



VOLUME

VII

Fenomenologia da combustão e extintores

António Matos Guerra, José Augusto Coelho e Ruben Elvas Leitão

2.^a edição, revista e actualizada

Escola Nacional de Bombeiros

SINTRA - 2006



Fenomenologia da Combustão e extintores

Ficha Técnica

Título

Fenomenologia da combustão e extintores
(vol. VII)

Colecção

Manual de Formação Inicial do Bombeiro

Edição

Escola Nacional de Bombeiros
Quinta do Anjinho – Ranholas
2710-460 Sintra
Telef.: 219 239 040
Fax: 219 106 250
E.mail: edicao@enb.pt

Texto

António Matos Guerra, José Augusto Coelho e Ruben Elvas Leitão

Comissão de Revisão Técnica e Pedagógica

Carlos Ferreira de Castro
J. Barreira Abrantes
Luis Abreu
Sónia Rufino

Ilustração

Osvaldo Medina
Ricardo Blanco

Fotografia

LPG
Rogério Oliveira
Victor Hugo

Grafismo e maquetização

Victor Hugo Fernandes

Impressão

Gráfica Europam, Lda.

ISBN: 972-8792-23-9
Depósito Legal n.º 174177/01
1.ª edição: Março de 2003
2.ª edição: Janeiro de 2006
Tiragem: 3.000 exemplares
Preço de capa: € 10,00 (pvp)
€ 5,00 (bombeiros)

Prefácio

O volume VII aborda um fenómeno que é transversal a uma significativa parte da actividade dos bombeiros, isto é, a combustão.

A correcta compreensão da fenomenologia da combustão constitui um importante instrumento na aquisição de um adequado suporte teórico das técnicas a adoptar para a extinção dos incêndios. Por isso, esta edição percorre um itinerário de conhecimento que parte da especificação da constituição da matéria e das suas propriedades, identifica o desenvolvimento e progressão de um incêndio e analisa os métodos de extinção e os agentes extintores.

O trabalho inclui, ainda, matéria sobre a classificação, características e funcionamento dos extintores, bem como a actuação com os mesmos.

Com este volume prossegue a construção do «edifício» pedagógico e didáctico da formação de base do bombeiro, consubstanciada na edição do Manual de Formação Inicial do Bombeiro.

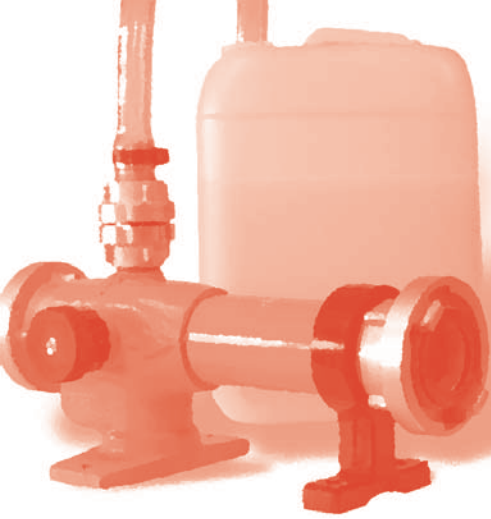
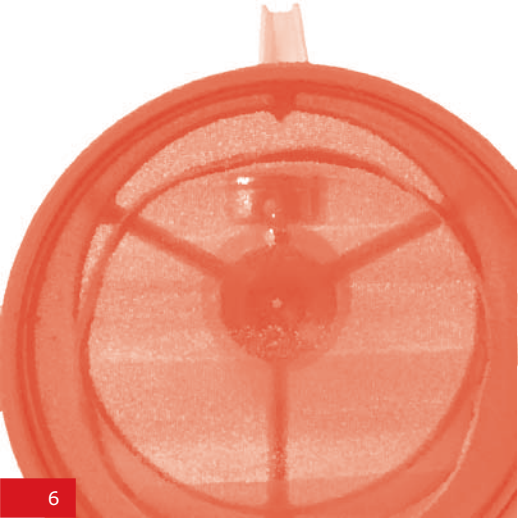
Duarte Caldeira

Presidente da direcção da E.N.B.



Sumário

- 1 Introdução 9
- 2 Constituição da matéria e suas propriedades 10
- 3 Início e propagação do fogo 13
- 4 Aspectos gerais da combustão 24
- 5 Desenvolvimento e progressão de um incêndio 30
- 6 Métodos de extinção 36
- 7 Agentes extintores 41
- 8 Classificação dos extintores 63
- 9 Características e modo de funcionamento dos extintores 67
- 10 Actuação com extintores 73
- Bibliografia - Glossário - Índices 89





VOLUME

VII

Fenomenologia da combustão e extintores

7

Siglas

AFFF	Agente formador de filme flutuante
EN	Norma Europeia
LII	Limite inferior de inflamabilidade
LSI	Limite superior de inflamabilidade
NFPA	<i>National Fire Protection Association</i>
NP	Norma Portuguesa
ppm	Parte por milhão
PVC	Cloreto de polivinilo



1 Introdução

O objectivo da disciplina de Fenomenologia da Combustão e Extintores é a compreensão dos fundamentos do fenómeno designado por «fogo», para permitir uma mais eficaz prevenção e extinção dos incêndios.

É também objectivo desta disciplina o conhecimento da classificação, características, modo de funcionamento e actuação com os extintores de incêndio utilizados pelos bombeiros.

Para se entenderem os aspectos teóricos relacionados com o fogo, têm que se ter presentes alguns conhecimentos básicos sobre a estrutura da matéria que forma o nosso universo.

O fogo é uma combustão. Esta é uma reacção química particular acompanhada pela libertação de calor, isto é, uma reacção **exotérmica**. Este fenómeno de elevada complexidade apresenta, por vezes, dificuldades no estabelecimento de regras de aplicação universal. A matéria, na natureza, apresenta-se nas mais diversas formas e variações, aparentemente insignificantes, que podem influenciar por completo a forma como uma combustão decorre, assim como o procedimento mais correcto para a sua extinção.

Uma substância que não apresente risco apreciável pode, misturada com outra, aumentar dramaticamente esse mesmo risco. Os produtos resultantes da própria combustão têm propriedades químicas muito diferenciadas, podendo alguns provocar a morte em poucos minutos ou apresentar um risco reduzido como, por exemplo, a libertação de gases mais ou menos tóxicos. Assim, o conhecimento da natureza química das matérias envolvidas numa combustão é de importância fundamental.

Neste volume abordar-se-ão apenas os conceitos básicos desta matéria, pretendendo-se, no entanto, realçar os aspectos mais científicos que permitam uma melhor interpretação e aprendizagem do fenómeno do fogo, de forma a otimizar a sua prevenção e combate.

A conjugação dos conhecimentos teóricos adquiridos e a prática na vida real ajudam a exercer eficientemente não só o combate mas sobretudo como evitar a eclosão de um incêndio.

2 Constituição da matéria e suas propriedades

2.1. Átomos e moléculas

Toda a combustão se baseia na constituição física e química da matéria que, independentemente da sua natureza, é constituída por partículas muito pequenas, designadas por **átomos**. Estas partículas são tão pequenas que só podem ser visualizadas através de técnicas especialmente desenvolvidas para o efeito, já que as suas dimensões são da ordem de 0,000 000 000 1 cm.

A cada espécie de átomo existente na natureza foi atribuído um nome ou símbolo químico utilizando, a maior parte das vezes, uma ou várias letras das iniciais do nome, derivado do latim. Assim, por exemplo «O» para o oxigénio (oxygenium), «C» para o carbono (carboneum) e «Au» para o ouro (aurum).

Um átomo é constituído, basicamente, por um núcleo composto por dois tipos de partículas – os **protões** (cargas positivas) e os **neutrões** – em torno do qual se movimentam os **electrões** (cargas negativas). Os neutrões (cargas neutras) tem a função de, no núcleo, impedirem os protões de se repelirem mutuamente destruindo a estrutura estabelecida. A matéria, tal como se conhece, nasceu das diferentes combinações deste tipo de partículas.

Em geral, os átomos existem, numa forma mais estável, em associação ligando-se entre si para constituírem as **moléculas** (fig. 1).

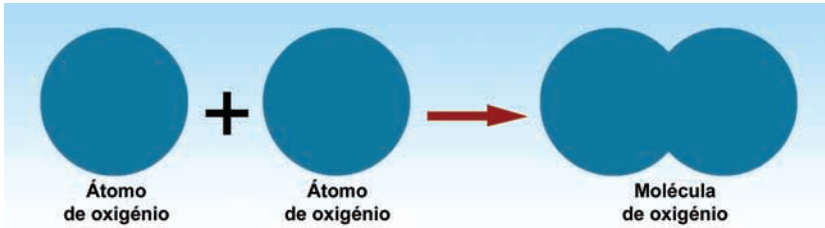


Fig. 1 Formação de uma molécula de oxigénio (O_2) a partir de dois átomos.

De uma forma muito simples, a formação das moléculas resulta da atracção mútua de duas cargas eléctricas com polaridade diferente, em determinadas condições (cargas de sinal diferente atraem-se, cargas com o mesmo sinal repelem-se).

Assim, quando dois ou mais átomos chocam (normalmente as partículas são atiradas umas contra as outras pelo aumento da temperatura ou da pressão ou de ambas) podem reagir entre si. Desse modo dão origem a moléculas de átomos idênticos, como o oxigénio (O_2), ou a novas substâncias com propriedades completamente distintas das originais, se os átomos associados forem diferentes. Um exemplo deste último caso é a formação de uma molécula de água no estado líquido a partir de um átomo de oxigénio mais dois átomos de hidrogénio, ambos no estado gasoso (fig. 2).



Fig. 2 Formação de uma molécula de água (H_2O) a partir de um átomo de oxigénio e dois de hidrogénio.

2.2. Estados físicos da matéria

As diferentes forças de ligação entre os átomos dão origem aos três estados da matéria: sólido, líquido e gasoso.

No caso dos sólidos, as partículas que os formam estão muito próximas umas das outras (estão muito ligadas) e, por isso, os corpos sólidos, como a madeira, carvão, cortiça e plásticos, apresentam as seguintes características:

- Têm forma fixa;
- Não são, em geral, compressíveis (há tão pouco espaço entre os seus constituintes que é muito difícil aproximá-los mais uns dos outros).

Nos líquidos, as moléculas já estão mais afastadas umas das outras e, se bem que muitos deles se evaporem, pode-se contê-los em recipientes abertos durante algum tempo ou transvasá-los mantendo o volume constante. São exemplos: a água, a gasolina, o gasóleo e o petróleo.

Resumindo, os líquidos:

- Não têm forma;
- Já são compressíveis, ainda que pouco, pois há mais espaço entre os seus constituintes o que possibilita que as moléculas se aproximem umas das outras (ainda que com alguma dificuldade).

Os gases, como o ar, não têm forma. Tal significa que as partículas que o constituem estão pouco ligadas umas às outras, ocupando todo o volume disponível. Pode-se, por isso, comprimi-lo facilmente (daí o uso com frequência do ar comprimido).

Outros exemplos de gases são o hidrogénio, azoto, butano e propano, apresentando todos eles características comuns:

- Não têm forma;
- São facilmente compressíveis (há tanto espaço entre os seus constituintes que pode obrigar-se as moléculas a aproximarem-se umas das outras).

3 Início e propagação do fogo

3.1. O que é o fogo?

O fogo, como foi referido anteriormente, é uma reacção química designada por combustão (oxidação), acompanhada pela libertação de calor. Esta libertação de calor pode ser lenta, como no caso da formação da ferrugem, ou rápida com a produção de chamas, como quando se acende o bico de gás de um fogão.

Na linguagem corrente, diz-se que se vê madeira, petróleo ou propano a arder. Sabe-se, no entanto, que no caso destes combustíveis, ditos orgânicos (porque são compostos que contêm um elemento que se designa por carbono «C») só os gases ou os vapores ardem! Isto significa que no caso da madeira e do petróleo o aquecimento leva à libertação de vapores que podem entrar em combustão.

Como se verá adiante, os combustíveis sólidos comuns e os líquidos serão tanto mais perigosos quanto mais baixa a temperatura a que libertarem vapores que possam entrar em combustão.

Apesar do que se afirmou acerca dos compostos orgânicos, o carbono em si (sob a forma de carvão mineral ou vegetal, por exemplo) é uma excepção, uma vez que a combustão deste se processa através de uma reacção superficial com o oxigénio – a incandescência. Da combustão destes compostos orgânicos liberta-se, entre outros, um gás designado por monóxido de carbono (CO) que é, por sua vez, combustível e pode arder posteriormente com chama.

Os metais são também combustíveis e alguns ardem no estado sólido, isto é, por incandescência (silício, titânio, boro e zircónio) e outros (potássio, sódio, magnésio, lítio, cálcio e alumínio) ardem na fase gasosa, isto é, após a vaporização.

As chamas, que resultam dos gases libertados do combustível em mistura com o comburente, e a incandescência, que é a combustão na superfície dos corpos sólidos (brasas), que pode surgir também quando o combustível já não liberta gases, constituem formas diferentes de combustão.

Assim, a combustão não pode existir sem o combustível, mas também sem um segundo componente – o comburente.

O melhor exemplo de comburente, responsável por 99,9 % de todas as combustões é o oxigénio, contido no ar que respiramos. Este é constituído, aproximadamente, por 78 % de azoto, 21 % de oxigénio e 1 % de outros gases.

Em resumo, pode afirmar-se o seguinte:

- **Combustível:** substância que reage no seio de um gás;
- **Comburente:** corpo gasoso ou atmosfera que envolve o combustível e que com ele reage na combustão.

3.2. Triângulo do fogo

A experiência mostra que, em geral, não basta misturar o **combustível** com o **comburente** para que se verifique a combustão. É necessária uma fonte de energia que possa iniciar (activar) o processo, isto é, necessita-se de uma **energia de activação**. Só pela junção destes três factores tem origem a combustão. Fala-se então do **triângulo do fogo** (fig. 3).



Fig. 3 Triângulo do fogo.

3.3. Tetraedro do fogo

A acção conjunta dos três elementos do triângulo de fogo, necessária para se iniciar uma combustão, pode não ser suficiente para a manter.

Para garantir a combustão contínua tem que se introduzir um quarto elemento – a **reação em cadeia**. Com efeito, no decurso da reacção química formam-se os chamados «radicais livres», resultantes da decomposição das moléculas nos átomos que lhes deram origem.

Estes radicais livres, gerados a partir das moléculas que participam na reacção de combustão, contêm energia elevada e reagem rapidamente com outras moléculas, formando mais radicais livres (existem ao nível das zonas intermediárias das chamas) expandindo, deste modo, a combustão no tempo e no espaço.

Por exemplo, na combustão do hidrogénio as moléculas deste, por acção do calor dividem-se, originando radicais livres de hidrogénio (H°) que, por sua vez, se combinam com uma molécula de oxigénio, originando outro radical livre (OH°), propagando-se desta forma a reacção.

Podemos então dizer que se formou o **tetraedro do fogo** (*tetra* = quatro + *edro* = face), representado na figura 4.

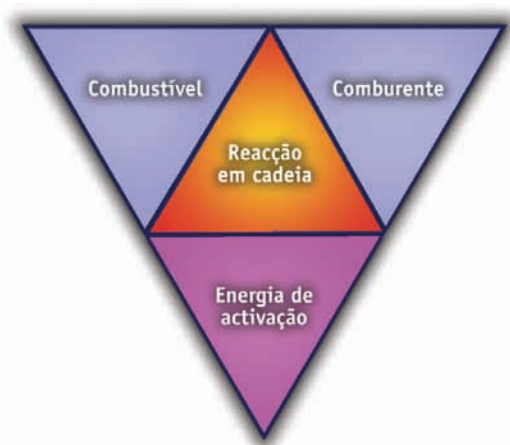


Fig. 4 Tetraedro do fogo.

