analysis, 19.4.1
Geometry and Orientation, 19.4.1.1
Ignition Temperature, 19.4.1.2
Quantity of Fuel, 19.4.1.3
Ignition Sequence, 19.4.4
Ignition Source Analysis, 19.4.2
Oxidant, 19.4.3
Data Collection for Fire Cause Determination, 19.3
Identify Fuels in the Area of Origin, 19.3.1
Identify Ignition Sequence Data, 19.3.5
Identify Items and Activities in Area of Origin, 19.3.3
Identify Source and Form of the Heat of Ignition, 19.3.2
Identify the Oxidant, 19.3.4, A.19.3.4
Developing Cause Hypotheses, 19.5
Incident Classification, 19.8
Introduction, 19.1
Fire Cause Factors, 19.1.1
First Fuel Ignited, 19.1.2
Ignition Sequence, 19.1.5
Ignition Source, 19.1.3
Oxidant, 19.1.4
Overall Methodology, 19.2
Consideration of Data, 19.2.1
Point and Area of Origin, 19.2.3
Sequence of Activities, 19.2.2
Selecting the Final Hypothesis, 19.7
Establishing the Cause, 19.7.1
Inconsistent Data, 19.7.2
Safety Devices and Features, 19.7.3
Undetermined Fire Cause, 19.7.4
Testing the Cause Hypothesis for Validity, 19.6
Appropriate Use, 19.6.5
Cause Undetermined, 19.6.5.1
Ignition Source vs Fire Cause, 19.6.5.2
Deductive Reasoning, 19.6.2
Hypotheses Testing Questions, 19.6.3
Means of Hypothesis Testing, 19.6.4
Additional Techniques, 19.6.4.7
Cognitive Experiments, 19.6.4.4
Fault Trees, 19.6.4.6
Fundamental Principles of Science, 19.6.4.2
Physical Experiments or Testing, 19.6.4.3
Scientific Literature, 19.6.4.1, A.19.6.4.1
Time Lines, 19.6.4.5
Scientific Method, 19.6.1
Fire Chemistry
Definition, 3.3.72, A.3.3.72
Fire Dynamics
Definition, 3.3.73, A.3.3.73
Fire Effects
Definition, 3.3.74
Fire Effects and Fire Patterns, Chap. 6
Analysis of Observations, 6.3
Arc Mapping, 6.3.21
Arc Mapping Procedure, 6.3.21.10, A.6.3.21.10
Documenting the Damage, 6.3.21.10.4
Locating Arc Marks, 6.3.21.10.3
Interpretation of Arc Damage, 6.3.21.1
Multiple Arc Sites on One Circuit, 6.3.21.6
Char, 6.3.2
Analysis of Char, 6.3.2.4
Appearance of Char, 6.3.2.10
Char Observations, 6.3.2.1
Depth of Char Diagram, 6.3.2.5
Depth of Char Surveys with Fuel Gases, 6.3.2.9
Limitations with Char, 6.3.2.11, A.6.3.2.11
Material Sciences — Surface Effect of Char, 6.3.2.2
Measuring Depth of Char, 6.3.2.6
Measuring Depth of Char, 6.3.2.7
Missing Wood, 6.3.2.8
Pyrolysis, 6.3.2.3
Rate of Wood Charring, 6.3.2.12
Clean Burn, 6.3.3, A.6.3.3
Analysis of Clean Burn, 6.3.3.3
Clean Burn Observations, 6.3.3.1
Limitations, 6.3.3.4
Material Sciences Related to Clean Burn, 6.3.3.2
Color Change, 6.3.4, A.6.3.4
Analysis of Color Changes, 6.3.4.5
Color Changes Observations, 6.3.4.1
Fabric Dyes, 6.3.4.3
Light, 6.3.4.4
Limitations, 6.3.4.6
Material Sciences Related to Color Changes, 6.3.4.2
Deposition of Smoke on Surfaces, 6.3.5, A.6.3.5
Analysis Related to Deposition of Smoke on Surfaces, 6.3.5.4
Deposition of Smoke on Surfaces Observations, 6.3.5.1
Limitations, 6.3.5.7
Material Sciences for Deposition of Smoke, 6.3.5.3
Smoke Characteristics, 6.3.5.2

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Distorted Lightbulbs, 6.3.6
Distorted Lightbulb Analysis, 6.3.6.3
Limitations, 6.3.6.4
Material Science for Distorted Lightbulbs, 6.3.6.2
Observations for Distorted Lightbulbs, 6.3.6.1
Fire Pattern Generation, 6.3.19
Full Room Involvement–Generated Patterns, 6.3.19.4
Hot Gas Layer–Generated Patterns, 6.3.19.3
Plume-Generated Patterns, 6.3.19.1, A.6.3.19.1
Suppression-Generated Patterns, 6.3.19.5
Undetermined-Generated Patterns, 6.3.19.6
Ventilation-Generated Patterns, 6.3.19.2
Fire Pattern Geometry, 6.3.20
Area Patterns, 6.3.20.10
Flash Fires, 6.3.20.10.2
Saddle Burns, 6.3.20.10.2.3
Flashover and Full Room Involvement, 6.3.20.10.1
Circular-Shaped Patterns, 6.3.20.5
Doughnut-Shaped Patterns, 6.3.20.8
Hourglass Patterns, 6.3.20.3
Inverted Cone (Triangular) Patterns, 6.3.20.2
Fire Dynamics of Inverted Cone Patterns, 6.3.20.2.2
Inverted Cone Patterns with Natural Gas, 6.3.20.2.3
Limitations, 6.3.20.2.4
Observations of Inverted Cone (Triangular) Patterns, 6.3.20.2.1
Irregular Patterns, 6.3.20.7
Limitations, 6.3.20.7.5
Linear Patterns, 6.3.20.9
Fuel Gas Jets, 6.3.20.9.3
Limitations, 6.3.20.9.4
Protected Floor Areas, 6.3.20.9.2
Trailers, 6.3.20.9.1
Truncated Cone Patterns, 6.3.20.6
U-Shaped Patterns, 6.3.20.4
V Patterns on Vertical Surfaces, 6.3.20.1
Fire Dynamics of V Pattern Development, 6.3.20.1.2
Limitations, 6.3.20.1.3
Observations of V Patterns on Vertical Surfaces, 6.3.20.1.1
Fire Patterns, 6.3.18
Depth of Char Patterns with Fuel Gases, 6.3.18.5
Introduction, 6.3.18.1
Causes of Lines or Areas of Demarcation, 6.3.18.1.6
Dynamics of Pattern Production, 6.3.18.1.2
Lines or Areas of Demarcation, 6.3.18.1.3
Observations, 6.3.18.1.5
Production of Lines or Areas of Demarcation, 6.3.18.1.4
Location of Objects, 6.3.18.3
Heat Shadowing, 6.3.18.3.1
Heat Shadowing Observations, 6.3.18.3.2
Protected Areas, 6.3.18.3.3
Locations of Patterns, 6.3.18.2
Ceilings, 6.3.18.2.3
Drop Down (Fall Down), 6.3.18.2.6
Floors, 6.3.18.2.4
Outside Surfaces, 6.3.18.2.5
Walls, 6.3.18.2.2
Walls and Ceilings, 6.3.18.2.1
Penetrations of Horizontal Surfaces, 6.3.18.4
Furniture Springs, 6.3.7
Analysis of Furniture Springs, 6.3.7.3
Furniture Springs Observations, 6.3.7.1
Limitations, 6.3.7.4, A.6.3.7.4
Material Science Related to Furniture Springs, 6.3.7.2
Gypsum Wallboard, 6.3.8, A.6.3.8
Analysis of Gypsum Wallboard, 6.3.8.3
Depth of Calcination Diagram, 6.3.8.7
Depth of Calcination Survey, 6.3.8.6
General Indications of Calcination, 6.3.8.5
Gypsum Wallboard Observations, 6.3.8.1, A.6.3.8.1
Mass Loss and Density, 6.3.8.4, A.6.3.8.4
Material Science related to Gypsum Wallboard, 6.3.8.2
Measuring Depth of Calcination, 6.3.8.8, A.6.3.8.8
Introduction, 6.3.1
Mass Loss of Material, 6.3.9
Analysis of Mass Loss Observations, 6.3.9.4
Fire-Damaged Materials and Exemplar Materials, 6.3.9.2
Limitations, 6.3.9.5
Mass Loss Observations, 6.3.9.1
Material Science Related to Mass Loss, 6.3.9.3
Melting of Materials, 6.3.10
Alloying of Metals, 6.3.10.6, A.6.3.10.6
Analysis of Melting Effects in Fires, 6.3.10.7
Common Metals, 6.3.10.3
Limitations, 6.3.10.8
Material Science Related to Melting, 6.3.10.2
Melting Observations, 6.3.10.1
Thermoplastics, 6.3.10.4
Oxidation, 6.3.11
Analysis of Oxidation Observations, 6.3.11.9
Limitations, 6.3.11.10, A.6.3.11.10
Materials Science Related to Oxidation, 6.3.11.8, A.6.3.11.8
Observations, 6.3.11.1
Pointer and Arrow Patterns, 6.3.22
Rainbow Effect, 6.3.12
Analysis of Rainbow Effect, 6.3.12.3
Limitations, 6.3.12.4
Material Science for Rainbow Effects, 6.3.12.2
Rainbow Effect Observations, 6.3.12.1
Smoke Alarms — Enhanced Soot Deposition, or Acoustic Soot Agglomeration, 6.3.13
Analysis of Smoke Alarms, 6.3.13.3
Enhanced Soot Deposition, or Acoustic Agglomeration, 6.3.13.2, A.6.3.13.2
Smoke Alarm Observations, 6.3.13.1
Spalling, 6.3.14, A.6.3.14
Analysis for Spalling, 6.3.14.3
Fire-Related Spalling, 6.3.14.3.1
Non-Fire-Related Spalling, 6.3.14.3.4
Limitations, 6.3.14.4
Observations, 6.3.14.1
Thermal Expansion and Deformation of Materials, 6.3.15, A.6.3.15

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Analysis of Thermal Expansion and Deformation, 6.3.15.5
Limitations, 6.3.15.8
Material Science of Thermal Expansion and Deformation of Materials, 6.3.15.2
Metal Construction Elements, 6.3.15.4
Observations of Thermal Expansion and Deformation of Materials, 6.3.15.1
Victim Injuries, 6.3.16, A.6.3.16
Analysis of Victim Injuries, 6.3.16.5
Limitations, 6.3.16.6
Material Science of Victim Injuries, 6.3.16.2
Victim Injuries Observations, 6.3.16.1
Window Glass, 6.3.17, A.6.3.17
Analysis of Glass, 6.3.17.4
Limitations, 6.3.17.5
Material Science of Glass, 6.3.17.2
Breaking of Glass, 6.3.17.2.1
Tempered Glass, 6.3.17.3
Window Glass Observations, 6.3.17.1
Fire Pattern Analysis, 6.4
Types of Fire Patterns, 6.4.1
Combination of Patterns, 6.4.1.3
Fire Spread (Movement) Patterns, 6.4.1.1
Heat (Intensity) Patterns, 6.4.1.2
Introduction, 6.1
Observations, 6.2
Characteristics and Context of Fire Effects, 6.2.2
Fire Effects, 6.2.1
Deformation, 6.2.1.1
Deposition, 6.2.1.2
Discoloration, 6.2.1.3
Mass Loss, 6.2.1.4
Fire Hazard
Definition, 3.3.75
Fire Investigation
Definition, 3.3.76
Fire Investigator
Definition, 3.3.77, A.3.3.77
Fire Patterns
Definition, 3.3.78
Fire Propagation
Definition, 3.3.79
Fire Scene Reconstruction
Definition, 3.3.80
Fire Science
Definition, 3.3.81, A.3.3.81
Fire Spread
Definition, 3.3.82
Fire-Related Human Behavior, Chap. 11
Factors Related to Fire Initiation, 11.4
Factors Involved in Accidental Fires, 11.4.1
Housekeeping, 11.4.1.2
Improper Maintenance and Operations, 11.4.1.1
Key Elements of a Proper Warning, 11.4.1.7
Alert Word, 11.4.1.7.1
Consequences of the Danger, 11.4.1.7.4
How to Avoid the Danger, 11.4.1.7.3
Statement of the Danger, 11.4.1.7.2
Product Labels, Instructions, and Warnings, 11.4.1.3
Purpose of Instructions, 11.4.1.5
Purpose of Labels, 11.4.1.4
Purpose of Warnings, 11.4.1.6
Standards on Labels, Instructions, and Warnings, 11.4.1.8
Other Considerations, 11.4.3
Recalls, 11.4.2
Violations of Fire Safety Codes and Standards, 11.4.4
General Considerations of Human Responses to Fires, 11.3
Characteristics of the Fire, 11.3.4
Effects of Toxic Gases and Oxygen Depletion, 11.3.4.3
Presence of Flames, 11.3.4.1
Presence of Smoke, 11.3.4.2
Characteristics of the Physical Setting, 11.3.3
Fire Alarm Systems, 11.3.3.4, A.11.3.3.4
Fire Suppression Systems, 11.3.3.5
Height of Structure, 11.3.3.3
Locations of Exits, 11.3.3.1
Number of Exits, 11.3.3.2
Groups, 11.3.2
Group Permanence, 11.3.2.3
Group Size, 11.3.2.1, A.11.3.2.1
Group Structure, 11.3.2.2, A.11.3.2.2
Roles and Norms, 11.3.2.4
Individual, 11.3.1
Cognitive Comprehension Limitations, 11.3.1.2
Familiarity with Physical Setting, 11.3.1.3
Physical Limitations, 11.3.1.1
History of Research, 11.2
Human Factors Related to Fire Spread, 11.7
Incendiary Fires, 11.6
Introduction, 11.1, A.11.1
Recognition and Response to Fires, 11.8
Action Taken, 11.8.3
Decision to Act (Response), 11.8.2
Escape Factors, 11.8.4
Information Received from Survivors, 11.8.5
Perception of the Danger (Sensory Cues), 11.8.1
Youth Fire-Setting Behavior, 11.5, A.11.5
Developmental Stages, 11.5.1
Adolescent, 11.5.1.4
Early Elementary, 11.5.1.2
Latency, 11.5.1.3
Preschool, 11.5.1.1
Mental Health, 11.5.2
First Fuel Ignited
Definition, 3.3.83
Flame
Definition, 3.3.84
Flame Front
Definition, 3.3.85
Flameover
Definition, 3.3.86
Flammable
Definition, 3.3.87

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Flammable Limit
Definition, 3.3.88
Flammable Liquid
Definition, 3.3.89
Flammable Range
Definition, 3.3.90
Flash Fire
Definition, 3.3.91
Flash Point of a Liquid
Definition, 3.3.92
Flashover
Definition, 3.3.93
Forensic (Forensic Science)
Definition, 3.3.94
Fuel
Definition, 3.3.95
Fuel Gas
Definition, 3.3.96
Fuel Load
Definition, 3.3.97
Fuel-Controlled Fire
Definition, 3.3.98
Full Room Involvement
Definition, 3.3.99, A.3.3.99

-G-

Gas
Definition, 3.3.100
Glowing Combustion
Definition, 3.3.101
Ground
Definition, 3.3.102
Ground Fault
Definition, 3.3.103
Guide
Definition, 3.2.3, A.3.2.3

-H-

Handler
Definition, 3.4.3
Hazard
Definition, 3.3.104
Hazardous Material
Definition, 3.3.105
Heat
Definition, 3.3.106, A.3.3.106
Heat and Flame Vector
Definition, 3.3.107
Heat Flux
Definition, 3.3.108
Heat of Ignition
Definition, 3.3.109, A.3.3.109
Heat Release Rate (HRR)
Definition, 3.3.110, A.3.3.110
Heat Transfer
Definition, 3.3.111
High Explosive
Definition, 3.3.112
High-Order Damage
Definition, 3.3.113
Hybrid Mixture
Definition, 3.3.114, A.3.3.114
Hypergolic Material
Definition, 3.3.115

-I-

Ignitible Liquid
Definition, 3.3.116, A.3.3.116
Ignitible Liquid Detection Canines (IGL Canines)
Definition, 3.4.4, A.3.4.4
Ignition
Definition, 3.3.117
Ignition Energy
Definition, 3.3.118
Ignition Temperature
Definition, 3.3.119, A.3.3.119
Ignition Time
Definition, 3.3.120
Incendiary Fire
Definition, 3.3.121
Incendiary Fires, Chap. 23
Incendiary Fire Indicators, 23.2
Assessment of Fire Growth and Fire Damage, 23.2.7
Examples of Incendiary Devices, 23.2.7.1
Exotic Accelerants, 23.2.7.4, A.23.2.7.4
Burn Injuries, 23.2.5
Incendiary Devices, 23.2.6
Delay Devices, 23.2.6.1
Presence of Ignitible Liquids in Area of Origin, 23.2.6.2
Lack of Expected Fuel Load or Ignition Sources, 23.2.3
Multiple Fires, 23.2.1
Trailers, 23.2.2
Unusual Fuel Load or Configuration, 23.2.4
Introduction, 23.1, A.23.1
Other Evidentiary Factors, 23.4
Analysis of Confirmed Incendiary Fires, 23.4.2
Geographic Areas, or Clusters, 23.4.2.1, A.23.4.2.1
Materials and Method, 23.4.2.3
Temporal Frequency, 23.4.2.2
Evidence of Other Crimes, Crime Concealment, 23.4.3
Existing or History of Code Violations, 23.4.5
Indications of Financial Stress, 23.4.4
Motives for Firesetting Behavior, 23.4.9, A.23.4.9
Classifications of Motive, 23.4.9.3, A.23.4.9.3
Crime Concealment, 23.4.9.3.5, A.23.4.9.3.5
Excitement, 23.4.9.3.3, A.23.4.9.3.3
Extremism, 23.4.9.3.7, A.23.4.9.3.7
Introduction, 23.4.9.3.1
Profit, 23.4.9.3.6, A.23.4.9.3.6
Revenge, 23.4.9.3.4, A.23.4.9.3.4
Vandalism, 23.4.9.3.2
Peer or Group Pressure, 23.4.9.3.2.2
Willful and Malicious Mischief, 23.4.9.3.2.1

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

General, 23.4.9.1
Motive Versus Intent, 23.4.9.2
Overinsurance, 23.4.7
Owner with Fires at Other Properties, 23.4.6
Timed Opportunity, 23.4.8
Fire Department Unavailable, 23.4.8.3
Fires During Civil Unrest, 23.4.8.2
Fires During Severe Natural Conditions, 23.4.8.1
Potential Indicators Not Directly Related to Combustion, 23.3
Entry Blocked or Obstructed, 23.3.5
Fires Near Service Equipment and Appliances, 23.3.3
Forced Entry, 23.3.2
Open Windows and Exterior Doors, 23.3.7
Remote Locations with View Blocked or Obscured, 23.3.1
Removal or Replacement of Contents Prior to the Fire, 23.3.4
Absence of Personal Items Prior to the Fire, 23.3.4.3
Removal, 23.3.4.2
Replacement, 23.3.4.1
Sabotage to the Structure or Fire Protection Systems, 23.3.6
Damage to Fire Protection Systems, 23.3.6.3
Damage to Fire-Resistive Assemblies, 23.3.6.2
Introduction, 23.3.6.1
Inductive Reasoning
Definition, 3.3.122
Informational References, Annex C
Interested Party
Definition, 3.3.123
Investigative Team
Definition, 3.3.124
Isochar
Definition, 3.3.125