A contribuição e características destes factores irão influenciar a combustão de forma diversa dependendo das características associadas ao combustível, ao comburente, à energia de activação e à própria formação de radicais livres, que serão analisados nos pontos seguintes.

3.4. Fontes de energia de activação

A energia, normalmente na forma de calor, necessária para iniciar o processo da combustão designa-se por **energia de activação**. Esta pode ter origem numa variedade apreciável de fontes conforme se apresenta no Quadro I.

QUADRO I
PRINCIPAIS FONTES DE ENERGIA DE ACTIVACÃO

Tipo de Fonte	Origem	Exemplos
Eléctrica	Resistência Arco voltaico (faísca) Electricidade estática	Aquecedor eléctrico Cabo de alta tensão quebrado em contacto com o solo Descarga entre um extintor e a terra após o esvaziamento rápido do extintor
Mecânica	Fricção Compressão	Contacto não lubrificado entre duas peças metálicas em movimento Compressão de um gás num cilindro
Térmica	Superfícies quentes Radiação	Placa de um fogão Exposição intensa e continuada ao Sol que provoca a libertação de vapores combustíveis pela madeira
Química		Limalha de ferro + óleo Algodão + óleo

3.5. Comburentes

O comburente que participa na grande maioria das combustões é, como se disse, o oxigénio do ar.

A percentagem de ar na mistura combustível é também um factor importante. Para certos combustíveis, uma atmosfera com menos de 15% de oxigénio já não alimenta uma combustão. No entanto, há outros combustíveis para os quais a combustão se extingue apenas para concentrações de oxigénio inferiores a 10%. Os combustíveis sólidos podem continuar a combustão, sem emissão de chama, numa atmosfera com apenas 6% de oxigénio e há substâncias que libertam oxigénio ao arder, tais como a celulose e compostos dela derivados, a pólvora, os nitratos, os cromatos e os materiais pirotécnicos, entre outros. Verifica-se, assim, que a percentagem de oxigénio mínima para que se mantenha a combustão depende do combustível em questão.

Para além do oxigénio, há outros gases que podem comportar-se como comburentes para determinados combustíveis. Assim, o hidrogénio arde no seio do cloro, os metais leves (lítio, sódio, potássio, magnésio, etc.) ardem no seio do vapor de água e o cobre arde no seio de vapor de enxofre. O magnésio e o titânio, em particular, e se finamente divididos, podem arder ainda em atmosfera de gases normalmente inertes, como o dióxido de carbono e o azoto.

Pelos exemplos expostos é, pois, fácil de reconhecer a complexidade e variedade de situações passíveis de se verificarem num incêndio, uma vez que substâncias, normalmente consideradas como agentes extintores, podem elas próprias permitir o início ou a intensificação de uma combustão.

3.6. Combustíveis

Os combustíveis apresentam-se nos três estados da matéria, pelo que as suas propriedades físico-químicas são também muito diferentes, dificultando o estabelecimento de regras de uma forma absoluta.

Contudo, algumas das características podem ser sistematizadas e estudadas, de que são exemplo as seguintes:

- Condutividade térmica;
- Estado de divisão;
- Densidade;
- Miscibilidade (líquidos);
- Temperaturas características;
- Tendência para libertar vapores (líquidos).

3.6.1. Condutividade térmica

A condutividade térmica está directamente relacionada com a capacidade de uma substância conduzir calor. Assim, as substâncias pouco condutoras de calor ardem mais facilmente que as boas condutoras. Por exemplo, a madeira arde muito mais facilmente que o ferro. Este facto deve-se à acumulação de calor numa pequena zona no caso de materiais pouco condutores. A temperatura nesse local eleva-se de tal forma que se libertam vapores combustíveis, os quais, na presença de mais calor (energia de activação), podem inflamar-se. No caso dos bons condutores, o calor distribui-se por toda a massa fazendo com que a temperatura se eleve lentamente.

3.6.2. Estado de divisão

O estado de divisão do combustível influencia a capacidade que um corpo tem de arder. Como exemplo, considere-se o petróleo que à temperatura ambiente não é inflamável, isto é, chegando a chama de um fósforo à superfície deste líquido não se verifica a combustão. No entanto, se for disperso mecanicamente (em *spray*), em direcção a uma fonte de calor, observa-se a sua inflamação imediata.

3.6.3. Densidade

A densidade do combustível antes da vaporização (tratando-se de um sólido ou de um líquido) ou a densidade do próprio vapor é outra característica

a conhecer. Esta propriedade pode ser definida pelo quociente entre a massa de uma determinada quantidade de substância e o volume que ela ocupa⁽¹⁾.

Definida desta forma, a densidade tem como unidade mais usual, no caso de líquidos, $\text{g}/\text{m}\ell$. Por exemplo, a água no estado líquido a $25\text{ }^\circ\text{C}$ tem uma densidade aproximada de $1\text{ g}/\text{m}\ell$ e, por isso, sabe-se que 1 g de água ocupa 1 mL ou, o que é o mesmo, que 1 kg de água ocupa o volume de 1ℓ .

Ao afirmar-se que a gasolina é menos densa que a água, significa que 1 kg de gasolina ocupa um volume maior do que 1ℓ . Por outro lado, a gasolina não é miscível com a água e flutua à sua superfície. Isto significa que, em caso de incêndio, o uso da água para tentar extinguir a combustão deste líquido pode levar à sua propagação.

Da mesma forma, a densidade dos vapores combustíveis em relação ao ar origina situações diferentes. Considerando, uma vez mais, o exemplo da gasolina, cujo vapor é mais denso que o ar e, por isso, se propaga facilmente junto ao solo. Uma vez que não se dissipa na atmosfera é também um veículo para levar a combustão a outros pontos. Já o gás natural é menos denso que o ar e, por isso, em ambiente aberto dissipa-se facilmente para a atmosfera.

3.6.4. Miscibilidade

A miscibilidade dos combustíveis deverá ser igualmente considerada, uma vez que da mistura de dois combustíveis, sendo um muito inflamável (gasolina) e outro apenas inflamável (petróleo), resulta um líquido que pode passar a libertar quantidades importantes de vapor a baixas temperaturas aumentando, deste modo, o risco de incêndio.

3.6.5. Temperaturas características

As temperaturas características de um combustível encontram-se directamente ligadas com a presença de uma fonte de calor, que pode

⁽¹⁾ Trata-se da densidade mássica ou densidade específica.

aumentar a temperatura do combustível desde um valor mais baixo até um mais elevado, com a seguinte classificação:

- **Temperatura de inflamação** – temperatura mínima à qual uma substância é capaz de emitir vapores combustíveis em quantidade suficiente para formar com o comburente uma mistura que, por acção de uma fonte de energia, se pode inflamar, extinguindo-se a combustão de seguida devido à emissão de vapores em quantidade insuficiente;
- **Temperatura de combustão** – temperatura mínima à qual uma substância emite vapores combustíveis em quantidade suficiente para que, em contacto com o comburente, se possam inflamar por acção de uma fonte de energia exterior e arder continuamente;
- **Temperatura de ignição** – temperatura mínima à qual os vapores libertados por um combustível se auto-inflamam (combustão espontânea) sem a presença de uma fonte da energia exterior.

No Quadro II apresentam-se alguns exemplos de combustíveis com as suas diferentes temperaturas características.

QUADRO II
TEMPERATURAS CARACTERÍSTICAS
DE ALGUNS COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS, LÍQUIDOS E GASOSOS

Substância	Temperatura de inflamação (°C)	Temperatura de combustão (°C)	Temperatura de ignição (°C)
Pinho	225	265	280
Madeira dura	≈245	≈270	≈290
Papel	230	—	230
Polietileno	340	—	350
Gasolina	-40	-20	227
Gasóleo	90	104	330
Petróleo	30	43	250 a 450
Óleo lubrificante	157	177	230
Etanol	13	—	370
Butano	-60	—	430
Etileno	—	—	490 a 540

3.6.6. Tendência para libertar vapores (combustíveis líquidos)

Uma outra propriedade com interesse neste contexto é a tendência que um combustível líquido tem para libertar vapores combustíveis. Com base neste critério, existem diferentes classificações consoante o país considerado. A norma portuguesa NP-1936 (1983) classifica os combustíveis líquidos quanto ao risco de incêndio, em três categorias:

- **1.^a categoria** – quando o ponto ou temperatura de inflamação (T_i) é inferior a 21 °C. Isto significa que estas substâncias libertam vapores à temperatura ambiente;
- **2.^a categoria** – se o ponto ou temperatura de inflamação é igual ou superior a 21 e inferior a 55 °C. Estes líquidos libertam gases ou vapores em locais não protegidos;
- **3.^a categoria** – o ponto de inflamação é igual ou superior a 55 °C e, por isso, só libertam vapores quando sujeitos à acção de uma fonte de calor.

O Quadro III apresenta exemplos de combustíveis dos vários grupos.

QUADRO III
TEMPERATURAS DE INFLAMAÇÃO
CARACTERÍSTICAS DE VÁRIOS COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS

Categoria	Combustível	T_i (°C)
1. ^a categoria	Éter de petróleo	-45
	Gasolina	-45 a -20
	Acetona	-12
	Benzeno	-11
	Álcool a 80°	10
2. ^a categoria	Aguarrás	34
	Aguardente	36 a 54
	Petróleo	45 a 48
3. ^a categoria	Gasóleo	65 a 72
	Óleo de travões	82 a 118
	Óleos lubrificantes	175 a 220

3.7. Limites de inflamabilidade

A **percentagem de vapores** de combustível é outro dos factores a considerar, já que a mistura do combustível com o comburente não pode conter demasiado combustível (mistura rica) nem uma quantidade insuficiente (mistura pobre). Definem-se então, para cada combustível, os limites de inflamabilidade, que delimitam o campo de inflamabilidade (fig. 5), dentro dos quais é possível o início da combustão de acordo com a norma portuguesa NP-3874-1 (1995):

- **LII – Limite Inferior de Inflamabilidade** – corresponde à percentagem mínima de combustível gasoso que, misturado com o ar, permite a combustão, não sendo a mesma possível abaixo deste limite (mistura pobre).
- **LSI – Limite Superior de Inflamabilidade** – corresponde à percentagem máxima de combustível gasoso que, misturado com o ar, permite a combustão, não sendo a mesma possível acima deste limite (mistura rica).

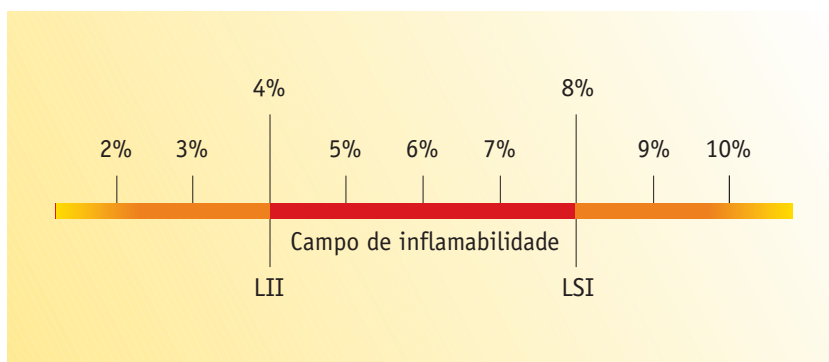


Fig. 5 Exemplo de campo de inflamabilidade de um combustível.

O campo de inflamabilidade varia de substância para substância, como se pode ver pelos exemplos do Quadro IV.

QUADRO IV
CAMPO DE INFLAMABILIDADE DE VÁRIOS COMBUSTÍVEIS

Combustível	Campo de Inflamabilidade	
	LII (%)	LSI (%)
Hidrogénio	4,0	75,0
Monóxido de Carbono	12,5	74,0
Propano	2,1	9,5
Acetileno	2,5	82,0
Gasolina (vapor)	1,4	7,6
Éter (vapor)	1,7	48,0
Álcool (vapor)	3,3	19,0

3.8. Classes de fogos

A grande diversidade de combustíveis, em especial o seu estado físico e a forma diferente como reagem perante um determinado agente extintor, levou à divisão dos fogos em classes para que a sua extinção possa ser feita da forma mais eficaz. A NP EN2 (1993) define as seguintes classes de fogos, de acordo com a natureza do combustível:

- **Classe A** – fogos de materiais sólidos, em geral de natureza orgânica, em que a combustão se faz, normalmente, com formação de brasas. São exemplo, a madeira, o carvão, o papel, os tecidos, os plásticos comuns e a palha;
- **Classe B** – fogos de líquidos ou sólidos liquidificáveis. As gasolinas, o álcool, os petróleos, o alcatrão, a cera, a parafina, são exemplos desta classe de fogos;
- **Classe C** – fogos de gases, tais como o metano, propano, butano, gás natural, acetileno e hidrogénio, entre outros;
- **Classe D** – fogos envolvendo metais, tais como os metais leves (lítio, sódio, potássio, magnésio, alumínio), certas ligas e, ainda, o titânio.

4.1. Velocidade de combustão

A velocidade a que decorre uma combustão depende de vários factores. Em particular, será tanto mais rápida quanto maior for:

- O grau de divisão do combustível;
- A inflamabilidade do combustível;
- A superfície do combustível, em especial no que diz respeito à superfície exposta directamente ao comburente;
- O grau de renovação ou alimentação de comburente.

Em relação à velocidade, a combustão é classificada de quatro formas, cujas características mais importantes são as seguintes:

- **Lenta** – quando se produz a uma temperatura suficientemente baixa, isto é, inferior a 500 °C, não havendo, regra geral, emissão de luz. A oxidação de um metal (ferro, cobre, zinco, etc.) em contacto com o ar húmido é um exemplo deste tipo de combustão.
- **Viva** – é aquela em que se produz luz e, vulgarmente, designa-se por fogo. Neste caso, devido à mistura dos gases inflamados com o ar forma-se a chama. No caso dos sólidos, cuja combustão decorre à superfície, verifica-se a incandescência a partir da sua ignição e também através da formação de brasas. Estas surgem quando o combustível já não liberta gases suficientes para provocar chama. A combustão do carvão ilustra estes aspectos.
- **Deflagração** – combustão muito rápida cuja propagação se dá a uma velocidade inferior à do som no ar (340 m/s).
- **Explosão** – combustão resultado da mistura de gases ou partículas finamente divididas com o ar numa percentagem bem determinada – mistura explosiva ou detonante – propagando-se a uma velocidade superior a 340 m/s. Neste caso, a mistura tem de ocupar todo o espaço onde está contida e, no momento da explosão, provoca uma elevação de temperatura ou de pressão ou de ambas, simultaneamente, sobre todo o espaço confinante.

4.2. Propagação da energia da combustão

A propagação da combustão deve-se, essencialmente, ao facto da energia libertada se propagar e criar condições para que uma maior quantidade de combustível entre em combustão.

É esta transferência de energia que constitui o factor de maior relevo na forma como um incêndio se propaga.

São as seguintes, as formas como a energia resultante da combustão se pode propagar:

- **Radiação** – a combustão viva, ao produzir chama, leva à emissão de energia sob a forma de radiação nomeadamente infravermelha (isto é, abaixo do vermelho) que, sendo invisível para o homem só é detectável pelos seus efeitos ou com equipamento especial. A energia transmite-se através do espaço, sem suporte material e em todas as direcções, tal como acontece com a radiação produzida pelo Sol, que se propaga até à Terra através do espaço vazio (fig. 6). A energia radiada, ao encontrar um corpo opaco, transforma-se em calor, aquecendo-o.