-J-

Joule
Definition, 3.3.126

-K-

Kilowatt
Definition, 3.3.127
Kindling Temperature
Definition, 3.3.128

-L-

Layering
Definition, 3.3.129
Legal Considerations, Chap. 12
Constitutional Considerations, 12.2
Introduction, 12.1, A.12.1
Legal Considerations During the Investigation, 12.3
Authority to Conduct the Investigation, 12.3.1
Method of Entry, 12.3.3
Administrative Search Warrant, 12.3.3.3
Consent, 12.3.3.1
Criminal Search Warrant, 12.3.3.4
Exigent Circumstance, 12.3.3.2
Right of Entry, 12.3.2
Spoliation of Evidence, 12.3.5
Alteration and Movement of Evidence, 12.3.5.6
Documentation, 12.3.5.2
Documentation Prior to Alteration, 12.3.5.5
Notification Prior to Destructive Testing, 12.3.5.7
Notification to Interested Parties, 12.3.5.4
Remedies for Spoliation, 12.3.5.3
Responsibility, 12.3.5.1
The Questioning of Suspects, 12.3.4
Pretrial Legal Considerations, 12.4
Forms of Discovery, 12.4.2
Depositions, 12.4.2.3
Discovery Depositions, 12.4.2.3.2
Procedure, 12.4.2.3.1
Trial Depositions, 12.4.2.3.3
Interrogatories, 12.4.2.2
Reports, 12.4.2.4
Request to Produce, 12.4.2.1
Introduction, 12.4.1
Motions, 12.4.3
Trials, 12.5
Burden of Proof, 12.5.5
Civil Litigation, 12.5.7
Codes, Regulations, and Standards, 12.5.7.2
Negligence, 12.5.7.1
Hypothetical Example of the Elements of Negligence, 12.5.7.1.2
Product Liability, 12.5.7.3
Strict Liability, 12.5.7.4
Criminal Prosecution, 12.5.6
Arson, 12.5.6.1
Arson, 12.5.6.1.2
Arson Statutes, 12.5.6.2
Arson-Reporting/Immunity Statutes, 12.5.6.5, A.12.5.6.5
Factors to Be Considered, 12.5.6.3
Other Fire-Related Criminal Acts, 12.5.6.4
Forms of Examination, 12.5.3
Cross-Examination, 12.5.3.2
Direct Examination, 12.5.3.1
Forms of Testimony, 12.5.4
Affidavits, 12.5.4.1
Answers to Interrogatories, 12.5.4.2
Depositions and Trial Testimony, 12.5.4.3
Rules of Evidence, 12.5.1, A.12.5.1
Types of Evidence, 12.5.2
Demonstrative Evidence, 12.5.2.1
Photographs/Illustrative Forms of Evidence, 12.5.2.1.1
Samples, 12.5.2.1.2
Documentary Evidence, 12.5.2.2
Testimonial Evidence, 12.5.2.3
Admissibility of Expert Testimony, 12.5.2.3.3
Expert Witnesses, 12.5.2.3.2
Fact Witnesses, 12.5.2.3.1
Qualifications of Expert, 12.5.2.3.5
Relevance, 12.5.2.3.4
Reliability of Opinions, 12.5.2.3.6

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Lines of Demarcation
Definition, 3.3.130
Low Explosive
Definition, 3.3.131
Low-Order Damage
Definition, 3.3.132

-M-

Management of Complex Investigations, Chap. 28
Basic Information and Documents, 28.2
Communications Among Interested Parties, 28.3
Additional Dissemination of Information, 28.3.4
Meetings, 28.3.2
Meetings as the Investigation Progresses, 28.3.2.2
Preliminary Meeting, 28.3.2.1
Notice to Interested Parties, 28.3.1
All Interested Parties, 28.3.1.2
Content of Notification, 28.3.1.6
Entity in Control, 28.3.1.1
Making Notification, 28.3.1.5
Notification of Changes, 28.3.1.4
Roster of Interested Parties, 28.3.1.3
Subsequent Notifications, 28.3.1.7
Web Site, 28.3.3
Evidence, 28.6
Evidence Control, 28.6.1
Evidence Custodian, 28.6.1.1
Interested Party Responsibility, 28.6.1.2
Evidence Inspections, 28.6.4
Destructive Inspections, 28.6.4.2
Nondestructive Inspections, 28.6.4.1
Testing of Evidence, 28.6.4.3
Evidence Removal from the Scene, 28.6.2
Evidence Storage, 28.6.3
Logistics, 28.7
Communications, 28.7.6
Decontamination, 28.7.4
Environmental, 28.7.5
Equipment, 28.7.2
Evidence Storage, 28.7.11
Investigation Site Security, 28.7.3
Lighting, 28.7.10
Sanitary and Comfort Needs, 28.7.7
Snow and Ice Removal, 28.7.9
Transportation, 28.7.1
Trash Disposal and Removal, 28.7.8
Management of the Investigation, 28.5
Control of the Site and Scene, 28.5.2
Delegation of Control, 28.5.2.2
Release of Information, 28.5.2.7
Scene Integrity, 28.5.2.6
Securing the Site and Scene, 28.5.2.1
Site and Scene Access, 28.5.2.4
Access Control, 28.5.2.4.4
Control of the Site, 28.5.2.4.1
Decontamination In and Out, 28.5.2.4.8
Escorts, 28.5.2.4.5
Establishing Procedures for Access, 28.5.2.4.2
Monitoring Entry to the Site, 28.5.2.4.3
Occupant Access and Control, 28.5.2.4.7
Public Sector Concerns, 28.5.2.4.6
Site-Specific Restrictions or Requirements, 28.5.2.5
Transfer of Control, 28.5.2.3
Organizational Models, 28.5.1
Scope, 28.1
Chapter Definitions, 28.1.5
Interested Party, 28.1.5.1
Investigative Team, 28.1.5.2
Protocol, 28.1.5.3
Scene, 28.1.5.4
Site, 28.1.5.5
Understanding or Agreement, 28.1.5.6
Work Plans, 28.1.5.7
Governmental Inquiry, 28.1.1
Intent, 28.1.2
Interested Parties, 28.1.4
Purpose, 28.1.3
Site and Scene Safety, 28.8
Continual Safety Monitoring, 28.8.1
Understandings and Agreements, 28.4
Amendments to Agreements, 28.4.8
Cost Sharing, 28.4.3
Disagreements, 28.4.9
Information Sharing, 28.4.6
Public Records of Communications, 28.4.6.2
Timeliness, 28.4.6.1
Interviews, 28.4.7
Nondisclosure Agreements, 28.4.4
Protocols, 28.4.5
Purposes, 28.4.1
Scheduling, 28.4.2
Marine Fire Investigations, Chap. 29
Boat Examination, 29.10
Examination of Boat Systems, 29.10.2
Circuit Breakers, Switches, Handles, and Levers, 29.10.2.2
General, 29.10.1
Examination, 29.10.1.1
Boat Investigation Safety, 29.3
Openings, 29.3.6
Specific Safety Concerns, 29.3.5
Airborne Particulates, 29.3.5.2
Confined Spaces, 29.3.5.1
Damage to the Structure of the Boat, 29.3.5.9
Fuel Leaks, 29.3.5.4
Hydrogen Gas, 29.3.5.6
Identify and Assess Energy Sources, 29.3.5.3
Batteries, 29.3.5.3.1
Inverters, 29.3.5.3.2
Shore Power, 29.3.5.3.3
Other Hydrocarbon Contaminants, 29.3.5.7
Sewage Holding Tank, 29.3.5.5
Stability, 29.3.5.8
Submerged Boat, 29.3.5.11
Visual Distress Signals and Pyrotechnics, 29.3.5.12

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Wharves, Docks, and Jetties, 29.3.5.10
Boats in Structures, 29.11
Documenting Boat Fire Scenes, 29.9
Boat Identification, 29.9.3
Boat History, 29.9.3.5
Boat Name and Hailing Port, 29.9.3.4
Fire Scene History, 29.9.3.6
Actions After the Fire, 29.9.3.6.3
Actions Before the Fire, 29.9.3.6.1
Actions During the Fire, 29.9.3.6.2
Hull Identification Number (HIN), 29.9.3.1
Registration Numbers, 29.9.3.2
U.S. Coast Guard Documentation Numbers, 29.9.3.3
Boat Particulars, 29.9.4
In Water, 29.9.2
Anchored and Underway, 29.9.2.2
Moored, 29.9.2.1
Underwater, 29.9.2.3
On Land, 29.9.1
Exterior, 29.5
Deck, 29.5.3
Exterior Accessories, 29.5.4
Hull Construction, 29.5.1
Superstructure Construction Material, 29.5.2
Ignition Sources, 29.8
Electrical Sources, 29.8.2
Electrical Connections, 29.8.2.3
Electrical Short Circuiting and Arcs, 29.8.2.2
Lightning, 29.8.2.4
Overloaded Wiring, 29.8.2.1
Static Electricity and Incendive Arcs, 29.8.2.5
Hot Surfaces, 29.8.3
Cooking Surfaces, 29.8.3.3
Exhaust Systems, 29.8.3.2
Heating Systems, 29.8.3.4
Manifolds, 29.8.3.1
Mechanical, 29.8.4
Bearing Failures, 29.8.4.1
Friction, 29.8.4.2
Open Flames, 29.8.1
Smoking Materials, 29.8.5
Interior, 29.6
Construction Materials, 29.6.1
Finishes, 29.6.2
Accommodation Furnishings, 29.6.2.1
Engine/Machinery Compartments, 29.6.2.3
Flammable/Explosive Vapor Detectors, 29.6.2.4
Fuel Tanks, 29.6.2.6
Interior Accessories, 29.6.2.2
Storage and Holds, 29.6.2.5
Introduction, 29.1, A.29.1
Legal Considerations, 29.12
Powerboat and Sailboat Terminology, 29.2
Propulsion Systems, 29.7
Electric Systems, 29.7.1
Bow and Stern Thrusters, 29.7.1.1
Fuels for Boats with Motorized Propulsion Systems, 29.7.2
Appliance Fuel Systems, 29.7.2.2
Electric Generators, 29.7.2.3
Fuel Systems, 29.7.2.1
Engines, 29.7.2.1.1
Diesel Engines, 29.7.2.1.1.3
Inboard Gasoline Engines, 29.7.2.1.1.2
Outboard Engines (Outboard Motors), 29.7.2.1.1.1
Propulsion System Fluids, 29.7.2.1.1.4
Other Fuel Systems Used for Propulsion, 29.7.3
System Identification and Function, 29.4
Accessories, 29.4.9
Hydraulic Systems, 29.4.9.5
Electrical Systems, 29.4.5
Engine Cooling Systems, 29.4.6
Exhaust System, 29.4.4
Fuel Systems: Cooking and Heating, 29.4.2
Alcohol, 29.4.2.3, A.29.4.2.3
Compressed Natural Gas, 29.4.2.2, A.29.4.2.2
Diesel, 29.4.2.5
Liquefied Petroleum Gases, 29.4.2.1, A.29.4.2.1
Solid Fuels, 29.4.2.4
Fuel Systems: Propulsion and Auxiliary, 29.4.1
Diesel, 29.4.1.3, A.29.4.1.3
High-Pressure/Marine Fuel Injection Systems, Including Return Systems, 29.4.1.2, A.29.4.1.2
Vacuum/Low Pressure Carbureted, 29.4.1.1
Transmissions, 29.4.8
Turbochargers/Super Chargers, 29.4.3
Ventilation, 29.4.7
Material First Ignited
Definition, 3.3.133
Minimum Explosible Concentration (MEC)
Definition, 3.3.134
Minimum Ignition Energy (MIE)
Definition, 3.3.135
Motor Vehicle Fires, Chap. 26
Agricultural Equipment and Implements Introduction, 26.15
Agricultural Equipment Investigation Safety, 26.15.1
Equipment Classification and Description, 26.15.2
Baling Equipment, 26.15.2.7
Chain Drive Systems, 26.15.2.7.4
Electrical System, 26.15.2.7.6
Hydraulic System, 26.15.2.7.5
Pickups, 26.15.2.7.3
Round Balers, 26.15.2.7.1
Baling Chamber, 26.15.2.7.1.1
Gate, 26.15.2.7.1.2
Square Balers, 26.15.2.7.2
Combines, 26.15.2.2
Headers, 26.15.2.2.1
Threshing/Crop Cleaning System, 26.15.2.2.2
Unloading System, 26.15.2.2.3
Cotton Pickers, 26.15.2.4
Hydraulic System, 26.15.2.4.3
Lubrication System, 26.15.2.4.4
Moistener System, 26.15.2.4.2

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Row Units, 26.15.2.4.1
Farm Tractors, 26.15.2.1
Hydraulic Components, 26.15.2.1.2
Power Take Off (PTO), 26.15.2.1.1
Forage Harvesters, 26.15.2.3
Sprayers, 26.15.2.5
Windrowers, Floaters, Spreaders, Fertilizer Applicators, 26.15.2.6
Fuels, 26.15.5
Biodiesel, 26.15.5.2
Composite Materials, 26.15.5.4
Diesel Fuel, 26.15.5.1
Plastics, 26.15.5.3
Rubber, 26.15.5.5
Ignition Sources, 26.15.6
Brakes, 26.15.6.5
Electrical Sources, 26.15.6.1
Electronics and Aftermarket Equipment, 26.15.6.9
Friction, 26.15.6.4
Hot Surfaces, 26.15.6.2
Mechanical Sparks, 26.15.6.3
Rotating Bearings, 26.15.6.8
Rotating Shafts, 26.15.6.7
Slip Clutch, 26.15.6.6
Unique Fire Cause Concerns, 26.15.4
Foreign Combustible Materials, 26.15.4.2
Maintenance, 26.15.4.3
Scrapping, 26.15.4.1
Unique Safety Concerns, 26.15.3
Elevated Basket, 26.15.3.4
Fluid Capacities, 26.15.3.1
Gate Failure, 26.15.3.5
Hydraulic Bale Ejector, 26.15.3.6
Internal Equipment, 26.15.3.2
Overhead Electrical Hazards, 26.15.3.3
Body Systems, 26.6
Cargo Areas, 26.6.2
Interior Finishes and Accessories, 26.6.1
Fuels in Vehicle Fires, 26.3
Gaseous Fuels, 26.3.2
Ignitible Liquids, 26.3.1
Hot Surface Ignition, 26.3.1.1, A.26.3.1.1
Solid Fuels, 26.3.3
Heavy Equipment, 26.14
Agricultural Equipment, 26.14.6
Earth-Moving Equipment, 26.14.3
Forestry/Logging Equipment, 26.14.4
Landfill Equipment, 26.14.5
Mass Transit Vehicles, 26.14.2
Medium- and Heavy-Duty Trucks, and Buses, 26.14.1
Hybrid Vehicles, 26.16
Hybrid Vehicle Investigation Safety, 26.16.1
Hybrid Vehicle Technology, 26.16.2
Investigation of Hybrid Vehicle Fires, 26.16.3
Hydrogen-Fueled Vehicles, 26.18
Hydrogen-Fueled Vehicle Description, 26.18.2
Hydrogen-Fueled Vehicle Investigation Safety, 26.18.1
Ignition Sources, 26.4
Electrical Sources, 26.4.2
Arc, Carbon, Tracking, 26.4.2.5, A.26.4.2.5
Electrical High Resistance Connections, 26.4.2.3
Electrical Short Circuits and Arcs — Electric Discharge, 26.4.2.4
External Electrical Sources Used in Vehicles, 26.4.2.7
Lamp Bulbs and Filaments, 26.4.2.6, A.26.4.2.6
Overloaded Wiring, 26.4.2.2
Hot Surfaces, 26.4.3
Mechanical Sparks, 26.4.4
Open Flames, 26.4.1
Smoking Materials, 26.4.5
Introduction, 26.1, A.26.1
Motor Vehicle Examinations, 26.8
Examination of Vehicle Systems, 26.8.2
General, 26.8.1
Switches, Handles, and Levers, 26.8.3
Motor Vehicle Fire Scenes, 26.7
Documenting the Vehicle at the Fire Scene, 26.7.4
Documenting the Vehicle Away from the Scene, 26.7.5
Vehicle Fire Scene History, 26.7.2
Vehicle Identification, 26.7.1
Vehicle Particulars, 26.7.3
Recreational Vehicles, 26.13
Construction, 26.13.6
Exterior Construction, 26.13.6.1
Interior, 26.13.6.2
General, 26.13.1
Ignition Sources, 26.13.8
Recreational Vehicle (RV), 26.13.3
Chassis, 26.13.3.6
Dispensing, 26.13.3.5
Fifth-Wheel Travel Trailer, 26.13.3.2
Folding Camping Trailer, 26.13.3.3
Listed, 26.13.3.7
Motor Home, 26.13.3.1
Travel Trailer, 26.13.3.4
Recreational Vehicle Examinations, 26.13.7
Investigating Systems and Components Unique to Recreational Vehicles, 26.13.7.3
Recreational Vehicle Identification, 26.13.9
Recreational Vehicle Information, 26.13.10
Recreational Vehicle Investigation Safety, 26.13.2
Airborne Particulates, 26.13.2.2
Confined Spaces, 26.13.2.1
Energy Sources, 26.13.2.3
Stability, 26.13.2.4
Recreational Vehicles in Structures, Parks, and Campgrounds, 26.13.11
Systems, 26.13.5
Electrical Systems, 26.13.5.1
Shore Power, 26.13.5.1.1
Propane Systems, 26.13.5.2
Anhydrous Ammonia Absorption Refrigerators, 26.13.5.2.7
Furnaces, 26.13.5.2.6
Maximum Propane Container Capacities, 26.13.5.2.2

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Propane Regulators, 26.13.5.2.1
Propane System Shielding, 26.13.5.2.3
Stoves, 26.13.5.2.4
Water Heaters, 26.13.5.2.5
Safety Systems, 26.13.5.3
Unique Systems or Components, 26.13.4
Automatic Generator Starting System (AGS), 26.13.4.3
Batteries, 26.13.4.6
Electrical Converter, 26.13.4.4
Electrical Inverter, 26.13.4.5
Generator, 26.13.4.2
Liquid Holding Tank, 26.13.4.8
Means of Escape, 26.13.4.7
Shore Power, 26.13.4.1
Special Considerations for Incendiary Vehicle Fires, 26.10
System Identification and Function, 26.5
Accessories to the Mechanical Power System, 26.5.6
Emission Control System, 26.5.2
Exhaust System, 26.5.2.4
Diesel Particulate Filters (DPFs), 26.5.2.4.1
Fuel Systems, 26.5.1
Diesel Fuel Systems, 26.5.1.3
High-Pressure Fuel-Injected Systems, 26.5.1.2, A.26.5.1.2
Natural Gas, 26.5.1.4
Propane Fuel, 26.5.1.5
Turbochargers, 26.5.1.6
Vacuum/Low-Pressure Carbureted Systems, 26.5.1.1
Hydraulic Braking System, 26.5.7
Mechanical Power Distribution, 26.5.5
Hydraulically Geared Transmission, 26.5.5.2
Mechanically Geared Transmissions, 26.5.5.1
Mechanical Power Systems, 26.5.4
Air-Cooled Systems, 26.5.4.3
Electric Motors, 26.5.4.4
Liquid Cooling Systems, 26.5.4.2
Lubrication Systems, 26.5.4.1
Motor Vehicle Electrical Systems, 26.5.3
Engine Control Modules (ECMs), 26.5.3.6
Event Data Recorders (EDRs), 26.5.3.5
Other Electrical Systems, 26.5.3.4
Tracking Devices, 26.5.3.7
Twelve-Volt Electrical Systems, 26.5.3.3
Arc Mapping, 26.5.3.3.5, A.26.5.3.3.5
Multiplex Wiring or Serial Data Wiring, 26.5.3.3.4
Windshield Washer Systems, 26.5.8
Total Burns, 26.9
Towing Considerations, 26.17
Vehicle Ignition Components, 26.11
Inspection of Cut Key-Style Ignition Lock, 26.11.1
Detailed Examination of Ignition Locks, 26.11.1.3
Ignition Lock Cylinder, 26.11.1.1
Post-Fire Recovery of the Lock Cylinder, 26.11.1.2
Unrecovered Ignition Lock Remains, 26.11.1.4
Other Considerations, 26.11.1.4.1
Vehicle Investigation Safety, 26.2
Vehicles in Structures, 26.12

-N-

Non-Scene Data
Definition, 3.3.138
Noncombustible Material
Definition, 3.3.136, A.3.3.136
Nonflammable
Definition, 3.3.137

-O-

Ohm
Definition, 3.3.139
Origin
Definition, 3.3.140
Origin Determination, Chap. 18
Analyze the Data, 18.4
Analysis of Sequential Events, 18.4.3
Fire Dynamics, 18.4.4
Fire Pattern Analysis, 18.4.1
Consideration of All Patterns, 18.4.1.1
Movement and Intensity Patterns, 18.4.1.5
Pattern Generation, 18.4.1.3
Sequence of Patterns, 18.4.1.2
Ventilation, 18.4.1.4
Heat and Flame Vector Analysis, 18.4.2, A.18.4.2
Additional Tools for Pattern Visualization, 18.4.2.3
Complementary Vectors, 18.4.2.1
Heat Source, 18.4.2.2
Origin Matrix Analysis, 18.4.5, A.18.4.5
Data Collection for Origin Determination, 18.3
Additional Data Collection Activities for Origin Determination, 18.3.3
Description of Fuels, 18.3.3.2
Electrical Loads, 18.3.3.6
Electrical Systems, 18.3.3.5
Fire Protection System Data, 18.3.3.11
Fire Protection Systems, 18.3.3.10
Fuel Gas Systems, 18.3.3.8
HVAC Systems, 18.3.3.7
Intrusion Alarm Systems, 18.3.3.13
Liquid Fuel Systems, 18.3.3.9
Pre-Fire Conditions, 18.3.3.1
Security Cameras, 18.3.3.12
Structure Dimensions, 18.3.3.3
Weather Conditions, 18.3.3.4
Witness Observations, 18.3.3.14
Excavation and Reconstruction, 18.3.2
Avoiding Contamination, 18.3.2.6
Avoiding Spoliation, 18.3.2.5
Contents, 18.3.2.8
Excavation, 18.3.2.3
Heavy Equipment, 18.3.2.4
Safety, 18.3.2.2
Scope of Excavation and Reconstruction, 18.3.2.1
Washing Floors, 18.3.2.7
Initial Scene Assessment, 18.3.1
Order of the Examination, 18.3.1.3
Post-Fire Alterations, 18.3.1.7