Fig. 6 Propagação do fogo por radiação.

Este tipo de propagação de energia é particularmente perigosa para os edifícios próximos a incêndio violento. Os edifícios expostos à radiação são designados por exposições exteriores.

- **Condução** – o calor transmite-se directamente no interior de um corpo ou através de corpos em contacto, sem deslocação de matéria, através de alterações do estado da agitação molecular. Esta transferência de energia efectua-se dos pontos em que a temperatura é mais elevada para aqueles em que a temperatura é menor (fig. 7). Esta propagação do calor será tanto mais rápida quanto melhor condutores forem os corpos envolvidos. Num edifício, a condução pode verificar-se através de paredes e estruturas metálicas (pilares e vigas), etc..

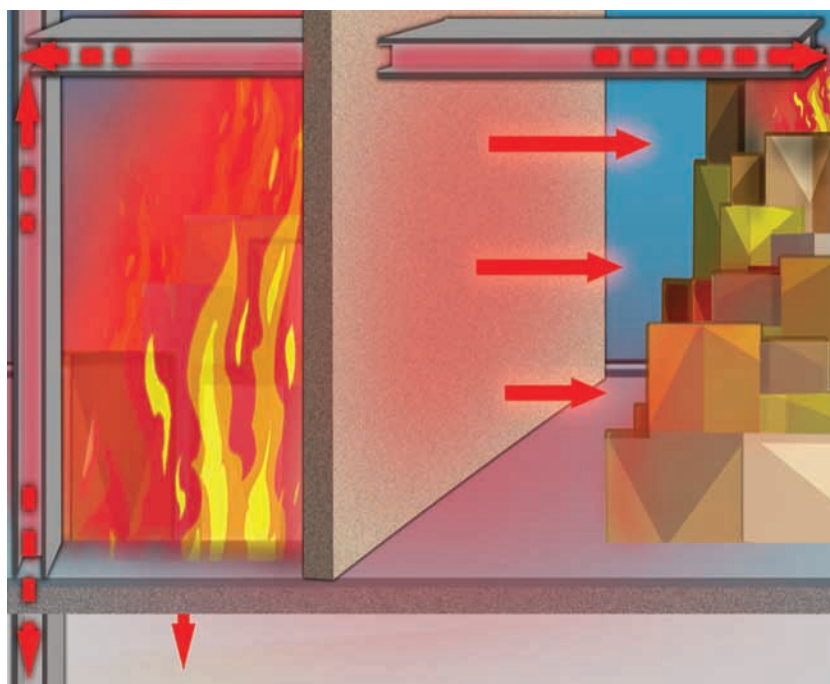


Fig. 7 Propagação do fogo por condução.

- **Convecção** – a menor densidade dos gases aquecidos provoca correntes ascendentes dos gases quentes e correntes descendentes do ar circundante, mais frio, deslocando-se desta forma a matéria aquecida para outros pontos (fig. 8). Num edifício, esta forma de propagação faz-se por todas as comunicações interiores (caixas de elevadores, corredores, coretes, condutas de ventilação) e pela fachada.



Fig. 8 Propagação do fogo por convecção.

Existe ainda outra forma de propagação de incêndios – **projectão e deslocamento de matéria inflamada**. Em consequência de dilatações bruscas dos materiais inflamados e/ou da existência de fortes correntes de ar, é frequente dar-se a projecção de partículas aquecidas ou mesmo incandes-

centes, tais como pinhas (ou pedaços), caruma, folhas, pequenos ramos, etc.. Este tipo de propagação é também possível pelo movimento de animais em chamas, faúlhas de locomotivas, artifícios pirotécnicos, etc.. Outro exemplo, são os combustíveis sólidos que fundem ou gotejam, podendo propagar a energia, através do aquecimento, a outros pontos.

4.3. Produtos da combustão

Da combustão, para além da libertação de energia, também resultam produtos como o fumo, os gases e os resíduos sólidos (por exemplo, as cinzas).

O fumo deve-se à combustão incompleta dos materiais e tem cor branca ou cinzenta pálida se houver bom acesso do comburente à mistura, e negra ou cinzenta escura quando o fogo desenvolve grande temperatura e tem falta de comburente, como é o caso da combustão de plásticos ou em espaços fechados. Por vezes, verifica-se a presença de fumo colorido, amarelo, roxo ou violeta, indicando a presença de gases fortemente tóxicos.

O conhecimento dos gases resultantes da combustão e das suas características é extremamente importante, uma vez que as estatísticas mostram que morrem mais pessoas em incêndios urbanos devido à inalação destas substâncias do que por queimaduras ou derrocadas de edifícios.

De uma forma geral, os gases que se libertam da combustão serão tanto mais perigosos quanto mais elementos entrarem na composição do combustível.

A combustão pode libertar gases tóxicos (fig. 9) como, por exemplo:

- O monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂), resultantes da matéria orgânica;
- O ácido cianídrico (HCN), proveniente de fibras acrílicas como as carpetes, poliuretanos ou nylon, que também liberta amoníaco;
- O ácido clorídrico (HCl) e fosgénio (COCl₂), resultantes da queima de materiais que possam conter cloreto de polivinilo (PVC), como certo tipo de pavimento, papel de parede em vinilo e tubagens de instalação de cabos.

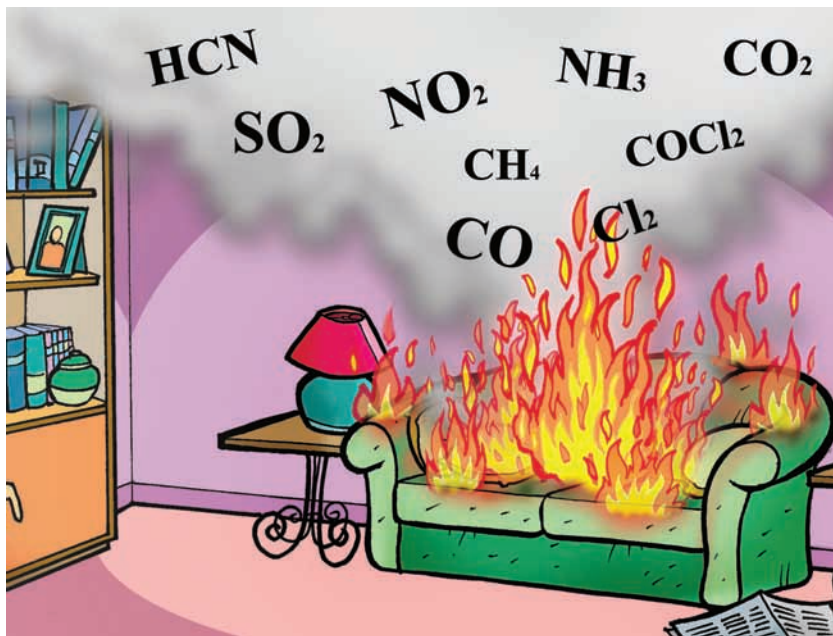


Fig. 9 Exemplo de gases libertados numa combustão.

No Quadro V apresenta-se um resumo da toxicidade de alguns dos gases libertados num processo de combustão, indicando-se as possíveis origens desses gases.

Nessa tabela apresentam-se, para diversas situações de exposição, as concentrações desses gases utilizando-se como unidade a parte por milhão (**ppm**).

Uma parte por milhão corresponde, por exemplo, a um mililitro em cada metro cúbico, pois um metro cúbico é igual a um milhão de mililitro.

$$1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ l} = 1\,000\,000 \text{ ml}$$

Em percentagem, uma ppm é equivalente a 0,0001 % do volume total, ou seja, 1% é equivalente a 10 000 ppm.

QUADRO V
TOXICIDADE, EM PPM, DE VÁRIOS GASES
DE COMBUSTÃO E SEUS PROVÁVEIS MATERIAIS DE ORIGEM

Substância	Admissível várias horas	Perigoso em meia hora	Mortal	Origem
Dióxido de carbono, CO ₂	1000 a 1500	3500 a 4000	60000 a 70000	Todos os materiais orgânicos
Monóxido de carbono, CO	100	1500 a 2000	10000	Todos os materiais orgânicos
Vapores nitrosos, NO/NO ₂	10 a 40	100 a 150	200 a 700	Celulóide e brinquedos
Ácido cianídrico, HCN	15	100	180 a 270	Lã, seda e alguns plásticos
Ácido clorídrico, HCl	10	1000 a 2000	1300 a 2000	Materiais sintéticos como o PVC
Ácido sulfídrico, H ₂ S	20	300	1000	Materiais orgânicos com enxofre
Amoníaco, NH ₃	100	500	2500 a 5000	Em sistemas de refrigeração
Cloro, Cl ₂	0,35 a 1,0	40 a 60	1000	Materiais à base de cloro (pouco significativo)
Fosgênio, COCl ₂	1,0	25	50	Materiais à base de cloro (pouco significativo)

5 Desenvolvimento e progressão de um incêndio

5.1. Fases de desenvolvimento de um incêndio

Um incêndio é uma combustão (fogo) sem controlo no espaço e no tempo.

De uma forma simples, um incêndio, abandonado a si mesmo, depois da sua fase inicial, entra em combustão livre até se verificar o decaimento das chamas.

O desenvolvimento de um incêndio depende de muitos factores de tal forma que, nos bombeiros, é usual dizer-se que não há dois incêndios iguais.

Porém, é normal sucederem-se as seguintes fases no desenvolvimento de um incêndio:

- **Fase inicial** (ou eclosão), em que a quantidade de oxigénio no ar é suficiente para um aumento gradual da temperatura da chama, ao mesmo tempo que se libertam gases como o vapor de água, dióxido de carbono, monóxido de carbono e outros referidos anteriormente (fig. 10).

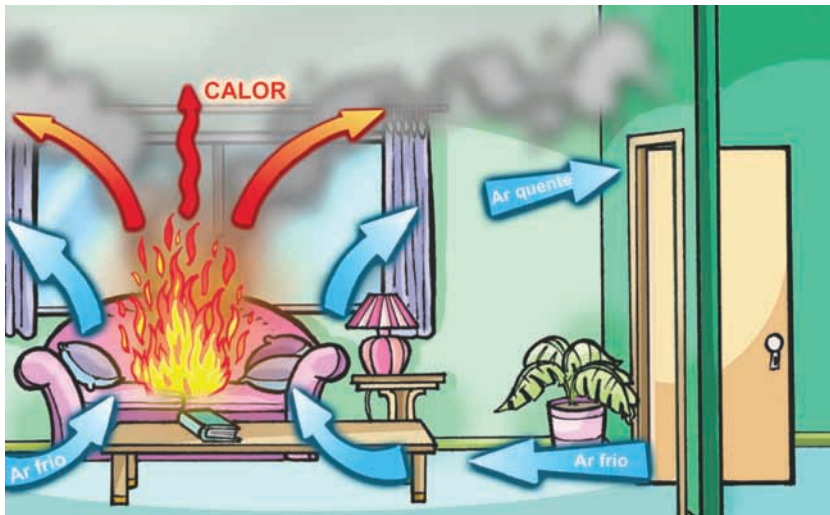


Fig. 10 Incêndio na fase inicial.

- **Fase de combustão livre** (ou de propagação), em que existe uma elevada produção de chamas atingindo-se a temperatura máxima devido, não só à quantidade de oxigénio existente ainda no ar e que alimenta a combustão, como também aos vapores quentes que se estão a produzir e se elevam (fig. 11).

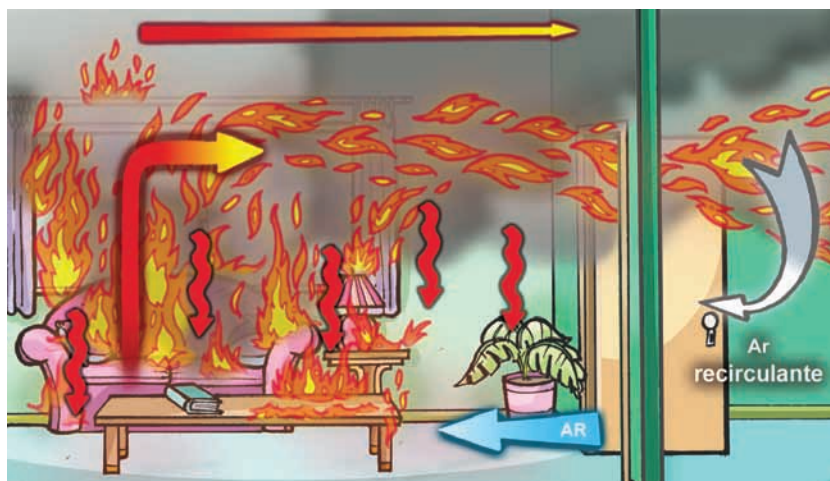


Fig. 11 Incêndio na fase de combustão livre.

Num incêndio ao ar livre, segue-se a fase de **declínio das chamas** até se verificar a **extinção**, por ausência de combustível.

Num espaço fechado o fenómeno será mais complexo pois, da fase de combustão livre pode evoluir-se para três situações distintas (fig. 12):

- **Declínio das chamas** (como num incêndio ao ar livre), quando o espaço for ventilado e o calor se puder libertar para o exterior;
- **Combustão generalizada** (descrita no ponto 5.2. deste capítulo), se o calor não se puder libertar para o exterior, mas existir razoável renovação de ar no local do incêndio;
- **Asfixia**, se não existir renovação de ar no local do incêndio, sendo notório o decaimento das chamas apesar da temperatura se manter com valores muito elevados. A quantidade de oxigénio existente é baixa, dando origem à incandescência, isto é, à formação de brasas. Contudo, a quantidade de gases libertados na combustão é máxima, nomeadamente o monóxido de carbono, existindo sérios riscos de uma **explosão de fumo** (descrita no ponto 5.3. deste capítulo), se a ventilação do local não for correctamente efectuada.

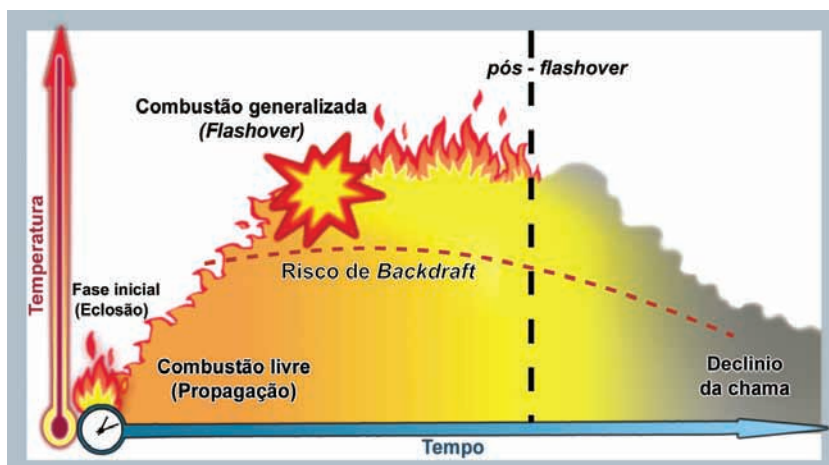


Fig. 12 Evolução de um incêndio num espaço fechado.

5.2. Combustão generalizada

Quanto mais viva for a combustão, maiores são a energia libertada e a temperatura, sendo mais reduzidas as possibilidades da dissipação de calor sem que sejam afectados os restantes materiais combustíveis expostos directa ou indirectamente, em particular num espaço fechado e se as paredes conduzirem mal o calor.

Uma vez que a dissipação da energia se processa mais lentamente que a sua produção, a temperatura continua a aumentar e os materiais emitem vapores de destilação em grande quantidade, enchendo o local.

Ao atingirem temperaturas muito elevadas os gases podem auto-inflamar-se acelerando o processo de entrada simultânea em combustão da totalidade dos corpos (fig. 13): **combustão generalizada** (*flashover*).

A partir desse momento a temperatura no local é uniforme e a radiação sobre as paredes atinge o seu valor máximo.

O período de tempo que medeia entre o início do incêndio e a combustão generalizada depende da admissão de ar e do potencial calorífico do combustível. Em termos práticos, tendo em vista a segurança dos bombeiros, indica-se um período médio de 15 minutos.



Fig. 13 Combustão generalizada (*flashover*).

Se a combustão generalizada ocorrer numa parte do edifício, liberta-se tanta energia que a velocidade de propagação aumenta e o incêndio pode atingir, rapidamente, os compartimentos vizinhos.

A combustão generalizada depende positivamente da:

- Quantidade e extensão da superfície combustível em relação à dimensão do compartimento;
- Admissão de ar fresco no local;
- Natureza e disposição das substâncias combustíveis.

Negativamente, depende da:

- Absorção de calor por materiais não combustíveis;
- Perda de calor através da ventilação, nomeadamente quando esta é efectuada no ponto mais elevado da estrutura.

Após a combustão generalizada decorre a combustão contínua, caracterizada por uma temperatura constante e máxima libertação de calor, até ao declínio das chamas.

5.3. Explosão de fumo

De entre os gases de combustão encontra-se o monóxido de carbono, que existe em maior quantidade quando o acesso do oxigénio ao local é difícil. Como é menos denso do que o ar, acumula-se normalmente na parte superior dos edifícios e outras estruturas. É, além disso, inodoro, incolor e insípido.

Se, por qualquer razão houver um fornecimento brusco de oxigénio, ao **nível** ou **abaixo** do fogo, o monóxido de carbono aquecido pode reagir com ele repentinamente originando uma **explosão de fumo** ou *backdraft* (fig. 14). Esta situação evita-se através de uma ventilação correcta⁽¹⁾ do local do incêndio.



Fig. 14 Explosão de fumo.

⁽¹⁾ Esta matéria consta do Volume XII – Ventilação Tática.

5.4. Combustão oculta

O desenvolvimento de uma combustão sem envolver uma chama como, por exemplo, um cigarro ou materiais domésticos, tal como forros de mobílias contendo algodão ou espuma de poliuretano, é bastante vulgar. Uma pilha de aparas de madeira, serradura ou carvão pode arder durante semanas ou meses sem a libertação efectiva de uma chama.

Este tipo de combustão ocorre, em geral, apenas em materiais porosos e que formam uma massa com compostos de carbono quando aquecidos. Nestas circunstâncias, o oxigénio difunde-se lentamente e há focos de combustão latentes, muitas vezes invisíveis a partir do exterior dos materiais envolvidos. Dada a baixa condutividade térmica dos mesmos, o calor resultante fica retido no seu seio garantindo, assim, a temperatura necessária para a continuação da combustão.

6 Métodos de extinção

A extinção da combustão corresponde sempre à eliminação (ou minimização) de, pelo menos, um dos elementos do tetraedro do fogo. Contudo, na extinção de um incêndio, muitas vezes tenta eliminar-se mais de que um dos elementos do tetraedro com o objectivo de extinguir a combustão o mais rapidamente possível.

Assim, existem quatro métodos teóricos de extinção:

- Carência;
- Limitação do comburente;
- Arrefecimento;
- Inibição.

6.1. Carência

Carência ou dispersão do combustível (remoção do combustível) é, em teoria, o método mais eficaz mas, regra geral, a complexidade da sua execução pode impossibilitar a sua aplicação. Para combustíveis sólidos é possível tentar diminuir a sua quantidade, reduzindo, desta forma, as dimensões do incêndio, como por exemplo num amontoado de aparas de madeira, de papel ou de plásticos. Em incêndios florestais a técnica do contra-fogo⁽¹⁾ representa ainda um dos exemplos muitas vezes bem conseguidos.

Nos combustíveis líquidos ou gasosos, a sua aplicação depende das condições do incêndio. Numa conduta de líquidos ou gases um incêndio pode ser facilmente dominado se for possível cortar o acesso do combustível ao local da combustão através, por exemplo, da manobra de válvulas colocadas em locais estratégicos (fig. 15).



Fig. 15 Exemplo de extinção por carência.

⁽¹⁾ Consultar o Volume XIII – Combate a Incêndios Florestais.

6.2. Limitação do comburente

A limitação de comburente é um método que impede o acesso do comburente à superfície do combustível.

Pode assumir dois aspectos distintos:

- **Asfixia** – quando a limitação do comburente resulta do seu consumo na combustão em condições que não garantem a renovação de ar. Não há, portanto, qualquer acção exterior;
- **Abafamento** (fig. 16) – quando a limitação do comburente resulta de uma acção, exterior à própria combustão, que impede a renovação de ar.



Fig. 16 Exemplo de extinção por abafamento.

A limitação de comburente pode conseguir-se diminuindo a concentração de oxigénio, para valores próximos de 14%, na maior parte dos casos, e de 6%, se existirem brasas.

A injeção de um gás inerte (azoto, p. ex.) ou a cobertura das chamas com uma substância com resistência suficiente à inflamação (espuma, p. ex.), são dois exemplos de abafamento. Este método é geralmente aplicado para incêndios de menores dimensões. Exceptua-se o exemplo de incêndios em porões de navios onde a injeção de azoto pode levar à extinção do mesmo, por abafamento.

6.3. Arrefecimento

O **arrefecimento** ou redução da temperatura consiste em eliminar a energia provocando-se uma diminuição da temperatura do combustível (abaixo da sua temperatura de inflamação) e, conseqüentemente, extinguindo o incêndio (água, p. ex.).

Este método é dos mais utilizados no combate aos incêndios, como no caso das brasas onde a água, ao vaporizar-se, provoca uma diminuição gradual da temperatura (fig. 17).



Fig. 17 Exemplo de extinção por arrefecimento.

6.4. Inibição

A **inibição ou ruptura da reacção em cadeia** consiste em impedir a transmissão de energia (calor) de umas partículas do combustível para outras limitando, assim, a formação de radicais livres e/ou consumindo-os à medida que se formam.

Como exemplo, destaca-se a actuação do pó químico extintor (fig. 18), produto que se decompõe em radicais livres que, ao combinarem-se com os produzidos do processo de combustão, os elimina e inibe a reacção em cadeia.

Note-se que, no caso da ruptura da reacção em cadeia, é fundamental complementar esta acção com a eliminação de um dos lados do triângulo do fogo. Se não se proceder assim, a presença dos três lados do triângulo do fogo provocará, muito provavelmente, o seu reacendimento (reignição).



Fig. 18 Exemplo de extinção por inibição.

7 Agentes extintores

Dado que existem vários métodos de extinção, estão disponíveis vários agentes extintores que actuam, regra geral, maioritariamente por um dos métodos referidos mas, muito frequentemente, actuam de forma acumulada, na eliminação de mais de um componente do tetraedro do fogo.

Os produtos ou agentes extintores devem ser utilizados criteriosamente por forma a evitar perigos pessoais, agravamento do incêndio e ainda, quando possível, a minimizar os efeitos negativos do próprio agente extintor sobre os materiais atingidos. Existem nos três estados físicos da matéria e têm âmbitos de aplicação, eficácia e limitações diferentes.

Para além dos agentes extintores mais utilizados, que se apresentam nos pontos seguintes, importa referir outros dois: a terra e a areia. O primeiro é, por vezes, utilizado no combate de pequenos focos de incêndio, especialmente em áreas rurais ou florestais. A areia (fig. 19) tem uma aplicação genérica, apenas condicionada pela sua disponibilidade no local do incêndio.



Fig. 19 A areia também é um agente extintor.

7.1. Água

7.1.1. Aspectos gerais

A água é o agente extintor por excelência uma vez que, em geral, é abundante, de baixo custo e é passível de ser utilizada de diversas formas.

Actua, essencialmente, por arrefecimento e pode ser aplicada na forma de jacto ou sob a forma pulverizada (fig. 20): chuveiro ou nevoeiro.

Pode actuar também por abafamento, mais vulgar na aplicação pulverizada, dada a elevada produção de vapor de água que pode originar. Outro exemplo de abafamento consiste na utilização de água cobrindo a superfície combustível de um líquido mais denso e não miscível com ela ou, ainda, o encharcamento de espaços com combustíveis sólidos.

Quando aplicada na forma de nevoeiro é necessária alguma prudência, uma vez que, ao vaporizar-se, aumenta de volume cerca de 1700 vezes, que, em espaços confinados, pode levar à asfixia. O vapor de água envolve o incêndio e leva à sua extinção por falta de comburente (oxigénio).



Fig. 20 Exemplo de duas formas de aplicação da água. A – Em jacto; B – Pulverizada.

Os incêndios normalmente são extintos pelo efeito da diminuição da temperatura, causada pela água e não pelo abafamento resultante da produção de vapor, ainda que este último possa suprimir as chamas.

Apresenta risco de utilização relativamente a equipamentos eléctricos em carga, situação frequente na maioria dos incêndios urbanos e industriais.

O principal inconveniente deste agente são os estragos que provoca, tanto durante a aplicação (em particular sob a forma de jacto) como após a extinção, devido, nomeadamente, à corrosão metálica.

Emprega-se na forma de jacto para obter grandes alcances, quando o calor impede a aproximação do pessoal de intervenção. O chuveiro e o nevoeiro obtêm-se com agulhetas apropriadas e têm, nesta forma, muito maior poder de arrefecimento mas menor alcance e poder de penetração.

7.1.2. Aditivos

A água usa-se também com aditivos. Estes são substâncias sólidas ou líquidas em concentrações inferiores a 6%, que se adicionam de modo a obter-se uma maior eficácia extintora. A sua classificação pode ser efectuada da seguinte forma:

- **Aditivos molhantes** – permitem um contacto mais eficaz e durável com o combustível ao aumentar a tensão superficial da água e, conseqüentemente, a capacidade de as moléculas da água penetrarem nos materiais, resultando uma melhor absorção calorífica e, em consequência, um arrefecimento mais eficaz. Estas características são importantes para fogos resultantes de hidrocarbonetos pesados.
- **Aditivos emulsores** – também actuam sobre a tensão superficial da água criando bolhas estáveis. Sendo de salientar um emulsor particular designado por Agente Formador de Filme Flutuante (AFFF) também utilizado na produção de espumas, como será referido adiante.
- **Aditivos viscosificantes** – aumentam a viscosidade da água promovendo uma maior aderência às superfícies verticais. Para além disso, nesta forma, um jacto de água quando projectado a partir de

uma agulheta tem maior coerência, o que permite a sua projecção a distâncias muito superiores.

Estes tipos de aditivos apresentam alguns inconvenientes relacionados com uma menor capacidade de penetração, maiores perdas por fricção nas mangueiras, problemas de limpeza do local após a extinção, etc. Devido a estes inconvenientes, estes aditivos só costumam ser empregues em incêndios florestais nos quais não se verificam problemas tais como os de limpeza após o incêndio.

- **Aditivos opacificantes** – aumentam o poder refrigerante da água porque diminuem a passagem do calor aos materiais vizinhos, por radiação, através da água. São tipicamente empregues em incêndios florestais, em conjunto com os viscosificantes.

Para além destes existem outros aditivos, sem acção extintora, nomeadamente os anticongelantes e os anticorrosivos.

7.1.3. Aplicações

Para os fogos da classe A (combustíveis sólidos) a água pode ser utilizada em jacto, mas a sua capacidade de extinção pode ser melhorada se utilizada na forma pulverizada (chuveiro ou nevoeiro).

Nos fogos da classe B só pode ser utilizada na forma de chuveiro ou nevoeiro, desde que o combustível tenha uma densidade superior à da água. Para esta classe, não deve ser utilizada em combustíveis voláteis como a gasolina e o benzeno, devido à sua baixa temperatura de combustão e ao facto da densidade destes líquidos ser inferior à da água, podendo contribuir para a propagação do incêndio a outras zonas.

A água nos fogos da classe C não se utiliza directamente no combate ao incêndio, mas sim no arrefecimento dos depósitos e outros materiais a ele expostos, prevenindo a sua ruptura e, conseqüente, explosão.

Nos fogos da classe D a água nunca deve ser utilizada, dada a sua reacção violenta com os combustíveis envolvidos.

A água, para ser aplicada no combate a incêndios, pode ser armazenada em:

- Extintores contendo água ou uma solução aquosa e um gás propulsor. A aplicação pode ser em jacto ou pulverizada, com ou sem aditivos;
- Instalações fixas de extinção: manuais (redes de incêndio armadas) ou automáticas (*sprinklers*);
- Depósitos de veículos de combate a incêndios, sendo impulsionada pelas respectivas bombas ou motobombas;
- Aeronaves de combate a incêndios sendo, normalmente, projectada para o solo por gravidade.

7.2. Espumas

7.2.1. Aspectos gerais

As espumas são bolhas constituídas por uma atmosfera gasosa (ar), que se encontra confinada numa parede formada de uma película fina do agente emulsor.

Este agente extintor começou por ser utilizado para extinguir, por abafamento, incêndios em combustíveis líquidos menos densos que a água, formando sobre eles um manto de espuma. Com efeito, a espuma, sendo menos densa do que a grande maioria dos líquidos combustíveis, fica à sua superfície.

Actualmente algumas espumas também são utilizadas no combate a incêndios, por inundação total, em determinados espaços confinados cujas combustões envolvem líquidos e/ou sólidos.

A utilização deste agente extintor é também recomendada noutras circunstâncias, tais como no revestimento de superfícies verticais que possam opor-se à propagação de um incêndio.

As espumas devem ter boas propriedades adesivas (colar-se às superfícies), baixa viscosidade (fluir rapidamente sobre as superfícies), resistir ao ataque químico do combustível e ao calor libertado, devendo ainda possuir boa estabilidade (coesão).

Outros factores importantes a ter em conta são o alcance do jacto (~15 m), que é significativamente menor que o da água (~40 m) e o tempo de decantação, que deve ser tão elevado quanto possível.

O seu modo de actuação (fig. 21) é por **arrefecimento**, através da absorção de calor do combustível e superfícies adjacentes e por **abafamento**, impedindo a entrada de oxigénio entre o líquido e o fogo, para além de impedir a evaporação do combustível e de o isolar das chamas.

A extinção resulta da competição entre factores positivos (produção e propagação da espuma) e negativos (decantação, evaporação e contaminação).



Fig. 21 A espuma extingue por arrefecimento e abafamento, separando os vapores de combustível das chamas.

As espumas podem ter duas origens:

- Natureza física ou mecânica, quando se introduz um produto emulsificante na água, sendo a solução posteriormente misturada com o ar;

- Natureza química, pela reacção de uma solução ácida com uma solução alcalina, libertando-se dióxido de carbono que ajuda a formação de bolhas de espuma compacta (este tipo de espuma já não é utilizado).

A sua classificação pode ser efectuada de acordo com o coeficiente de expansão da espuma, que é definido como a relação entre o volume de espuma produzido e o volume de solução emulsora inicial. Por exemplo, se 1 ℓ de solução emulsora (água + espumífero) originar 8 ℓ de espuma, o coeficiente de expansão será de oito.