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Safety Assessment, 18.3.1.1
Scope of the Examination, 18.3.1.2
Structure Exterior, 18.3.1.5
Structure Interior, 18.3.1.6
Surrounding Areas, 18.3.1.4
Developing Origin Hypotheses, 18.5
Initial Hypothesis, 18.5.1
Modifying the Initial Hypothesis, 18.5.2
Introduction, 18.1
Origin Insufficiently Defined, 18.8
Eyewitness Evidence of Origin Area, 18.8.3
Justification of a Large Area of Origin, 18.8.2
Large Area Adequate for Determination, 18.8.1
Overall Methodology, 18.2
Recommended Methodology, 18.2.5
Sequence of Activities, 18.2.2
Sequential Pattern Analysis, 18.2.3
Systematic Procedure, 18.2.4
Selecting the Final Hypothesis, 18.7
Case File Review, 18.7.3
Defining the Area of Origin, 18.7.1
Inconsistent Data, 18.7.2
Testing an Origin Hypothesis for Validity, 18.6
Analytical Techniques and Tools, 18.6.2
Experimental Testing, 18.6.2.3
Fire Modeling, 18.6.2.2
Time Line Analysis, 18.6.2.1
Means of Hypothesis Testing, 18.6.1
Overcurrent
Definition, 3.3.141
Overhaul
Definition, 3.3.142
Overload
Definition, 3.3.143, A.3.3.143
Oxygen Deficiency
Definition, 3.3.144

-P-

Passive Fire Protection System
Definition, 3.3.145
Photograph Credits, Annex D
Image Contributors, D.1
Physical Evidence, Chap. 17
Canine-Handler Teams Introduction, 17.7
Canine-Handler Teams, 17.7.5, A.17.7.5
Canine-Handler Teams and Accelerant Detection, 17.7.8
Capability and Reliability, 17.7.8.3, A.17.7.8.3
Legal Proceedings, 17.7.8.4
Other Considerations, 17.7.8.2
Sources, 17.7.8.1
Coordinating the Investigation with the Handler, 17.7.9
Evidence Collection, 17.7.9.2
Responsibility, 17.7.9.1
Handlers' Expertise, 17.7.4
Investigators' Discretion, 17.7.3
Limitations on the Use of Alerts by Canine-Handler Teams, 17.7.7, A.17.7.7
Canine Olfactory System, 17.7.7.2
Triggers, 17.7.7.3, A.17.7.7.3
Other Designations for IGL Canines, 17.7.2
Preferred Designation, 17.7.1
Purposes of Canine-Handler Team, 17.7.6, A.17.7.6
Legal Considerations for Examinations or Searches, 17.7.6.1
Uses in Public and Private Sectors, 17.7.6.2
Using Canine-Handler Teams to Help Avoid Bias, 17.7.6.3
Avoiding Confirmation Bias, 17.7.6.3.1
Avoiding Expectation Bias, 17.7.6.3.2
Safety of Canine, Handler, and Others, 17.7.10
Canine Safety, 17.7.10.2
Handler Safety, 17.7.10.1
Chain of Custody of Physical Evidence, 17.10
Contamination of Physical Evidence, 17.4
Contamination by Fire Fighters, 17.4.3
Contamination During Collection, 17.4.2, A.17.4.2
Contamination of Evidence Containers, 17.4.1
Evidence Containers, 17.6
General, 17.6.1
Liquid and Solid Accelerant Evidence Containers, 17.6.2
Common Plastic Bags, 17.6.2.4
Glass Jars, 17.6.2.2
Metal Cans, 17.6.2.1
Special Evidence Bags, 17.6.2.3
Evidence Disposition, 17.12
Examination and Testing of Physical Evidence, 17.11
Comparative Examination and Testing, 17.11.4
Evidence Collection or Inspections Involving Alteration Without Changes to the Evidentiary Value of the Artifacts, 17.11.1
Laboratory Examination and Testing, 17.11.1.6
Sufficiency of Samples, 17.11.3
Test Methods, 17.11.2
Atomic Absorption (AA), 17.11.2.3
Autoignition Temperature of Liquid Chemicals (ASTM E659), 17.11.2.10
Cigarette Ignition Resistance of Components of Upholstered Furniture, 17.11.2.14
Cigarette Ignition Resistance of Mock-up Upholstered Furniture Assemblies, 17.11.2.13
Concentration Limits of Flammability of Chemicals (ASTM E681), 17.11.2.21
Critical Radiant Flux of Floor-Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source (ASTM E648), 17.11.2.19
Determination of Low Levels of Heat Release Rate for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter (ASTM E2965), 17.11.2.26
Dielectric Withstand Voltage (Mil-Std–202G Method 301), 17.11.2.28
Fire Tests of Roof Coverings (ASTM E108), 17.11.2.18
Flammability of Aerosol Products (ASTM D3065), 17.11.2.16
Flammability of Apparel Textiles, 17.11.2.12
Flammability of Finished Textile Floor-Covering Materials, 17.11.2.15

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup (ASTM D92), 17.11.2.6
Flash Point and Fire Point of Liquids by Tag Open-Cup Apparatus (ASTM D1310), 17.11.2.8
Flash Point by Pensky-Martens Closed Tester (ASTM D93), 17.11.2.7
Flash Point by Setaflash Closed Tester (ASTM D3828), 17.11.2.9
Flash Point by Tag Closed Tester (ASTM D56), 17.11.2.5
Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), 17.11.2.1
Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products (ASTM E906), 17.11.2.23
Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter (ASTM E1354), 17.11.2.25
Heat of Combustion of Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (Precision Method) (ASTM D4809), 17.11.2.11
Ignition Properties of Plastics (ASTM D1929), 17.11.2.27
Infrared Spectrophotometer (IR), 17.11.2.2
Insulation Resistance (Mil-Std–202G Method 302), 17.11.2.29
Measurement of Gases Present or Generated During Fires (ASTM E800), 17.11.2.22
Pressure and Rate of Pressure Rise for Combustible Dusts (ASTM E1226), 17.11.2.24
Room Fire Experiments, 17.11.2.20
Surface Burning Characteristics of Building Materials (ASTM E84), 17.11.2.17
X-ray Fluorescence, 17.11.2.4
General, 17.1, A.17.1
Identification of Physical Evidence, 17.8
Evidence List, 17.8.3
Methods of Collection, 17.5
Collection of Appliances or Small Electrical Equipment, 17.5.7
Collection of Electrical Equipment and System Components, 17.5.6
Collection of Evidence for Accelerant Testing, 17.5.4
Canine-Handler Teams, 17.5.4.2
Collection of Liquid Evidence Absorbed by Solid Materials, 17.5.4.4
Collection of Liquid Samples for Ignitible Liquid Testing, 17.5.4.3
Collection of Solid Samples for Accelerant Testing, 17.5.4.5
Comparison Samples, 17.5.4.6, A.17.5.4.6
Liquid Accelerant Characteristics, 17.5.4.1
Collection of Gaseous Samples, 17.5.5
Collection of Traditional Forensic Physical Evidence, 17.5.3
Documenting the Collection of Physical Evidence, 17.5.2
General, 17.5.1
Physical Evidence, 17.2
Preservation of the Fire Scene and Physical Evidence, 17.3, A.17.3
Artifact Evidence, 17.3.3
Fire Patterns as Physical Evidence, 17.3.2
General, 17.3.1
Practical Considerations, 17.3.7
Protecting Evidence, 17.3.4
Flag, Bag, Tag, 17.3.4.3
Bag, 17.3.4.3.2
Flag, 17.3.4.3.1
Tag, 17.3.4.3.3
Role and Responsibilities of Fire Suppression Personnel in Preserving the Fire Scene, 17.3.5
Caution in Fire Suppression Operations, 17.3.5.3
Limiting Access of Fire Fighters and Other Emergency Personnel, 17.3.5.3.6
Movement of Knobs and Switches, 17.3.5.3.4
Overhaul, 17.3.5.3.2
Salvage, 17.3.5.3.3
Use of Power Tools, 17.3.5.3.5
Use of Water Lines and Hose Streams, 17.3.5.3.1
Preservation, 17.3.5.2
Role and Responsibilities of the Fire Investigator, 17.3.6
Transportation and Storage of Physical Evidence, 17.9
Hand Delivery, 17.9.1
Shipment, 17.9.2
General, 17.9.2.1
Shipping Electrical Evidence, 17.9.2.2
Shipping of Volatile or Hazardous Materials, 17.9.2.3
Storage of Evidence, 17.9.3
Piloted Ignition Temperature
Definition, 3.3.146
Planning the Investigation, Chap. 15
Basic Incident Information, 15.2
Date and Time of Incident, 15.2.2
Location, 15.2.1
Nature and Extent of Damage, 15.2.6
Purpose of Investigation, 15.2.8
Security of Scene, 15.2.7
Size and Complexity of Incident, 15.2.4
Type and Use of Structure, 15.2.5
Weather Conditions, 15.2.3
Case Management, 15.6
Introduction, 15.1, A.15.1
Organizing the Investigation Functions, 15.3
Pre-Investigation Team Meeting, 15.4
Equipment and Facilities, 15.4.1
Personal Safety Equipment, 15.4.2
Tools and Equipment, 15.4.3
Specialized Personnel and Technical Consultants, 15.5
Attorney, 15.5.8
Canine Teams, 15.5.10
Chemical Engineer/Chemist, 15.5.5
Electrical Engineer, 15.5.4
Fire Science and Engineering, 15.5.6
Fire Engineering Technician, 15.5.6.3
Fire Engineering Technologist, 15.5.6.2
Fire Protection Engineer, 15.5.6.1
General, 15.5.1
Industry Expert, 15.5.7
Insurance Agent/Adjuster, 15.5.9
Materials Engineer or Scientist, 15.5.2
Mechanical Engineer, 15.5.3

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Plastic
Definition, 3.3.147, A.3.3.147
Plume
Definition, 3.3.148
Point of Origin
Definition, 3.3.149
Power
Definition, 3.3.150
Premixed Flame
Definition, 3.3.151
Preservation
Definition, 3.3.152
Print Data
Definition, 3.3.153
Products of Combustion
Definition, 3.3.154
Protocol
Definition, 3.3.155
Proximate Cause
Definition, 3.3.156
Pyrolysate
Definition, 3.3.157
Pyrolysis
Definition, 3.3.158
Pyrophoric Material
Definition, 3.3.159