Quanto ao coeficiente de expansão as espumas classificam-se da seguinte forma:

- Espumas de **alta expansão**, se o coeficiente de expansão for maior que 200. Estas espumas têm uma densidade muito baixa, são facilmente destruídas pelo calor, podem ser arrastadas pelo vento com facilidade e pode, até, respirar-se no seu interior. Devem ser utilizadas em espaços perfeitamente confinados e fechados;
- Espumas de **média expansão**, se o coeficiente de expansão se situar entre 20 e 200. A sua produção exige equipamento mais ligeiro que o necessário para a produção de espuma de alta expansão;
- Espumas de **baixa expansão**, se o coeficiente for inferior ou igual a 20. É o tipo de espuma mais denso, tem grande aderência, condutividade eléctrica semelhante à da água, é estável e resiste bem ao arrastamento pelo vento. Destina-se a intervenções no exterior.

7.2.2. Agentes espumíferos (emulsores)

Existe uma variedade apreciável de agentes espumíferos que produzem espumas de eficácia diversa em função do coeficiente de expansão e face aos diferentes tipos de combustíveis.

Estes agentes podem ser classificados da seguinte forma:

- Agentes **proteicos** – misturados com água, em percentagens de 3 a 6%, originam espumas com coeficientes de expansão da ordem de oito. A espuma obtida apresenta boa elasticidade, resistência

mecânica e capacidade de retenção de água. Este tipo de espuma é denso e viscoso e possui elevada estabilidade e resistência ao calor, para além de ser biodegradável. É destruída por líquidos polares como os álcoois, éteres e acetona. Não deve ser empregue em fogos em gás liquefeito sob pressão (butano e propano) e é apenas compatível com os pós químicos dos tipos B e C;

- Agentes **fluorproteicos** – concentrados que têm vindo a substituir os proteicos. Têm uma eficácia reforçada baseada na fluidez (baixa viscosidade) e resistência à contaminação, garantem uma boa cobertura e estanquicidade e impedem a passagem de vapores nos hidrocarbonetos líquidos. Possuem boa resistência ao fogo e à reignição. Muitas podem ser utilizadas em conjunto com os pós químicos, pois são compatíveis com eles. São igualmente destruídas por líquidos polares;
- Agentes **sintéticos** ordinários – em baixa expansão têm uma velocidade de decantação lenta e boa fluidez. Podem, também, ser usados em média e alta expansão, mas com características inferiores. A sua impermeabilidade é baixa, em particular em média e alta expansão, para além de terem pouca resistência ao calor que é compensada pela grande capacidade de produção. Em caso de reacendimento verifica-se a destruição rápida destas espumas. Não podem ser usadas em líquidos polares;
- Agentes **sintéticos AFFF** – agem como os emulsores clássicos formando uma camada de espuma que isola a superfície do combustível e, para além disso, uma película aquosa que flutua à superfície dos hidrocarbonetos líquidos (p. ex., gasolinas), opondo-se à emissão de vapores (fig. 22). A estanquicidade é melhorada devido à película aquosa que dificulta a reinflamação do combustível. Também não podem ser usadas em líquidos polares;
- Agentes **polivalentes** – destinam-se a ser usados em líquidos polares, podendo também ser utilizados nos não polares. No que respeita aos hidrocarbonetos, estas espumas têm características idênticas aos emulsores ordinários.

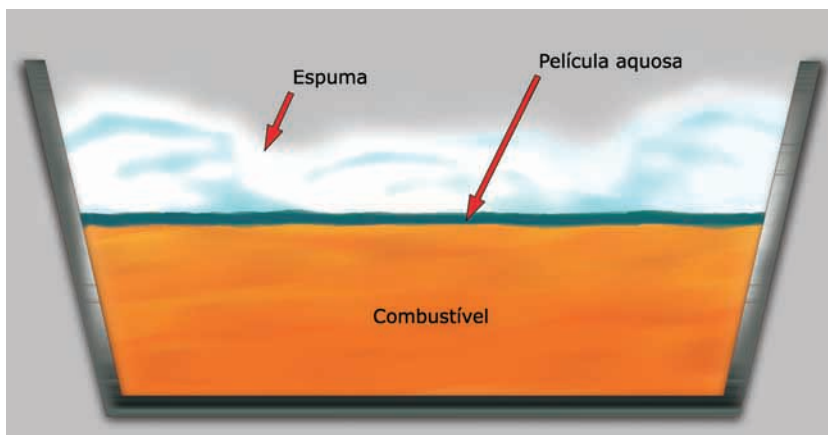


Fig. 22 O AFFF forma uma película aquosa que flutua à superfície do combustível restringindo a evaporação do mesmo.

7.2.3. Produção de espuma física

Como foi referido, a espuma física ou mecânica, é produzida a partir de uma mistura de água com um produto emulsionante (espumífero), dando origem a uma solução emulsora. Esta solução é misturada com o ar, numa agulheta ou num gerador adequado, formando espuma física.

Assim, na produção e aplicação de espuma, são usados os seguintes equipamentos: doseador- misturador e agulheta ou gerador de espuma.

a) Doseador-misturador

Para a produção de espuma é necessário que a mistura com a água seja feita nas proporções recomendadas para cada emulsor. Esta mistura é feita por intermédio de um doseador-misturador (fig. 23) que está concebido para aspirar o emulsor que se encontra num depósito, injectando-o na corrente de água, a um valor regulado, de acordo com o débito de água.

A aspiração do emulsor é efectuada por efeito de Venturi, resultante do estrangulamento gradual da secção da conduta, até um valor mínimo calculado («*Cob*» do Venturi) para, novamente, passar, de forma gradual, à secção inicial.

A forma de Venturi, dada ao doseador-misturador, determina uma pressão mais baixa na secção mais reduzida. Esta pressão, com um valor inferior ao da pressão atmosférica, provoca a aspiração do emulsor no depósito.

Um controlador de débito regula a quantidade de emulsor injectado na corrente de água.



Fig. 23 Doseador-misturador de espuma.

Quanto ao local de instalação os doseadores-misturadores, podem ser:

- Montados na linha de mangueiras para combate a incêndios (fig. 24-A);
- Incorporados em algumas agulhetas de espuma (fig. 24-B), nomeadamente em certas agulhetas-canhão;
- Fixos num veículo, instalados em conduta ou acoplados à bomba (fig. 24-C e D).



Fig. 24 Montagem de doseadores-misturadores.

b) Agulheta de espuma

As agulhetas de espuma (fig. 25) podem assumir diversas formas, em função do tipo de espuma a aplicar, nomeadamente, da sua taxa de expansão. O calibre das uniões pode ser de 45 mm (agulhetas com débitos até 250 ℓ/min) ou de 70 mm (agulhetas com débitos superiores a 350 ℓ/min).

O seu funcionamento consiste na mistura do ar, aspirado nas aberturas do corpo da agulheta, com a solução emulsora.

Quando são necessários débitos elevados de espuma, utilizam-se monitores, fixos em veículos, ou agulhetas-canhão portáteis.

As agulhetas de espuma de média expansão são, geralmente, constituídas por um corpo ao qual se adapta, numa extremidade, a união para ligação à linha de alimentação da solução emulsora. Um dispositivo de entrada de ar, colocado entre a união e o corpo da agulheta, permite a aspiração do ar provocada pela depressão causada pela passagem da solução emulsora através do injetor-difusor da agulheta.

A mistura, ar mais solução emulsora, ao passar em turbilhão através de um écran de rede, produzirá espuma com um coeficiente de expansão entre 25 a 300 vezes, de acordo com as características técnicas da agulheta.



Agulheta para espuma de baixa expansão.

Agulheta para espuma de média expansão.

Fig. 25 Alguns tipos de agulhetas de espuma.

c) Gerador de espuma

O gerador de espuma de alta expansão (fig. 26) é constituído por um corpo cilíndrico no interior do qual se encontra um cilindro metálico completamente perfurado servindo de écran, através do qual se processa a passagem turbilhonar da mistura, ar mais solução emulsora, produzindo espuma de alta expansão.

O ar é introduzido no gerador através de um ventilador, posto em movimento por uma turbina hidráulica, accionada pela própria água da linha de mangueiras. Existem, também, geradores de espuma accionados por um motor (eléctrico ou de explosão conforme se trate de instalação fixa ou móvel).



Fig. 26 Exemplo de um gerador de espuma de alta expansão.

7.2.4. Utilização de espumas

Constituem casos típicos de utilização de espumas:

- Combate a incêndios em líquidos combustíveis, quer estejam contidos em depósitos, quer estejam derramados;
- Protecção de recipientes abertos que, contendo líquidos combustíveis, estejam expostos a um incêndio, prevenindo a sua ignição;
- Protecção de derrames de líquidos combustíveis, quer estejam ou não expostos a um incêndio, prevenindo a sua ignição;
- Combate a incêndios, por inundação total, em espaços confinados onde existam combustíveis líquidos e/ou sólidos;
- Protecção de exposições, revestindo superfícies verticais que possam opor-se à propagação de um incêndio.

A extinção de um incêndio com espuma resulta da competição entre a produção e a propagação da espuma sobre o espaço incendiado e a sua destruição. Assim, deve procurar-se sempre que a velocidade de produção e propagação da espuma seja superior à sua velocidade de destruição.

O resultado desta competição depende do tipo de espuma utilizado, das circunstâncias do incêndio e da forma como a espuma é aplicada (manobra da agulheta).

Existem duas técnicas de aplicação manual da espuma em combustíveis líquidos, que são utilizadas em função do tipo de espuma e das características do incêndio:

- **Aplicação suave** (fig. 27) – consiste na projecção da espuma de forma indirecta, contra uma parede ou o chão, à frente do combustível a arder, evitando o contacto violento com as chamas. Esta técnica é recomendada para espumas com fraca resistência às chamas e à contaminação pelos combustíveis líquidos;



Fig. 27 Aplicação suave da espuma.

- **Aplicação directa** (fig. 28) – consiste na projecção da espuma directamente sobre as superfícies líquidas incendiadas ou a proteger contra a inflamação.

Esta técnica não é muito exigente para os operadores da agulheta, mas só é aplicável com certos tipos de espumas (fluoradas ou sintéticas – AFFF) por serem mais resistentes à destruição e suportarem bem o contacto violento com os hidrocarbonetos combustíveis.



Fig. 28 Aplicação directa da espuma.

Os bombeiros devem ter sempre presente que não se deve aplicar água em conjunto com espumas, no mesmo foco de incêndio. Os principais motivos são:

- A decisão de utilização de espuma, num dado foco de incêndio, resulta do responsável ter concluído que é mais eficaz ou que a água não pode ser aplicada, dadas as suas contra-indicações nessa situação;
- A aplicação de água sobre a maioria das espumas destroi-as facilmente e poderá contribuir para o alastramento do incêndio.

Assim, o bombeiro que manobra a agulheta de espuma deve ter em atenção que:

- De início, quando a linha de mangueira é colocada em carga, sairá água e, só passados alguns segundos, se inicia a produção de espuma na agulheta. Por isso, a agulheta de espuma não deve ser apontada para o foco de incêndio, durante a saída de água, mas sim só quando se iniciar a produção de espuma;
- Quando se verifica que não é necessário produzir mais espuma, o bombeiro que manobra a agulheta deve desviá-la do local onde aplicou a espuma antes de ser dada ordem para parar a injeção de emulsor. Este procedimento justifica-se porque, quando se deixa de misturar o emulsor, sairá água pela agulheta e não espuma.

No caso de aplicação de espuma (de média ou de alta expansão) no interior de um edifício⁽¹⁾ é fundamental atender às condições de ventilação do local.

7.2.5. Restrições ao uso de espumas

As espumas são consideradas agentes de baixa toxicidade e sem perigo para o homem desde que se observem alguns cuidados, nomeadamente não serem ingeridas, não entrem em contacto com os olhos e mucosas e também não contactarem de forma prolongada com a pele.

⁽¹⁾ Consultar o Volume X – Combate a Incêndios Urbanos e Industriais.

As bases emulsoras são biodegradáveis, com excepção das fluoradas que apresentam maior dificuldade para se degradar. Este tipo de agentes não provoca problemas apreciáveis de corrosão se o armazenamento se limitar à duração da intervenção e os equipamentos utilizados forem lavados com água após cada intervenção.

Os emulsores não devem ser misturados, excepto os proteicos de tipo simples.

Contudo, ao contrário dos emulsores, as espumas são compatíveis entre si, sendo possível a utilização simultânea de espumas de natureza diferente. A utilização de água em jacto ou chuveiro sobre as espumas não é aconselhável, pois pode destruí-las mecanicamente, dando origem a processos de reinfamação.

Em alguns casos é possível uma acção conjunta das espumas com o pó químico (descrita no ponto 7.4.), utilizando-se em primeiro lugar este produto para extinguir as chamas e a espuma para evitar processos de reinfamação.

Os riscos da sua utilização em equipamento eléctrico sob tensão são idênticos aos da água, uma vez que as espumas são, essencialmente, constituídas por esta substância. Portanto, não devem ser utilizadas em locais onde existam equipamentos eléctricos em carga.

7.3. Gases inertes: Azoto e dióxido de carbono

7.3.1. Aspectos gerais

O azoto (N_2) e o dióxido de carbono (CO_2) são dois gases inertes, isto é, nem são combustíveis, nem alimentam a combustão.

Em termos de volume a eficácia do CO_2 é claramente superior, para além de ser o gás que permite a extinção da combustão na presença de maior teor de oxigénio.

O azoto actua por abafamento e a sua utilização principal é na inertização de atmosferas, isto é, na prevenção da combustão. Pode ser usado em fogos da classe B, quer envolvam líquidos solúveis ou insolúveis em água e ainda, em equipamento eléctrico em carga. As únicas incompatibilidades dignas de registo são o facto de alguns metais, tais como o lítio e o titânio, arderem violentamente em atmosfera de azoto.

Normalmente, o azoto não é utilizado, directamente, como agente extintor mas é um gás impulsor na compressão dos pós químicos em extintores.

O dióxido de carbono actua por abafamento e também por arrefecimento. Em regra está contido em reservatórios onde se encontra parcialmente liquefeito à temperatura ambiente e à pressão de 60 kg/cm². Não é condutor da electricidade nem deixa qualquer resíduo. Tem elevado poder de difusão e não necessita de propulsão auxiliar. Actua de forma rápida e, devido à baixa temperatura durante a expulsão, pode ser usado em combustíveis líquidos com baixa temperatura de combustão.

Pode ser usado em fogos das classes B e C e em alguns fogos da classe A. O CO₂ utiliza-se, para extinção de incêndios, nas seguintes formas:

- Em instalações fixas de extinção (fig. 29);
- Em extintores (portáteis e transportáveis) e, menos frequentemente, em instalações fixas em veículos de combate a incêndios.



Fig. 29 Instalação fixa de CO₂.

7.3.2. Restrições e limitações

A temperaturas baixas ($<0^{\circ}\text{C}$) verifica-se uma significativa diminuição do volume do dióxido de carbono. Este facto origina um menor débito desse gás diminuindo a eficácia da aplicação. No seu armazenamento a altas pressões a temperatura não deve ser menor que -10°C nem superior a 50°C .

Este agente não deve ser usado em fogos da classe D, uma vez que estas combustões dissociam dióxido de carbono, em brasas de carbono. Pelo mesmo motivo, também não deve ser utilizado em incêndios que envolvam materiais instáveis e oxigenados tais como nitratos, cloratos e explosivos em geral.

Quando da sua descarga, as partículas de CO_2 podem originar cargas electrostáticas suficientes para produzir faíscas capazes de inflamar atmosferas combustíveis.

7.4. Pós químicos

7.4.1. Aspectos gerais

Este tipo de agente extintor oferece, em certas circunstâncias, uma boa alternativa ao uso da água.

Os pós são constituídos por substâncias sólidas, finamente divididas em cristais secos com dimensões de 10 a $75\ \mu\text{m}$ ($1\ \mu\text{m} = 10^{-6}\ \text{m} = 0,000001\ \text{m}$), sendo projectados com o auxílio de um gás propulsor inerte não tóxico (azoto ou CO_2). Todos actuam no sentido de suprimir a chama através da inibição da reacção em cadeia.

A sua eficácia depende principalmente da dimensão dos grãos, dos aditivos, da resistência à compactação e do equipamento utilizado.

Classificam-se segundo as classes de fogos que extinguem:

- **Pó BC** – a matéria base é, em geral, o bicarbonato de sódio misturado com outros produtos, como estearato de zinco ou silicone que melhoram as suas características. Têm um poder extintor 4,5 vezes superior ao do CO_2 . Em incêndios que envolvam equipamentos eléctricos deixam resíduos corrosivos o que constitui uma desvantagem face ao CO_2 ;

- **Pó ABC** (polivalente) – foram adoptados para estender a acção deste tipo de agentes extintores à classe A e são constituídos com base em compostos de amoníaco. Actuam, como os anteriores, nos fogos das classes B e C, assim como nos da classe A. Nestes, uma vez eliminadas as chamas e permanecendo as brasas que poderão activar novo incêndio, actuam por asfixia e carência, fundindo-se e formando uma substância vítrea que envolve o combustível e o isola do ar como se fosse um verniz;
- **Pós especiais para fogos da classe D** – são específicos de um dado metal reactivo ou família de metais. Sendo à base de grafite e alguns cloretos e carbonetos específicos, são totalmente ineficazes em fogos das restantes classes e usam-se, em geral, nas indústrias aeronáutica e nuclear.

Os pós utilizam-se, para extinção de incêndios, nas seguintes formas:

- Em instalações fixas de extinção, com actuação pontual;
- Em extintores (portáteis e transportáveis) e, menos frequentemente, em instalações fixas e em veículos de combate a incêndios (fig. 30).

Podem utilizar-se os pós combinados com outros agentes extintores, sendo mais usual a combinação com espumas, nomeadamente as do tipo AFFF, em sistemas de agulheta dupla.



Fig. 30 Extintor de pó químico montado num veículo especial de combate a incêndios.

7.4.2. Restrições e limitações

Os pós ABC e BC são incompatíveis, pelo que, em caso de substituição de uma carga BC por outra do tipo ABC o extintor deve ser cuidadosamente esvaziado e limpo. Caso contrário, poderá ocorrer entre os dois tipos de pó uma reacção química com libertação de CO_2 e outros gases que pode provocar a explosão do equipamento extintor.

A utilização de pó químico diminui a visibilidade, reduzindo a capacidade de movimentação do pessoal envolvido no combate ao incêndio. Apesar da eficácia na extinção de incêndios em equipamento eléctrico até 1000 V a recuperação e limpeza do mesmo é, em geral, difícil ou mesmo impossível.

Os pós não devem ser projectados sobre explosivos, nitratos ácidos e ácidos concentrados.

7.5. Halons

7.5.1. Aspectos gerais

Os hidrocarbonetos halogenados ou halons são compostos com hidrogénio e carbono, em que um ou mais átomos de hidrogénio são substituídos por elementos ditos halogénios, tais como o flúor, o cloro e o bromo.

Identificam-se por conjuntos de quatro algarismos que se referem ao número de átomos de cada espécie, sendo o primeiro relativo ao carbono, o segundo ao flúor, o terceiro ao cloro e o quarto ao bromo. Os dois halons mais importantes são o 1211 e o 1301, encontrando-se o seu fabrico proibido, devido a problemas ambientais, desde 1994.

Os hidrocarbonetos halogenados existentes em extintores ou sistemas foram substituídos e destruídos até Dezembro de 2003, conforme regulamento CE N.º 20307/2000 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Junho de 2000, com excepção das situações muito particulares previstas nesse regulamento.

7.5.2. Restrições e limitações

Não se devem usar halons em incêndios onde se verifique a formação de brasas profundas ou provenientes da inflamação de estruturas fibrosas, como roupas e têxteis em geral, nem em fogos superficiais na presença de humidade ambiental ou em conjunto com a água como agente extintor.

Também não se devem usar em incêndios próximos de produtos alimentares. Outra restrição à sua utilização resulta de serem solúveis em alguns hidrocarbonetos.

Em concentrações elevadas originam problemas de toxicidade, pelo que o bombeiro não deve expor-se ao fumo e gases libertados. Deve ser sempre efectuada a ventilação do local após a aplicação de halons.

7.5.3. Alternativos aos halons

A substituição dos compostos, designados por halons, como agentes extintores tem vindo a ser objecto de diferentes estudos. As normas NFPA 2001 e ISO 14520 foram elaboradas com o objectivo de proceder à normalização dos compostos alternativos. Assim, as actuais alternativas aos halons podem ser classificadas em dois grandes grupos:

- 1.º – actuam, predominantemente, **por inibição** (ruptura da reacção em cadeia), assim como os halons;
- 2.º – actuam **por abafamento** (limitação do comburente).

No primeiro grupo os actuais substitutos dos halons menos prejudiciais são os agentes constituídos essencialmente por carbono, hidrogénio e flúor. O bromo como elemento químico foi totalmente eliminado e, em alguns casos, também o cloro. A sua utilização para substituição dos halons convencionais implica usualmente poucas modificações nos sistemas de combate ao incêndio.

O segundo grupo é constituído por agentes extintores compostos por gases naturais combinados em proporções específicas, nomeadamente o Inergen (IG-541)⁽¹⁾, Argonit (IG-01)⁽²⁾ e Argonfire (IG-55)⁽³⁾. Estes agentes implicam um investimento mais elevado devido às pressões envolvidas no seu armazenamento.

⁽¹⁾ 50% N₂; 42% Ar; 8% CO₂.

⁽²⁾ 50% N₂; 50% Ar.

⁽³⁾ 100% Ar, não considerado como agente extintor efectivo.

7.6. Escolha do agente extintor

A escolha do melhor agente extintor depende dos diferentes factores enunciados ao longo dos pontos anteriores.

Contudo, é possível sistematizar este estudo tornando viável uma escolha rápida, quando na presença de um incêndio ou, como medida de prevenção, recorrendo ao melhor agente extintor face ao risco, de acordo com a norma portuguesa NP 1800 (1981).

Apresentam-se no Quadro VI informações qualitativas da adequação dos agentes extintores, nas suas diversas formas, para as diferentes classes de fogos.

QUADRO VI
ESCOLHA DO AGENTE EXTINTOR

Classes de fogo	Agentes extintores							
	Água		Espumas	CO ₂	Pó químico			Substitutos ⁽¹⁾ dos Halons
	Jacto	Pulverizada			ABC	BC	D	
A	Sim Bom	Sim Muito bom	Sim Bom	Não	Sim Muito bom	Não	Não	Sim Aceitável
B	Não	Sim Aceitável	Sim Muito bom	Sim Bom	Sim Muito bom	Sim Muito bom	Não	Sim Bom
C	Não	Não	Não	Sim Bom	Sim Bom	Sim Bom	Não	Sim Bom
D	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim Muito bom	Não

⁽¹⁾ Atenção substitutos só para sistemas fixos.

8 Classificação dos extintores

8.1. Considerações gerais

Um extintor é um aparelho que contém um agente extintor, que pode ser projectado e dirigido para o fogo pela acção de uma pressão interna. Esta pressão pode ser obtida por uma compressão prévia permanente, pela libertação de um gás auxiliar (conforme NP EN 3-1, 1997).

É um meio de primeira intervenção no combate a um incêndio na sua fase inicial, podendo ser utilizado por qualquer pessoa, que o saiba manusear, logo que detecte um incêndio.

Na realidade, a rapidez de actuação é primordial, na medida em que o extintor só é eficaz no início de um incêndio. Com efeito, a quantidade do agente extintor, assim como o tempo de utilização, são limitados.

No entanto, o êxito da utilização do extintor depende dos seguintes factores:

- Estar bem localizado, visível e em boas condições de funcionamento;
- Conter o agente extintor adequado para combater o incêndio;
- Ser utilizado na fase inicial do combate ao incêndio;
- O operador conhecer previamente o seu modo de funcionamento e utilização.

Os bombeiros utilizam, geralmente, os extintores existentes nos seus veículos. Podem, em certos casos, recorrer aos instalados, como meio de protecção, em edifícios e estabelecimentos, ainda que estes se destinem prioritariamente à utilização dos seus ocupantes antes da chegada dos bombeiros.

Os extintores de incêndio podem classificar-se, tomando em consideração os diversos critérios, nomeadamente:

- Agente extintor;
- Mobilidade do extintor;
- Modo de funcionamento;
- Eficácia de extinção.

8.2. Classificação quanto ao agente extintor

Os extintores podem classificar-se consoante o agente extintor que contêm. Actualmente, existem os seguintes tipos:

- Extintores à base de água;
- Extintores de espuma;

- Extintores de dióxido de carbono (CO₂);
- Extintores de pó;
- Extintores de hidrocarbonetos halogenados (halon).

8.3. Classificação quanto à mobilidade

Quanto à sua mobilidade, os extintores classificam-se em (fig. 31):

- **Portáteis;**
- **Transportáveis.**

Por sua vez, os extintores portáteis designam-se por:

- **Manuais** – os que, prontos a funcionar, têm um peso igual ou inferior a 20 kg;
- **Dorsais** – os que, prontos a funcionar, têm um peso igual ou inferior a 30 kg e estão equipados com precintas que permitem o seu transporte às costas. Este tipo de extintor é raro.



Fig. 31 Vários tipos de extintores, quanto à sua mobilidade.

Os extintores transportáveis estão dotados, para o seu deslocamento, de apoios com rodas e, consoante a sua dimensão, são puxados manualmente ou rebocados por veículos.

8.4. Classificação quanto ao modo de funcionamento

Os extintores podem ser classificados, quanto ao seu modo de funcionamento, nos seguintes tipos:

- Pressão permanente;
- Pressão não permanente.

8.5. Classificação quanto à eficácia de extinção

Atendendo à eficácia de extinção, os extintores classificam-se segundo o fogo-tipo que são capazes de extinguir.

Para se determinar a eficácia de extinção são efectuados, em áreas adequadas para o efeito, ensaios de fogos de dimensões controladas que obedecem aos parâmetros das normas.

A classificação do fogo-tipo é representada no rótulo por uma letra, que indica a classe de fogo para o qual o extintor tenha demonstrado capacidade efectiva e por um número (apenas para as classes A e B), que representa a dimensão do fogo-tipo para que o extintor satisfaz.

Os extintores classificados para uso em fogos das classes C ou D não necessitam de ter um número precedendo a letra de classificação.

Os rótulos, sobre a forma de decalcomania ou impressão serigráfica, com inscrições em **língua portuguesa**, colocados numa posição tal que possam ser lidos e que permitam reconhecer e utilizar um extintor, devem conter em cinco áreas diferenciadas as indicações destacadas na figura 32.



Fig. 32 Rótulo de um extintor.

9 Características e modo de funcionamento dos extintores

De acordo com os critérios de classificação anteriormente referidos, descrevem-se, a seguir, as diferentes características e funcionamento dos diversos tipos de extintores.

9.1. Extintores de pressão permanente

Nos extintores de pressão permanente (fig. 33) o agente extintor e o gás propulsor estão misturados no recipiente.

Desta forma, a pressão está permanentemente estabelecida no interior por um gás inerte, geralmente o azoto (N_2).

O agente extintor ocupa uma grande parte do volume interno do recipiente, ficando o restante volume, que se designa por câmara de expansão, reservada para o gás propulsor, que se encontra a uma pressão entre 12 e 14 kg/cm^2 .



Fig. 33 Extintores de pressão permanente. A – De água; B – De pó químico.

Nestes extintores, existe um manómetro que permite verificar a pressão interna, que deve estar dentro dos valores estipulados para o funcionamento eficaz do extintor.

Quando se retira a cavilha de segurança e abre a válvula do extintor, o agente extintor, pela acção da pressão exercida pelo gás propulsor, é expelido para o exterior através do tubo sifão e mangueira, com bico difusor colocado na extremidade desta.

Para interromper, temporária ou definitivamente, a descarga do agente extintor basta fechar a válvula de comando.

O extintor de CO₂ (fig. 34) é, também, um extintor de pressão permanente, mas trata-se de um caso particular. Com efeito, devido às suas propriedades físicas e a uma pressão de 50 a 60 kg/cm², à temperatura ambiente o CO₂ encontra-se dentro do recipiente em dois estados físicos: líquido e gasoso.

Este extintor caracteriza-se pelo facto de não possuir manómetro. Tem um tubo sifão e uma válvula de controlo de descarga com um difusor (agulheta) acoplado ou, no caso dos extintores de maior capacidade, uma mangueira com difusor ligado à válvula. O difusor garante as condições ideais para expansão do CO₂ e permite dirigir o agente extintor para as chamas, com eficácia e segurança.



Fig. 34 Extintor de CO₂.

O agente extintor ao vaporizar-se, quando é expelido através do difusor, produz uma temperatura negativa que pode atingir -78°C.

Para se interromper, temporária ou definitivamente, a descarga de CO₂ basta fechar a válvula de comando de descarga.

9.3. Extintores transportáveis

Os extintores transportáveis, devido à sua especificidade, merecem ser objecto de uma referência especial.

Os **extintores puxados manualmente** (fig. 36), quanto ao seu modo de funcionamento, podem ser de pressão permanente ou de pressão não permanente. Neste último caso, o gás propulsor encontra-se normalmente numa garrafa exterior.

As capacidades mais usuais nos extintores puxados manualmente variam entre 20kg e 100kg.



Fig. 36 Extintor transportável puxado manualmente.

Os **extintores rebocáveis** (fig. 37) são equipamentos de médio e grande porte que, para se deslocarem, necessitam ser atrelados a um veículo que os reboca.

Quanto ao modo de funcionamento, são de colocação em pressão no momento da utilização. As garrafas do gás propulsor, normalmente azoto (N_2), encontram-se montadas no exterior do recipiente.

Devido às suas características, deve tomar-se em atenção as instruções fornecidas pelos fabricantes para a forma de colocação em funcionamento destes extintores.



Fig. 37 Extintor transportável rebocável.

9.4. Por tipo de agente extintor

9.4.1. Extintores à base de água

Os extintores à base de água mais comuns são constituídos por recipientes recarregáveis possuindo, geralmente, uma capacidade de seis ou de nove litros. Podem ser de pressão permanente ou de pressão não permanente.

Estes extintores têm a característica de poderem projectar a água em jacto ou pulverizada. A descarga deve fazer-se através de um filtro colocado no tubo sifão, de forma a reter corpos estranhos que possam existir misturados com o agente extintor.

9.4.2. Extintores de espuma física

O extintor de espuma é aquele que projecta uma mistura espumosa à base de água.

Como já foi referido nos agentes extintores, a espuma física obtém-se pela mistura de três elementos: água, líquido espumífero e ar.

No caso dos extintores de espuma física, a água e o espumífero estão contidos no recipiente, podendo o espumífero estar dentro de uma embalagem de plástico, que se rompe no momento da pressurização ou já estar adicionado à água desde a altura em que o extintor foi carregado.

Quando da actuação do extintor, o ar mistura-se com a água e o espumífero através dos orifícios da agulheta.

Os extintores de espuma física podem ser de pressão permanente ou não permanente.