-R-

Radiant Heat
Definition, 3.3.160
Radiation
Definition, 3.3.161
Recommended Practice
Definition, 3.2.4, A.3.2.4
Referenced Publications, Chap. 2
Rekindle
Definition, 3.3.162
Responsibility
Definition, 3.3.163
Risk
Definition, 3.3.164
Rollover
Definition, 3.3.165

-S-

Safety, Chap. 13
Chemical and Contaminant Exposure, 13.5
Routes of Exposure, 13.5.2
Cutaneous, 13.5.2.2
Ingestion, 13.5.2.3
Inhalation, 13.5.2.1
Injection, 13.5.2.4
Ocular Exposure Route, 13.5.2.5
Toxicity Exposure Levels, 13.5.3
Acute Exposure, 13.5.3.1
Chronic Exposure, 13.5.3.2
Cumulative Exposure, 13.5.3.3
Latency Period, 13.5.3.4
Types of Exposure Effects, 13.5.1
Local Effect, 13.5.1.1
Systemic Effect, 13.5.1.2
Emergency Action Plans, 13.7
Additional Emergency Action Plans, 13.7.5
Emergency Evacuation Plans, 13.7.1
Fire Emergency Plan, 13.7.4
Medical Emergency Plans, 13.7.2
Severe Weather Plans, 13.7.3
Fire Scene Hazards, 13.3
Biological Hazards, 13.3.5
Chemical Hazards, 13.3.4
Electrical Hazards, 13.3.3
Lockout/Tagout (LOTO), 13.3.3.2, A.13.3.3.2
Mechanical Hazards, 13.3.6
Miscellaneous Hazards, 13.3.7
Mechanized Equipment Hazards, 13.3.7.3
Radiological Hazards, 13.3.7.1
Utilities, 13.3.7.2
Physical Hazards, 13.3.1
Structural Stability Hazards, 13.3.2
General, 13.1, A.13.1
General Injury/Health Statistics, 13.1.1, A.13.1.1
Health and Safety Programs, 13.1.2
General Fire Scene Safety, 13.2
Emergency Notification Signal, 13.2.8
First Aid Kit and Emergency Notification Numbers, 13.2.7
Investigating the Scene Alone, 13.2.1
Investigator Fatigue, 13.2.2
Safety of Bystanders, 13.2.5
Status of Suppression, 13.2.6
Working Above or Below Grade Level, 13.2.3
Working Around Mechanized Equipment, 13.2.4
Personal Protective Equipment (PPE), 13.6
Examples of Personal Protective Equipment (PPE), 13.6.2, A.13.6.2
Hand Protection, 13.6.2.2
Other Specialized Equipment, 13.6.2.3
Respiratory Protection, 13.6.2.1
Proper Selection and Use of Personal Protective Equipment (PPE), 13.6.1
Decontamination, 13.6.1.3, A.13.6.1.3
Standard Cloth Clothing, 13.6.1.3.1
PPE Use, 13.6.1.2
Safety Clothing and Equipment, 13.6.1.1
Post-Scene Safety Activities, 13.8
Decontamination, 13.8.1
Medical Screening, 13.8.2
Safety in Off-Scene Investigation Activities, 13.9
Off-Scene Interviews, 13.9.2
Safety Plans, 13.4
Hazard and Risk Assessment, 13.4.1, A.13.4.1
Control the Hazard, 13.4.1.3
Administrative Controls, 13.4.1.3.2
Engineering Controls, 13.4.1.3.1
Proper Selection and Use of Personal Protective Equipment (PPE), 13.4.1.3.3

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Determine the Risk of the Hazard, 13.4.1.2
Identify the Hazards, 13.4.1.1
Biological Hazards, 13.4.1.1.5
Chemical Hazards, 13.4.1.1.4
Electrical Hazards, 13.4.1.1.3
Mechanical Hazards, 13.4.1.1.6
Physical Hazards, 13.4.1.1.1
Structural Hazards, 13.4.1.1.2
Management of Plans and Site Safety, 13.4.3
Safety Meetings and Briefings, 13.4.4
Site-Specific Safety Plans, 13.4.2
Confined Space Program, 13.4.2.2
Hazard Communication Site Plan (HazCom Plan), 13.4.2.1, A.13.4.2.1
Special Hazards, 13.10
Biological and Radiological Terrorism, 13.10.3
Criminal Acts or Acts of Terrorism, 13.10.1
Secondary Devices, 13.10.1.1
Drug Labs, 13.10.4
Residue Chemicals, 13.10.2
Scene
Definition, 3.3.166
Scent Discrimination
Definition, 3.4.5, A.3.4.5
Scientific Method
Definition, 3.3.167
Seat of Explosion
Definition, 3.3.168
Seated Explosion
Definition, 3.3.169
Secondary Explosion
Definition, 3.3.170
Self-Heating
Definition, 3.3.171
Self-Ignition
Definition, 3.3.172
Self-Ignition Temperature
Definition, 3.3.173
Sever Arc
Definition, 3.3.174
Short Circuit
Definition, 3.3.175
Site
Definition, 3.3.176
Smoke
Definition, 3.3.177
Smoke Condensate
Definition, 3.3.178
Smoke Explosion
Definition, 3.3.179
Smoldering
Definition, 3.3.180
Soot
Definition, 3.3.181
Sources of Information, Chap. 14
ASTM Standards for Collecting, Preserving, and Evaluating Data, 14.3
Forms of Information, 14.4
Digital Information, 14.4.4
Verbal Information, 14.4.1
Visual Information, 14.4.3
Written and Printed Information, 14.4.2
General, 14.1
Data Relevance, Accuracy, and Reliability, 14.1.3
Number and Diversity of Informational Sources, 14.1.2
Purpose of Obtaining Information, 14.1.1
Legal Considerations, 14.2
Authorizations for Release of Information, 14.2.5
Confidential Communications, 14.2.3
Freedom of Information Act, 14.2.1
Privacy Considerations, 14.2.4
Privileged Communications, 14.2.2
Private Sources of Information, 14.6
Abstract and Title Companies, 14.6.9
American National Standards Institute, 14.6.4
American Society for Testing and Materials (ASTM), 14.6.3
Educational Institutions, 14.6.12
Financial Institutions, 14.6.10
Insurance Industry, 14.6.11
International Association of Arson Investigators (IAAI), 14.6.6
Lightning Detection Networks, 14.6.16
National Association of Fire Investigators (NAFI), 14.6.5
National Fire Protection Association (NFPA), 14.6.1
News Organizations, 14.6.15
Real Estate Industry, 14.6.8
Regional Fire Investigations Organizations, 14.6.7
Society of Fire Protection Engineers (SFPE), 14.6.2
Trade Organizations, 14.6.14
Utility Companies, 14.6.13
Sources of Non-Scene Data, 14.5
Electronically Stored Information, 14.5.3
Description, 14.5.3.1
Sources, 14.5.3.2
Existing Research and Publications, 14.5.4
Experimentation and Testing, 14.5.5
Federal Government, 14.5.7
Department of Agriculture, 14.5.7.1
Department of Commerce, 14.5.7.2
National Institute of Standards and Technology (NIST), 14.5.7.2.1
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 14.5.7.2.1.2
NIST Engineering Laboratories, Division of Fire Research, 14.5.7.2.1.1
Department of Energy, 14.5.7.13
Department of Health and Human Services, 14.5.7.4
Department of Housing and Urban Development, 14.5.7.5
Department of Justice, 14.5.7.11
Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives (ATF), 14.5.7.11.1
Department of Labor, 14.5.7.7
Occupational Safety and Health Administration, 14.5.7.7.1

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Department of State, 14.5.7.8
Department of the Interior, 14.5.7.6
Department of Transportation, 14.5.7.9
Internal Revenue Service, 14.5.7.10
Military Branches, 14.5.7.3
U.S. Citizenship and Naturalization Service, 14.5.7.15
U.S. Postal Service, 14.5.7.12
United States Department of Homeland Security, 14.5.7.14
Federal Emergency Management Agency, 14.5.7.14.4
U.S. Fire Administration, 14.5.7.14.4.1
Governmental Sources of Information, 14.5.6
County Government, 14.5.6.2
County Assessor, 14.5.6.2.3
County Clerk, 14.5.6.2.2
County Coroner/Medical Examiner, 14.5.6.2.5
County Emergency Management Agency, 14.5.6.2.7
County Recorder, 14.5.6.2.1
County Sheriff's Department, 14.5.6.2.6
County Treasurer, 14.5.6.2.4
Other County Agencies, 14.5.6.2.8
Municipal Government, 14.5.6.1
Municipal Assessor, 14.5.6.1.2
Municipal Board of Education, 14.5.6.1.7
Municipal Building Department, 14.5.6.1.5
Municipal Clerk, 14.5.6.1.1
Municipal Fire Department, 14.5.6.1.9
Municipal Health Department, 14.5.6.1.6
Municipal Police Department, 14.5.6.1.8
Municipal Street Department, 14.5.6.1.4
Municipal Treasurer, 14.5.6.1.3
Other Municipal Agencies, 14.5.6.1.10
State Government, 14.5.6.3
Other State Agencies, 14.5.6.3.13
Secretary of State, 14.5.6.3.1
State Department of Natural Resources, 14.5.6.3.7
State Department of Regulation, 14.5.6.3.5
State Department of Revenue, 14.5.6.3.4
State Department of Transportation, 14.5.6.3.6
State Department of Vital Statistics, 14.5.6.3.3
State Emergency Management, 14.5.6.3.12
State Fire Marshal's Office, 14.5.6.3.10
State Insurance Commissioner's Office, 14.5.6.3.8
State Office of Homeland Security, 14.5.6.3.11
State Police, 14.5.6.3.9
State Treasurer, 14.5.6.3.2
Other Federal Agencies, 14.5.8
Property Data, 14.5.2
Witness Data, 14.5.1
Documenting the Interview, 14.5.1.5
Identifying Possible Witnesses, 14.5.1.2
Interview Information, 14.5.1.3
Preparation for the Interview, 14.5.1.4
Purpose of Interviews, 14.5.1.1

Spalling
Definition, 3.3.182
Spark
Definition, 3.3.183
Specific Gravity (of a gas or vapor)
Definition, 3.3.184
Specific Gravity (of a liquid or solid)
Definition, 3.3.185
Spoliation
Definition, 3.3.186
Spontaneous Heating
Definition, 3.3.187, A.3.3.187
Spontaneous Ignition
Definition, 3.3.188
Standard
Definition, 3.2.5, A.3.2.5
Suppression
Definition, 3.3.189