9.4.3. Extintores de dióxido de carbono (CO₂)

Conhecidos como «extintor de CO₂», contêm dióxido de carbono em estado liquefeito, armazenado sobre pressão.

O dióxido de carbono encontra-se no recipiente, à temperatura ambiente (cerca de 18°C).

O CO₂ ao vaporizar-se, sob a forma de «neve carbónica», pode atingir temperaturas da ordem de 78°C negativos, o que implica muito cuidado no manuseamento deste extintor, sobretudo quando utilizado na presença de outras pessoas.

Ao utilizar o extintor é normal formar-se uma «camada de gelo» no seu difusor.

A projecção do CO₂ obtém-se pela pressão permanente criada no interior do recipiente, provocada pela tensão de vapor do próprio agente extintor.

9.4.4. Extintores de pó

Como o próprio nome indica, como agente extintor, contém pó químico seco, ABC, BC ou D.

A pressurização destes extintores pode ser obtida por pressão permanente ou não permanente.

10

Actuação com extintores

10.1. Considerações gerais

Para actuar com um extintor é necessário, previamente:

- Garantir que o agente extintor é o adequado para o tipo de incêndio, em especial, que não há riscos na sua utilização na classe de fogo em questão, para que a actuação seja segura;

- Conhecer perfeitamente o modo de funcionamento e utilização deste equipamento, para que a actuação seja eficaz.

Assim, o conhecimento das regras básicas sobre a utilização dos extintores é fundamental para a segurança dos bombeiros e o êxito na extinção do incêndio.

Nestas condições, é indispensável tomar em consideração as seguintes regras a observar por quem actua com um extintor:

- Identificar prontamente todos os tipos de extintores;
- Conhecer perfeitamente o modo de utilização de cada tipo de extintor;
- Actuar rapidamente utilizando o extintor adequado à classe de fogo;
- Em espaços interiores, actuar sempre em grupos de dois bombeiros;
- Extinguir o incêndio de acordo com os procedimentos indicados a seguir.

A T E N Ç Ã O

- A aproximação ao incêndio tem que ser progressiva;
- Deve avançar-se tendo a certeza que não se ficará cercado pelo incêndio;
- Em espaços interiores, deve actuar-se sempre com aparelhos de protecção respiratória;
- Ao ar livre, não se deve expor ao fumo e gases libertados.

10.2. Activação do extintor

No acto de utilização de um extintor o primeiro passo será a activação deste, isto é, colocá-lo em condições de funcionamento.

Para tal o bombeiro deve:

- **Retirar a cavilha de segurança** (fig. 38). No caso dos extintores de pressão permanente ficam prontos a funcionar a partir daquele momento;



Fig. 38 Retirar a cavilha de segurança.

- **Pressurizar** caso seja um extintor de pressão não permanente percutindo o disco da garrafa interior que contém o gás propulsor (fig. 39) ou rodando o volante da válvula da garrafa exterior (fig. 40);



Fig. 39 Percutir o disco.



Fig. 40 Rodar o volante da válvula.

- **Premir o manípulo existente na válvula do extintor** (fig. 41), quando o comando está instalado na referida válvula;



Fig. 41 Premir o manípulo da válvula.

- **Premir o manípulo de comando existente na pistola (ou agulheta) difusora (fig. 42).**



Fig. 42 Premir o manípulo de comando da pistola (ou agulheta) difusora.

10.3. Modo de actuar

Ao actuar com um extintor o bombeiro deve ter em consideração os seguintes aspectos:

- Um incêndio ao ar livre deve ser sempre combatido a favor do vento de modo a que o agente extintor seja dirigido no sentido para onde as chamas e fumo estão a ser projectados. Desta forma, evitará queimaduras, a inalação de gases e fumo e o desvio do jacto do agente extintor (fig. 43);



Fig. 43 Combater o incêndio a favor do vento.

- Se, por qualquer motivo, combater o incêndio contra o vento, ou em locais interiores, proteja-se com equipamento adequado (fig. 44);



Fig. 44 Utilizar sempre o equipamento de protecção adequado.

- Antes de se avançar para o incêndio, deve efectuar-se um disparo curto do agente extintor para comprovar que o extintor se encontra em condições de operacionalidade;
- Avançar até se aproximar do incêndio (três a cinco metros consoante o tipo e capacidade do extintor);
- Dirigir o jacto do agente extintor para o incêndio, avançando à medida que este vai perdendo alcance ou o incêndio se for extinguindo (fig. 45);



Fig. 45 Aproximação ao incêndio.

- Se o extintor for de CO_2 , aproximar-se o mais perto possível do incêndio. Pela sua natureza, o CO_2 tem pouco alcance e é facilmente desviado pelo vento e correntes de convecção (fig. 46);

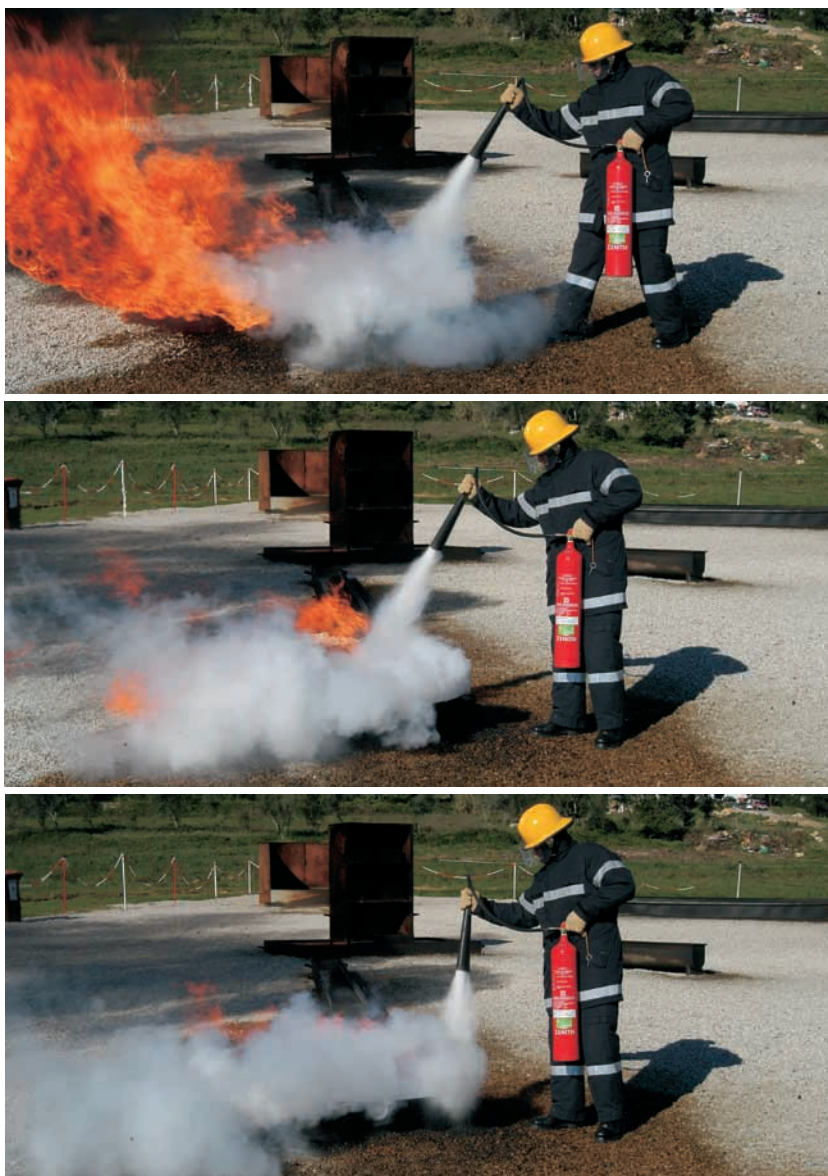


Fig. 46 Aproximação ao incêndio com um extintor de curto alcance.

- Começar a extinção do incêndio pelo ponto mais próximo de si, projectando o jacto do agente extintor de forma a efectuar um corte junto à base das chamas (fig. 47);



Fig. 47 Projectando o agente extintor para a base das chamas.

- Movimentar o jacto na horizontal, fazendo movimentos laterais (varrimento) de forma a abranger toda a superfície ou volume da chama (fig. 48);



Fig. 48 Movimentos laterais (varrimento).

- Em incêndios de combustíveis líquidos contidos em recipientes, não incidir o jacto na vertical do fogo pois corre-se o perigo de espalhar o combustível para fora do recipiente (fig. 49);



Fig. 49 Manobra errada - jacto na vertical com projecção do combustível líquido.

- Ao utilizar-se extintores de espuma, deve fazer-se incidir o jacto do agente extintor para a parede interior do recipiente, de forma a que esta se espalhe uniformemente pela superfície do líquido em combustão (fig. 50);



Fig. 50 Espuma projectada para a parede do recipiente.

- Se o extintor for de água pulverizada, esta é projectada por cima do incêndio em movimentos circulares (fig. 51);



Fig. 51 Projecção de água pulverizada.

- Se o incêndio se desenvolver na vertical (caso de líquidos combustíveis em derrame de cima para baixo, cortinados etc.), o incêndio deve ser combatido, iniciando-se na parte inferior e progredindo seguidamente de baixo para cima (fig. 52 e 53);



Fig. 52 Líquido a cair por gravidade.



Fig. 53 Incêndio a desenvolver-se na vertical.

- Ao combater um incêndio em gases inflamáveis em saída livre, o agente extintor deve ser dirigido junto à saída, pela retaguarda ou lateralmente num ângulo de 45° a 90° (fig. 54);



Fig. 54 Posições para combate a um incêndio de gases inflamáveis.
A - Correcto; B - Incorrecto.





VOLUME

VII

Fenomenologia da combustão e extintores

89

Bibliografia

■ Bibliografia de apoio

ATKINS, P. W. e BERAN, J. A., (1992) – *General Chemistry*. New York, Scientific American.

Essentials of Fire Fighting, (1983), 2.^a ed., Oklahoma: Fire Protection Publications.

EUROVISUAL, COMUNICAÇÕES LDA (1997) – Manual de Instrução – Extintores.

FREITAS, O. S.; SÁ, J. M., (1991) – Manual Técnico-Profissional para Bombeiros, Brasília.

FRIEDMAN, R., (1996) – *Principles of Fire Protection Chemistry*. 2.^a ed., NFPA.

MIGUEL, Alberto Sérgio S. R., (1995) – *Manual de Higiene e Segurança no Trabalho*. Porto Editora, 3.^a Edição.

Praticas y Teoria para Bomberos, (1991) – Oklahoma: Publicaciones de Proteccion Contra Incendios.

PURT, G. A., (1980) – *Introdução à Técnica do Fogo*. Lisboa: Liga dos Bombeiros Portugueses.

SCOTT, Ronald, (1997) – *Basic Concepts of Industrial Hygiene*. Boca Raton: Lewis Publishers.

■ Bibliografia referenciada

NP EN 2, (1993) – Segurança contra incêndios – Definição e designação das classes de fogos. Lisboa: Instituto Português de Qualidade.

- NP EN 3 Parte 1, (1997) – Segurança contra incêndios – Extintores de incêndio portáteis. Designação, duração de funcionamento. Ensaios de eficácia (fogos – tipo). Lisboa: Instituto Português de Qualidade.
- NP EN 3 Parte 2, (1997) – Segurança contra incêndios – Extintores de incêndio portáteis. Ensaios de estanquidade, dieléctrico e de compactação. Lisboa: Instituto Português de Qualidade.
- NP EN 3 Parte 5, (1997) – Segurança contra incêndios – Extintores de incêndio portáteis. Especificações e ensaios complementares. Lisboa: Instituto Português de Qualidade.
- NP 1800, (1981) – Segurança contra incêndios – Agentes extintores. Selecção segundo as classes de fogos. Lisboa: Instituto Português de Qualidade.
- NP 1936, (1983) – Segurança contra incêndios – Classificação dos líquidos quanto ao ponto de inflamação. Lisboa: Instituto Português de Qualidade.
- NP EN 25923, (1996) – Segurança contra incêndios – Agentes extintores. Dióxido de carbono. Lisboa: Instituto Português de Qualidade.
- NP 3064, (1988) – Segurança contra incêndios – Utilização dos extintores de incêndio portáteis. Lisboa: Instituto Português de Qualidade.
- NP 3874-1, (1995) – Segurança contra incêndios – terminologia. Parte 1: termos gerais e fenómenos do fogo. Lisboa: Instituto Português de Qualidade.
- NP 4413, (2002) – Segurança contra incêndios – manutenção de extintores. Lisboa: Instituto Português de Qualidade.
- Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho n.º 2037/2000/CE de 29/06/2000
- CASTRO, Carlos Ferreira de e ABRANTES, José M. Barreira (2005) – «Combate a Incêndios Urbanos e Industriais», *Manual de Formação Inicial do Bombeiro*, Vol. X, Escola Nacional de Bombeiros, Sintra, 2.ª ed., 86 p.
- CASTRO, Carlos Ferreira de; SERRA, Gouveia; PAROLA, José; REIS, José; LOURENÇO, Luciano e CORREIA, Sérgio (2003) – «Combate a Incêndios Florestais», *Manual de Formação Inicial do Bombeiro*, Vol. XIII, Escola Nacional de Bombeiros, Sintra, 2.ª ed., 93 p.
- GOMES, Artur (2003) – «Ventilação Táctica», *Manual de Formação Inicial do Bombeiro*, Vol. XII, Escola Nacional de Bombeiros, Sintra, 2.ª ed., 62 p.

Glossário

- Abafamento** – Método de extinção de incêndios que consiste em eliminar o comburente, através de uma acção exterior
- Ácida** – Designação genérica para uma substância capaz de libertar iões de hidrogénio quando em solução. Liberta vapores tóxicos, capaz de provocar queimaduras
- Aditivo** – Substância química adicionável a outra para melhorar as suas características. No caso do combate a incêndios adiciona-se à água para melhorar as suas características extintoras ou retardantes
- AFFF** – Agente espumífero que, misturado com a água e o ar, forma uma fina película (filme) que se mantém à superfície de um líquido (Agente Formador de Filme Flutuante)
- Agente espumífero** – Substância que misturada com a água e, posteriormente, com o ar dá origem a uma espuma destinada à extinção de incêndios
- Agente extintor** – Substância destinada à extinção de incêndios
- Alcalina** – Substância que neutraliza os ácidos e que, geralmente, provoca queimaduras quando concentrada. Pode libertar vapores tóxicos
- Arco voltaico** – Faísca originada no ar entre dois condutores eléctricos
- Arrefecimento** – Método de extinção de incêndios que consiste em reduzir a temperatura do combustível

- Asfixia** – Método de extinção de incêndios que consiste em eliminar o comburente, devido ao seu consumo na combustão
- Átomo** – Unidade mais pequena da matéria que pode tomar parte numa reacção química, não podendo ser dividida quimicamente numa substância mais simples
- Backdraft** – Ver «Explosão de fumo»
- Brasas** – Combustível sólido a arder sem libertação de chamas
- Calor** – Forma de energia que pode ser transferida entre dois corpos, quando as temperaturas dos mesmos, são diferentes. O calor fluirá até que os gradientes de temperatura desapareçam. A unidade no sistema internacional, para a energia é o Joule, J
- Carência** – Método de extinção de incêndios que consiste em eliminar o combustível
- Carga de um extintor** – Massa ou volume de agente extintor contido no extintor. A carga dos equipamentos com agentes extintores à base de água é expressa em unidades de volume (ℓ), enquanto que a carga dos restantes extintores é expressa em unidades de massa (Kg)
- Chama** – Zona de combustão em fase gasosa, com emissão de luz
- Chuveiro** – Água pulverizada para combate a incêndios, a uma pressão inferior a 20 bar
- Coeficiente de expansão** – Relação entre o volume de espuma produzido e o volume de solução emulsora inicial
- Comburente** – Elemento ou composto químico susceptível de provocar a oxidação ou combustão de outras substâncias (alimenta uma combustão)
- Combustão** – Reacção exotérmica de uma substância combustível com um comburente, susceptível de ser acompanhada de uma emissão de chama e/ou de incandescência e/ou de emissão de fumo
- Combustão generalizada** – Passagem brusca ao estado de combustão de todos os materiais existentes no interior de um recinto fechado
- Combustão livre** – Fase do desenvolvimento de uma combustão em que existe elevada produção de chamas, atingindo-se a temperatura máxima
- Combustão oculta** – Combustão sem emissão de luz ou de produtos que a permitam detectar facilmente

- Combustível** – Substância susceptível de arder
- Composto orgânico** – Substância que na sua composição química possui carbono
- Condução** – Forma de propagação de energia directamente no interior de um corpo ou através de corpos em contacto, sem deslocação de matéria
- Condutividade térmica** – Capacidade de uma substância conduzir calor
- Convecção** – Forma de propagação de energia através da deslocação de matéria (gasosa ou líquida) aquecida
- Corete** – Espaço vertical de um edifício destinado a albergar cabos e condutores eléctricos
- Corrosão** – Destruição de metais e ligas por ataque químico (ex.: ferrugem)
- Deflagração** – Fenómeno explosivo que se propaga a uma velocidade inferior à do som no ar (340m/s, subsónica)
- Densidade (específica)** – Quociente entre a massa de uma determinada quantidade de substância e o volume que ela ocupa
- Detonação** – Fenómeno explosivo que se propaga a uma velocidade superior à do som no ar (supersónica), e que se caracteriza por uma onda de choque
- Dissipação** – Acção de dispersar ou transferir energia para outro meio
- Doseador-misturador** – Equipamento hidráulico utilizado pelos bombeiros para misturar espumífero com água, visando a posterior formação de espuma
- Eclosão** – Fase inicial de um incêndio
- Electrão** – Uma das três principais partículas subatómicas (as outras são o protão e neutrão), de carga negativa que se movimentam a grande velocidade, à volta do núcleo de um átomo
- Emulsor** – Ver «Agente espumífero»
- Energia de activação** – Quantidade mínima de energia necessária para iniciar a combustão de um combustível no seio de um comburente
- Espuma** – Agente extintor formado por bolhas, constituídas por uma atmosfera gasosa (ar), que se encontra confinada numa parede formada de uma película fina do agente emulsor

- Espumífero** – Ver «Agente espumífero»
- Exotérmica** – Reacção química que liberta energia, em geral, na forma de calor
- Explosão** – Reacção brusca de oxidação ou de decomposição provocando uma elevação de temperatura ou de pressão ou de ambos simultaneamente
- Explosão de fumo** – Explosão de monóxido de carbono aquecido resultante do fornecimento repentino de oxigénio ao espaço confinado onde se verifica o incêndio
- Extinção** – Acção de eliminar uma combustão
- Extintor** – Aparelho que contém um agente extintor, o qual pode ser projectado e dirigido para o fogo por acção de uma pressão interna. Esta pressão pode ser produzida por prévia compressão ou pela libertação de um gás auxiliar
- Flashover* – Ver «Combustão generalizada»
- Fluoroproteico** – Agente espumífero com base em proteínas, cuja eficácia é melhorada pela associação de produtos fluorados
- Fogo** – Combustão caracterizada por uma emissão de calor acompanhada de fumo, de chama ou de ambos
- Fumo** – Conjunto visível de partículas sólidas, e/ou líquidas, em suspensão no ar, resultante de uma combustão
- Gás inerte** – Gás que não reage na combustão (não é combustível, nem comburente)
- Gás liquefeito** – Gás comprimido a pressões elevadas de modo a ficar no estado líquido
- Halon** – Ver «Hidrocarboneto halogenado»
- Hidrocarboneto** – Composto que tem como base da sua composição átomos de carbono e hidrogénio
- Hidrocarboneto halogenado** – Agente extintor em que alguns átomos de hidrogénio foram substituídos por átomos de flúor, cloro, bromo ou iodo
- Ignição** – Início da combustão

- Incandescência** – Forma de combustão, de um material no estado sólido, sem chama mas com a emissão de luz na zona da combustão
- Incêndio** – Fogo sem controlo no espaço e no tempo e que provoca danos
- Inflamabilidade** – Capacidade de um gás ou vapor originar uma chama na presença de uma fonte de ignição
- Inflamação** – Fase inicial da combustão em que surgem as chamas
- Infravermelha** – Tipo de radiação invisível que se situa abaixo da radiação visível de cor vermelha
- Inibição** – Acção que reduz a produção de radicais livres
- Jacto** – Aplicação de água de forma compacta para combate a incêndios
- Liga** – Associação de dois ou mais metais
- Liquidificável** – Sólido que passa ao estado líquido por aumento de temperatura
- Líquido polar** – Líquido normalmente solúvel em água
- Miscibilidade** – Propriedade dos líquidos se misturarem entre si
- Molécula** – Grupo de dois ou mais átomos ligados entre si
- Molhante** – Substância que aumenta a capacidade da água aderir à superfície de um corpo e penetrar no seu interior
- Neutrão** – Partícula subatómica de carga neutra, contribuindo para a massa do átomo mas não afectando o seu carácter químico
- Nevoeiro** – Água pulverizada, para combate a incêndios, a uma pressão superior a 20 bar
- Opacificante** – Substância que adicionada à água diminui a passagem da radiação
- Oxidação** – Reacção química caracterizada pela perda de electrões. Reacção de uma substância com o oxigénio (combustão)
- Polivalente** – Que pode ser utilizado em diferentes tipos de fogos ou usado para líquidos polares e não polares
- Potencial calorífico** – Energia calorífica susceptível de ser libertada pela combustão completa da massa unitária de um material
- Pressurização** – Acto de colocação sob pressão
- Propagação** – Desenvolvimento do incêndio no espaço e no tempo

- Proteico** – Que contém proteínas
- Protão** – Partícula subatômica de carga positiva que constitui o núcleo do átomo
- Radiação** – Emissão de energia que se propaga através do espaço sem suporte material
- Radical livre** – Átomo ou molécula extremamente reactivo com um tempo de vida curta (possui um electrão desemparelhado)
- Reacção em cadeia** – Sucessão de reacções, geralmente envolvendo radicais livres, caracterizada pela contínua formação de espécies reagentes, que podem alimentar a combustão
- Rede de incêndio armada** – Rede privativa de serviço de incêndios dum edifício ou instalação industrial que contém bocas de incêndio armadas, isto é, equipadas com mangueira, agulheta e demais acessórios para actuação imediata
- Sintético** – Agente espumífero que não é de origem natural
- Solução emulsora** – Mistura de água com emulsor
- Sprinkler** – Equipamento pulverizador de água incluído numa instalação automática destinada à extinção de incêndios dum edifício ou instalação industrial
- Temperatura** – É uma medida do calor, sendo a mesma baseada num padrão ou referência. Uma das referências mais simples de utilizar é a baseada no ponto de fusão da água 0°C (zero graus Celsius), e respectivo ponto de ebulição, 100°C, dando origem a uma escala de temperaturas. A unidade no S.I. para a temperatura é o Kelvin, K. A relação entre esta unidade de temperatura (T) e a temperatura Celsius (t) é dada por: $T = (t+273,15) K$.
- Tetraedro do fogo** – Quatro elementos que, em conjunto, garantem a manutenção da combustão: combustível, comburente, energia de activação e reacção em cadeia
- Toxicidade** – Capacidade de uma substância provocar a morte ou danos graves à saúde quando inalada, engolida ou absorvida pela pele
- Triângulo do fogo** – Três elementos que, em conjunto, permitem a ignição de uma combustão: combustível, comburente e energia de activação
- Viscosificante** – Substância que adicionada à água diminui a sua velocidade de escoamento



Índice remissivo

A

Aditivo	43-45, 59, 91
AFFF	43, 48, 49, 55, 60, 91
Agente espumífero	47, 91
Agente extintor	23, 41, 42, 45, 64, 66, 70-73, 75, 77, 79, 83, 87, 91
Átomo	10-12, 15, 61, 92

B

Brasas	13, 23, 24, 32, 38, 39, 59, 60, 62, 92
--------------	--

C

Calor	9, 13-16, 18-21, 25, 26, 32-36, 40, 43-45, 47, 48, 92
Carga de um extintor	61, 92
Chama. 13-18, 24, 25, 28, 30-34, 36, 39, 43, 46, 54, 57, 59, 60, 69, 77, 82, 92	
Chuveiro	42-44, 57, 92
Coefficiente de expansão	47, 52, 92
Comburente	14, 16, 17, 20, 22, 24, 28, 38, 42, 92
Combustão generalizada	26, 32-34, 92
Combustão livre	30-32, 92
Combustão oculta	36, 92
Combustível. 14, 16-22, 24, 25, 32, 34, 37, 38, 40, 42-46, 48, 49, 60, 82, 92	
Composto orgânico	13, 14, 92
Condução	26
Condutividade térmica	18, 36, 93

Convecção.....	27, 93
Corete	27, 93
Corrosão	43, 57, 93
D	
Deflagração	24, 93
Densidade (específica)	18, 19, 27, 44, 47, 93
Detonação.....	24, 93
Dissipação	33, 93
Doseador-misturador	50, 51, 93
E	
Eclosão.....	31, 93
Electrão	10, 93
Emulsor	43, 45, 47-50, 56, 57, 93
Energia de activação	14, 16, 18, 39, 93
Espuma	36, 39, 43, 45-57, 60, 64, 73, 73, 83, 93
Espumífero	47, 72, 87, 93
Exotérmica.....	9, 93
Explosão.....	24, 44, 53, 61, 93
Explosão de fumo	32, 35, 94
Extinção	9, 23, 32, 36-46, 54, 57, 58, 60, 61, 64, 66, 74, 81, 94
Extintor	9, 40, 41, 45, 58, 60, 61, 63-75, 77, 79, 80, 83, 84, 94
F	
<i>Flashover</i>	33, 34, 94
Fluorproteico	48, 94
Fogo..	9, 10, 13, 23-30, 35, 43, 44, 46, 48, 57-60, 62, 63, 66, 70, 73, 82, 94
Fumo	28, 62, 74, 77, 94
G	
Gás inerte	39, 68, 70, 94
Gás liquefeito	58, 73, 94
H	
Halon	61, 62, 65, 73, 94
Hidrocarboneto	43, 48, 55, 61, 62, 65, 73, 94
I	
Ignição	20, 24, 54, 94
Incandescência	13, 24, 32, 94

Incêndio..	9, 17, 19, 21, 25-28, 30-39, 41-45, 54, 56, 58-63, 73, 74, 77-87, 94
Inflamabilidade	22, 24, 94
Inflamação	18, 20, 21, 39, 55, 62, 95
Infravermelha	25, 44, 95
Inibição	40, 59, 95
Inodoro	35, 95
J	
Jacto	42-46, 57, 72, 77, 79, 81, 82, 95
L	
Liquidificável	23, 95
Líquido polar	48, 95
M	
Miscibilidade.....	18, 19, 95
Molécula.....	10-13, 15, 43, 95
Molhante.....	43, 95
N	
Neutrão.....	10, 95
Nevoeiro	42-44, 95
O	
Opacificante.....	44, 95
Oxidação.....	13, 24, 95
P	
Potencial calorífico	33, 95
Pressurização.....	72, 73, 95
Propagação	13, 19, 24-27, 31, 34, 44-46, 54, 95
Proteico.....	47, 48, 57, 95
Protão	10, 95
R	
Radiação.....	25, 33, 44, 96
Radial livre	15, 16, 40, 96
Reacção em cadeia.....	15, 40, 59, 96
Rede de incêndio armada	45, 96
S	
Sintético.....	48, 96
Solução emulsora.....	47, 49, 52, 53, 96

Sprinkler 45, 96

T

Temperatura 11, 13, 18-21, 26, 28, 31-36, 39, 43, 58, 59, 69, 72, 96

Tetraedro do fogo 15, 36, 41, 96

Toxicidade 29, 56, 62, 96

Triângulo do fogo 14, 40, 96

V

Viscosificante 43, 96

Índice geral

Prefácio	3
Sumário	5
Siglas	7
1 Introdução	9
2 Constituição da matéria e suas propriedades.....	10
2.1. Átomos e moléculas	10
2.2. Estados físicos da matéria	12
3 Início e propagação do fogo	13
3.1. O que é o fogo?	13
3.2. Triângulo do fogo	14
3.3. Tetraedro do fogo	15
3.4. Fontes de energia de activação	16
3.5. Comburentes	17
3.6. Combustíveis.....	17
3.6.1. Condutividade térmica	18
3.6.2. Estado de divisão	18
3.6.3. Densidade	18

3.6.4. Miscibilidade	19
3.6.5. Temperaturas características	19
3.6.6. Tendência para libertar vapores (combustíveis líquidos)	21
3.7. Limites de inflamabilidade	22
3.8. Classes de fogos	23
4 Aspectos gerais da combustão	24
4.1. Velocidade de combustão	24
4.2. Propagação da energia da combustão	25
4.3. Produtos da combustão	28
5 Desenvolvimento e progressão de um incêndio	30
5.1. Fases de desenvolvimento de um incêndio	30
5.2. Combustão generalizada	33
5.3. Explosão de fumo	35
5.4. Combustão oculta	36
6 Métodos de extinção	36
6.1. Carência	37
6.2. Limitação do comburente	38
6.3. Arrefecimento	39
6.4. Inibição	40
7 Agentes extintores	41
7.1. Água	42
7.1.1. Aspectos gerais	42
7.1.2. Aditivos	43
7.1.3. Aplicações	44
7.2. Espumas	45
7.2.1. Aspectos gerais	45
7.2.2. Agentes espumíferos (emulsores)	47
7.2.3. Produção de espuma física	49
7.2.4. Utilização de espumas	54
7.2.5. Restrições ao uso de espumas	56

7.3.	Gases inertes: Azoto e dióxido de carbono	57
7.3.1.	Aspectos gerais	57
7.3.2.	Restrições e limitações	59
7.4.	Pós químicos	59
7.4.1.	Aspectos gerais	59
7.4.2.	Restrições e limitações	61
7.5.	Halons	61
7.5.1.	Aspectos gerais	61
7.5.2.	Restrições e limitações	62
7.5.3.	Alternativos aos halons	62
7.6.	Escolha do agente extintor	63

8	Classificação dos extintores	63
8.1.	Considerações gerais	63
8.2.	Classificação quanto ao agente extintor	64
8.3.	Classificação quanto à mobilidade	65
8.4.	Classificação quanto ao modo de funcionamento	66
8.5.	Classificação quanto à eficácia de extinção	66

9	Características e modo de funcionamento dos extintores	67
9.1.	Extintores de pressão permanente	68
9.2.	Extintores de pressão não permanente	70
9.3.	Extintores transportáveis	71
9.4.	Por tipo de agente extintor	72
9.4.1.	Extintores à base de água	72
9.4.2.	Extintores de espuma física	72
9.4.3.	Extintores de dióxido de carbono (CO ₂)	73
9.4.4.	Extintores de pó	73

10	Actuação com extintores	73
10.1.	Considerações gerais	73
10.2.	Activação do extintor	74
10.3.	Modo de actuar	77

Bibliografia	89
Glossário	91
Índice remissivo	97