-T-

Target Fuel
Definition, 3.3.190
Temperature
Definition, 3.3.191, A.3.3.191
Thermal Column
Definition, 3.3.192
Thermal Expansion
Definition, 3.3.193, A.3.3.193
Thermal Inertia
Definition, 3.3.194
Thermodynamics
Definition, 3.3.195
Thermometry
Definition, 3.3.196
Thermoplastic
Definition, 3.3.197
Thermoset Plastics
Definition, 3.3.198
Time Line
Definition, 3.3.199
Total Burn
Definition, 3.3.200
Trailer
Definition, 3.3.201

-U-

Understanding or Agreement
Definition, 3.3.202
Upper Layer
Definition, 3.3.203

-V-

Vapor
Definition, 3.3.204
Vent
Definition, 3.3.205
Ventilation
Definition, 3.3.206

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Ventilation-Controlled Fire
Definition, 3.3.207
Venting
Definition, 3.3.208
Volt (V)
Definition, 3.3.209

-W-

Watt (W)
Definition, 3.3.210
Wildfire Investigations, Chap. 27
Evidence, 27.9
Fire Cause Determination, 27.8
Human Fire Cause, 27.8.2
Campfire, 27.8.2.1
Debris Burning, 27.8.2.3, A.27.8.2.3
Equipment Use, 27.8.2.5
Fireworks, 27.8.2.8
Incendiary, 27.8.2.4
Miscellaneous, 27.8.2.10
Firearms, 27.8.2.10.3
Spontaneous Heating, 27.8.2.10.1
Sunlight Refraction and Reflection, 27.8.2.10.2
Railroad, 27.8.2.6
Smoking, 27.8.2.2, A.27.8.2.2
Utilities, 27.8.2.9
Electricity, 27.8.2.9.1
Oil and Gas Drilling, 27.8.2.9.2
Youth Fire-Setting Behavior, 27.8.2.7
Natural Fire Cause, 27.8.1
Lightning, 27.8.1.1
Fire Shape, 27.5
Factors Affecting Fire Spread, 27.5.4
Fuel Influence, 27.5.4.2
Lateral Confinement, 27.5.4.1
Suppression, 27.5.4.3
Air Drops, 27.5.4.3.2
Fire Breaks, 27.5.4.3.1
Firing Out, 27.5.4.3.3
Fire Flanks, 27.5.2
Fire Head, 27.5.1
Fire Heel, 27.5.3
Other Natural Mechanisms of Fire Spread, 27.5.5
Animals, 27.5.5.3
Embers and Firebrands, 27.5.5.1
Fire Storms, 27.5.5.2
Indicators, 27.6
Angle of Char, 27.6.4
Angle of Char, Foliage Crown, 27.6.4.2
Angle of Char, Pole Type Fuels, 27.6.4.1
Cupping, 27.6.6
Curling, 27.6.13
Degree of Damage, 27.6.2
Depth of Char, 27.6.10
Die-Out Pattern, 27.6.7
Exposed and Protected Fuels, 27.6.8
Foliage Freeze, 27.6.12
Grass Stems, 27.6.3
Spalling, 27.6.11
Staining and Sooting, 27.6.9
White Ash Deposit, 27.6.5
Wildfire V-Shaped Patterns, 27.6.1
Introduction, 27.1, A.27.1
Origin Investigation, 27.7
General Origin Area, 27.7.2
Point of Origin, 27.7.2.2
Specific Origin Area, 27.7.2.1
General Origin Investigation Techniques, 27.7.3
Enter the General Origin Area, 27.7.3.6
General Principles of Burn Pattern Interpretation, 27.7.3.3
Identify Advancing Fire, 27.7.3.5
Identifying Evidence, 27.7.3.2
Protection of General Origin, 27.7.3.1
Walk the Exterior Perimeter of the General Origin, 27.7.3.4
Working the General Origin Area, 27.7.3.7
Initial Area of Investigation, 27.7.1
Observations of Airborne Personnel, 27.7.1.3
Observations of Initial Attack Crew, 27.7.1.2
Observations of Other Witnesses, 27.7.1.4
Observations of Reporting Parties, 27.7.1.1
Satellite Imaging or Remote Sensing, 27.7.1.5
Search Equipment, 27.7.5
Air Blower, 27.7.5.7
Comb, 27.7.5.5
Global Positioning Satellite (GPS) Recorder, 27.7.5.10
Hand-Held Lights, 27.7.5.6
Magnet, 27.7.5.2
Magnifying Glass, 27.7.5.1
Metal Detector, 27.7.5.8
Probe, 27.7.5.4
Sifting Screen, 27.7.5.9
Straight Edge, 27.7.5.3
Specific Origin Investigation Techniques, 27.7.4
Establish Grid Lanes, 27.7.4.2
Search Each Lane, 27.7.4.3
Walk Specific Origin Perimeter, 27.7.4.1
Sources of Information, 27.11
Special Safety Considerations, 27.10
Hazards, 27.10.1
Personal Protective Equipment, 27.10.2
Topography, 27.4
Aspect, 27.4.2
Slope, 27.4.1
Weather, 27.3
Relative Humidity, 27.3.3
Temperature, 27.3.2
Weather History, 27.3.1
Wind Influence, 27.3.4
Diurnal Winds, 27.3.4.2
Fire Winds, 27.3.4.4
Foehn Winds, 27.3.4.3
Meteorological Winds, 27.3.4.1

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Wildfire Fuels, 27.2
Aerial Fuels, 27.2.4
High Brush, 27.2.4.3
Tree Branches and Crowns, 27.2.4.1
Tree Moss, 27.2.4.2
Fuel Condition Analysis, 27.2.1
Fuel Moisture Content, 27.2.7
Fuel Size, 27.2.6
Ground Fuels, 27.2.2
Duff, 27.2.2.1
Roots, 27.2.2.2
Oil Content, 27.2.8
Species, 27.2.5
Surface Fuels, 27.2.3
Dead Leaves and Coniferous Litter, 27.2.3.2
Downed Logs, Stumps, and Large Limbs, 27.2.3.4
Fine Dead Wood, 27.2.3.1
Grass, 27.2.3.3
Low Brush and Reproduction, 27.2.3.5
Work Plans
Definition, 3.3.211

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Sequence of Events for the Standards Development Process

Once the current edition is published, a Standard is opened for Public Input.

Step 1 – Input Stage

- Input accepted from the public or other committees for consideration to develop the First Draft
- Technical Committee holds First Draft Meeting to revise Standard (23 weeks); Technical Committee(s) with Correlating Committee (10 weeks)
- Technical Committee ballots on First Draft (12 weeks); Technical Committee(s) with Correlating Committee (11 weeks)
- Correlating Committee First Draft Meeting (9 weeks)
- Correlating Committee ballots on First Draft (5 weeks)
- First Draft Report posted on the document information page

Step 2 – Comment Stage

- Public Comments accepted on First Draft (10 weeks) following posting of First Draft Report
- If Standard does not receive Public Comments and the Technical Committee chooses not to hold a Second Draft meeting, the Standard becomes a Consent Standard and is sent directly to the Standards Council for issuance (see Step 4) or
- Technical Committee holds Second Draft Meeting (21 weeks); Technical Committee(s) with Correlating Committee (7 weeks)
- Technical Committee ballots on Second Draft (11 weeks); Technical Committee(s) with Correlating Committee (10 weeks)
- Correlating Committee Second Draft Meeting (9 weeks)
- Correlating Committee ballots on Second Draft (8 weeks)
- Second Draft Report posted on the document information page

Step 3 – NFPA Technical Meeting

- Notice of Intent to Make a Motion (NITMAM) accepted (5 weeks) following the posting of Second Draft Report
- NITMAMs are reviewed and valid motions are certified by the Motions Committee for presentation at the NFPA Technical Meeting
- NFPA membership meets each June at the NFPA Technical Meeting to act on Standards with "Certified Amending Motions" (certified NITMAMs)
- Committee(s) vote on any successful amendments to the Technical Committee Reports made by the NFPA membership at the NFPA Technical Meeting

Step 4 – Council Appeals and Issuance of Standard

- Notification of intent to file an appeal to the Standards Council on Technical Meeting action must be filed within 20 days of the NFPA Technical Meeting
- Standards Council decides, based on all evidence, whether to issue the standard or to take other action

Notes:

1. Time periods are approximate; refer to published schedules for actual dates.
2. Annual revision cycle documents with certified amending motions take approximately 101 weeks to complete.
3. Fall revision cycle documents receiving certified amending motions take approximately 141 weeks to complete.

Committee Membership Classifications[1,2,3,4]

The following classifications apply to Committee members and represent their principal interest in the activity of the Committee.

1. M *Manufacturer:* A representative of a maker or marketer of a product, assembly, or system, or portion thereof, that is affected by the standard.
2. U *User:* A representative of an entity that is subject to the provisions of the standard or that voluntarily uses the standard.
3. IM *Installer/Maintainer:* A representative of an entity that is in the business of installing or maintaining a product, assembly, or system affected by the standard.
4. L *Labor:* A labor representative or employee concerned with safety in the workplace.
5. RT *Applied Research/Testing Laboratory:* A representative of an independent testing laboratory or independent applied research organization that promulgates and/or enforces standards.
6. E *Enforcing Authority:* A representative of an agency or an organization that promulgates and/or enforces standards.
7. I *Insurance:* A representative of an insurance company, broker, agent, bureau, or inspection agency.
8. C *Consumer:* A person who is or represents the ultimate purchaser of a product, system, or service affected by the standard, but who is not included in (2).
9. SE *Special Expert:* A person not representing (1) through (8) and who has special expertise in the scope of the standard or portion thereof.

NOTE 1: "Standard" connotes code, standard, recommended practice, or guide.

NOTE 2: A representative includes an employee.

NOTE 3: While these classifications will be used by the Standards Council to achieve a balance for Technical Committees, the Standards Council may determine that new classifications of member or unique interests need representation in order to foster the best possible Committee deliberations on any project. In this connection, the Standards Council may make such appointments as it deems appropriate in the public interest, such as the classification of "Utilities" in the National Electrical Code Committee.

NOTE 4: Representatives of subsidiaries of any group are generally considered to have the same classification as the parent organization.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Submitting Public Input / Public Comment Through the Online Submission System

Following publication of the current edition of an NFPA standard, the development of the next edition begins and the standard is open for Public Input.

Submit a Public Input

NFPA accepts Public Input on documents through our online submission system at www.nfpa.org. To use the online submission system:

- Choose a document from the List of NFPA codes & standards or filter by Development Stage for "codes accepting public input."
- Once you are on the document page, select the "Next Edition" tab.
- Choose the link "The next edition of this standard is now open for Public Input." You will be asked to sign in or create a free online account with NFPA before using this system.
- Follow the online instructions to submit your Public Input (see www.nfpa.org/publicinput for detailed instructions).
- Once a Public Input is saved or submitted in the system, it can be located on the "My Profile" page by selecting the "My Public Inputs/Comments/NITMAMs" section.

Submit a Public Comment

Once the First Draft Report becomes available there is a Public Comment period. Any objections or further related changes to the content of the First Draft must be submitted at the Comment Stage. To submit a Public Comment follow the same steps as previously explained for the submission of Public Input.

Other Resources Available on the Document Information Pages

Header: View document title and scope, access to our codes and standards or NFCSS subscription, and sign up to receive email alerts.



Research current and previous edition information.



Follow the committee's progress in the processing of a standard in its next revision cycle.



View current committee rosters or apply to a committee.



For members, officials, and AHJs to submit standards questions to NFPA staff. Our Technical Questions Service provides a convenient way to receive timely and consistent technical assistance when you need to know more about NFPA standards relevant to your work.



Provides links to available articles and research and statistical reports related to our standards.



Discover and purchase the latest products and training.



View related publications, training, and other resources available for purchase.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA

Information on the NFPA Standards Development Process

I. Applicable Regulations. The primary rules governing the processing of NFPA standards (codes, standards, recommended practices, and guides) are the NFPA *Regulations Governing the Development of NFPA Standards (Regs)*. Other applicable rules include NFPA *Bylaws*, NFPA *Technical Meeting Convention Rules*, NFPA *Guide for the Conduct of Participants in the NFPA Standards Development Process*, and the NFPA *Regulations Governing Petitions to the Board of Directors from Decisions of the Standards Council*. Most of these rules and regulations are contained in the *NFPA Standards Directory*. For copies of the *Directory*, contact Codes and Standards Administration at NFPA headquarters; all these documents are also available on the NFPA website at "www.nfpa.org/regs."

The following is general information on the NFPA process. All participants, however, should refer to the actual rules and regulations for a full understanding of this process and for the criteria that govern participation.

II. Technical Committee Report. The Technical Committee Report is defined as "the Report of the responsible Committee(s), in accordance with the Regulations, in preparation of a new or revised NFPA Standard." The Technical Committee Report is in two parts and consists of the First Draft Report and the Second Draft Report. (See *Regs* at Section 1.4.)

III. Step 1: First Draft Report. The First Draft Report is defined as "Part one of the Technical Committee Report, which documents the Input Stage." The First Draft Report consists of the First Draft, Public Input, Committee Input, Committee and Correlating Committee Statements, Correlating Notes, and Ballot Statements. (See *Regs* at 4.2.5.2 and Section 4.3.) Any objection to an action in the First Draft Report must be raised through the filing of an appropriate Comment for consideration in the Second Draft Report or the objection will be considered resolved. [See *Regs* at 4.3.1(b).]

IV. Step 2: Second Draft Report. The Second Draft Report is defined as "Part two of the Technical Committee Report, which documents the Comment Stage." The Second Draft Report consists of the Second Draft, Public Comments with corresponding Committee Actions and Committee Statements, Correlating Notes and their respective Committee Statements, Committee Comments, Correlating Revisions, and Ballot Statements. (See *Regs* at 4.2.5.2 and Section 4.4.) The First Draft Report and the Second Draft Report together constitute the Technical Committee Report. Any outstanding objection following the Second Draft Report must be raised through an appropriate Amending Motion at the NFPA Technical Meeting or the objection will be considered resolved. [See *Regs* at 4.4.1(b).]

V. Step 3a: Action at NFPA Technical Meeting. Following the publication of the Second Draft Report, there is a period during which those wishing to make proper Amending Motions on the Technical Committee Reports must signal their intention by submitting a Notice of Intent to Make a Motion (NITMAM). (See *Regs* at 4.5.2.) Standards that receive notice of proper Amending Motions (Certified Amending Motions) will be presented for action at the annual June NFPA Technical Meeting. At the meeting, the NFPA membership can consider and act on these Certified Amending Motions as well as Follow-up Amending Motions, that is, motions that become necessary as a result of a previous successful Amending Motion. (See 4.5.3.2 through 4.5.3.6 and Table 1, Columns 1-3 of *Regs* for a summary of the available Amending Motions and who may make them.) Any outstanding objection following action at an NFPA Technical Meeting (and any further Technical Committee consideration following successful Amending Motions, see *Regs* at 4.5.3.7 through 4.6.5) must be raised through an appeal to the Standards Council or it will be considered to be resolved.

VI. Step 3b: Documents Forwarded Directly to the Council. Where no NITMAM is received and certified in accordance with the *Technical Meeting Convention Rules*, the standard is forwarded directly to the Standards Council for action on issuance. Objections are deemed to be resolved for these documents. (See *Regs* at 4.5.2.5.)

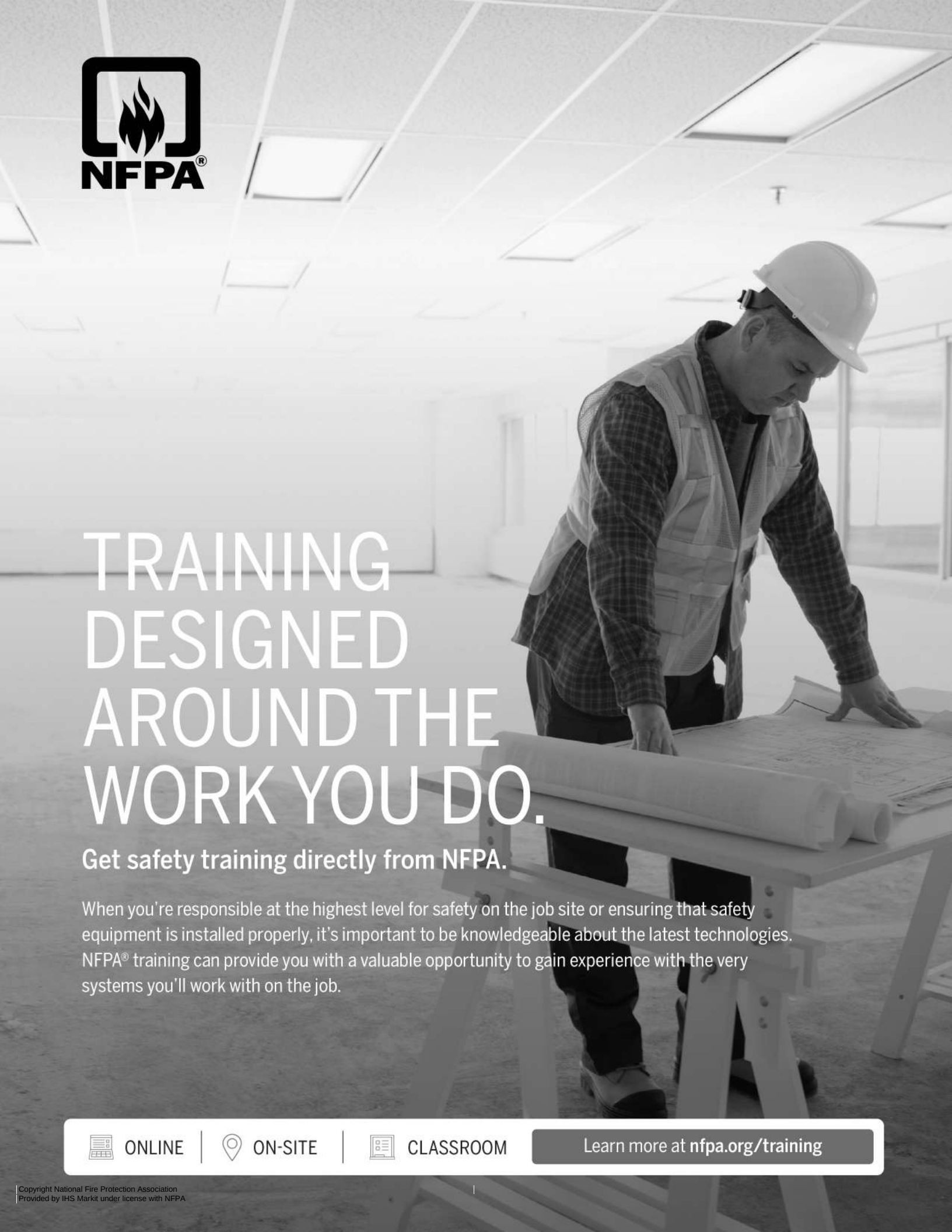
VII. Step 4a: Council Appeals. Anyone can appeal to the Standards Council concerning procedural or substantive matters related to the development, content, or issuance of any document of the NFPA or on matters within the purview of the authority of the Council, as established by the *Bylaws* and as determined by the Board of Directors. Such appeals must be in written form and filed with the Secretary of the Standards Council (see *Regs* at Section 1.6). Time constraints for filing an appeal must be in accordance with 1.6.2 of the *Regs*. Objections are deemed to be resolved if not pursued at this level.

VIII. Step 4b: Document Issuance. The Standards Council is the issuer of all documents (see Article 8 of *Bylaws*). The Council acts on the issuance of a document presented for action at an NFPA Technical Meeting within 75 days from the date of the recommendation from the NFPA Technical Meeting, unless this period is extended by the Council (see *Regs* at 4.7.2). For documents forwarded directly to the Standards Council, the Council acts on the issuance of the document at its next scheduled meeting, or at such other meeting as the Council may determine (see *Regs* at 4.5.2.5 and 4.7.4).

IX. Petitions to the Board of Directors. The Standards Council has been delegated the responsibility for the administration of the codes and standards development process and the issuance of documents. However, where extraordinary circumstances requiring the intervention of the Board of Directors exist, the Board of Directors may take any action necessary to fulfill its obligations to preserve the integrity of the codes and standards development process and to protect the interests of the NFPA. The rules for petitioning the Board of Directors can be found in the *Regulations Governing Petitions to the Board of Directors from Decisions of the Standards Council* and in Section 1.7 of the *Regs*.

X. For More Information. The program for the NFPA Technical Meeting (as well as the NFPA website as information becomes available) should be consulted for the date on which each report scheduled for consideration at the meeting will be presented. To view the First Draft Report and Second Draft Report as well as information on NFPA rules and for up-to-date information on schedules and deadlines for processing NFPA documents, check the NFPA website (www.nfpa.org/docinfo) or contact NFPA Codes & Standards Administration at (617) 984-7246.

Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA



Copyright National Fire Protection Association
Provided by IHS Markit under license with NFPA