

A full-page photograph showing two firefighters in full protective gear, including helmets and air tanks, using a large white foam cannon to fight a massive fire. The fire is intense, with bright orange and yellow flames and thick black smoke rising into the sky. The scene is set outdoors in front of a white building with red window shutters. The ground is covered with a layer of white foam.

Regimento de Sapadores Bombeiros

Manual do Sapador Bombeiro

Manual

**Espumas**

para combate a Incêndios

# ESPUMAS PARA COMBATE A INCÊNDIOS

Lisboa, 2016

# FICHA TÉCNICA

## **Edição**

Câmara Municipal de Lisboa  
Regimento de Sapadores Bombeiros  
Escola do Regimento de Sapadores Bombeiros

**Ano** 2016

**Local** Lisboa

**Título** Espumas para combate a incêndios

**Coleção** Manual do Sapador Bombeiro n.º 10

## **Autores**

Almerindo José Gonçalves Ferreira | Chefe de 2.ª Classe  
José Miguel Maximiano Gonçalves Ferreira | Subchefe de 1.ª Classe  
Mário Jorge Figueiredo Ferreira | Subchefe de 1.ª Classe  
Pedro Gonçalo Simões Rodrigues | Subchefe de 2.ª Classe

## **Colaboração Especial**

Mário Colaço e Rodrigo Mira

## **Coordenação Editorial**

Almerindo José Gonçalves Ferreira

## **Fotografias**

Almerindo José Gonçalves Ferreira  
CLC – Companhia Logística de Combustíveis, S.A.  
Departamento de Limitação de Avarias – Marinha Portuguesa

## **Conceção de imagem e paginação**

Isilda Marcelino

## **Revisão Gráfica**

Carlos Vilela

## **Revisão de Texto**

Catarina Santos

## **Impressão e Acabamento**

Imprensa Municipal

## **ISBN**

978-972-99427-4-7

## **Tiragem**

500 ex.

## **Depósito Legal**

....

**Preço de capa** conforme tabela de preços em vigor

© **Regimento de Sapadores Bombeiros | 2016**

É expressamente proibida a reprodução da presente obra, no todo ou em parte, sem autorização do Regimento de Sapadores Bombeiros, de harmonia com a lei em vigor.

Regimento de Sapadores Bombeiros

ESPUMAS PARA COMBATE A INCÊNDIOS





A Escola do Regimento de Sapadores Bombeiros (ERSB), ao longo da sua existência, tem paulatinamente cumprido a sua missão na formação dos bombeiros profissionais com a publicação de manuais de diferentes áreas temáticas do conhecimento, cuja pertinência dos conteúdos está diretamente relacionada com os módulos dos cursos ministrados.

O manual n.º 10 da coleção “MANUAL DO SAPADOR BOMBEIRO” contém conceitos gerais e específicos sobre as espumas como agente extintor, material usado pelos bombeiros na atividade operacional no combate a incêndios.

Este volume prossegue a construção do «edifício» pedagógico e didático da formação de base do bombeiro, consubstanciada na edição do Manual de Formação Inicial do Bombeiro, constituindo-se um documento orientador e de apoio ao processo de aprendizagem contínuo na carreira de bombeiro sapador.

Enquanto documento pedagógico de natureza técnica, o presente manual visa ser um instrumento facilitador na aquisição de conteúdos e desenvolvimento de capacidades no desempenho de ações de combate a incêndios.

Estou certo que este manual constituirá uma importante ferramenta no processo de ensino/aprendizagem e desenvolvimento de competências dos profissionais do RSB bem como de outras entidades e agentes de proteção civil.

Pedro Miguel P. Patrício  
*Tenente-Coronel GNR*  
*Comandante do RSB*





**Zumischer** Z2R  
DIN 14364 0-6% 200l/min

A extinção de incêndios da classe B requer das equipas de sapadores bombeiros conhecimentos específicos, não só sobre o tipo de agente extintor a ser usado, como também sobre o equipamento necessário para a sua produção e aplicação.

Tratando-se de uma classe de fogo muito específica, a intervenção neste tipo de incêndios deve ser efetuada após uma cuidadosa análise quanto ao tipo de combustível e área envolvida, de modo a garantir a logística necessária para o combate, nomeadamente, a quantidade e tipo de concentrado espumífero, de água e equipamentos de produção e aplicação a utilizar.

Assim, a Escola do Regimento de Sapadores Bombeiros (ERSB) elaborou o presente “Manual de Espumas para Combate a Incêndios” com o fim de proporcionar aos profissionais do Regimento de Sapadores Bombeiros (RSB) uma ferramenta de estudo e de trabalho que garanta que a sua atuação neste tipo de incêndios seja efetuada com sucesso e profissionalismo.





# CONCEITOS GERAIS SOBRE ESPUMAS

## 1.1. O QUE É UMA ESPUMA

A espuma como agente extintor consiste numa massa estável de pequenas bolhas gasosas, envolvidas por películas aquosas mais leves do que a água. As espumas de combate a incêndios são uma mistura de água, concentrado espumífero e ar, capaz de flutuar sobre líquidos, nomeadamente hidrocarbonetos e líquidos polares.

A espuma tem capacidade de aderir a superfícies horizontais ou verticais e de escorrer facilmente sobre a superfície dum líquido em combustão, formando uma película de proteção que evita a entrada de ar e a libertação de vapores inflamáveis. Esta película resiste ao calor, às chamas e ao vento, e tem a capacidade de se refazer no caso de uma rotura. As espumas são eficientes no combate a incêndios da classe A e, particularmente, da classe B, e em casos especiais na classe C, nomeadamente no GNL através da aplicação de espuma de alta expansão.



## 1.2. FORMA DE ATUAÇÃO DAS ESPUMAS

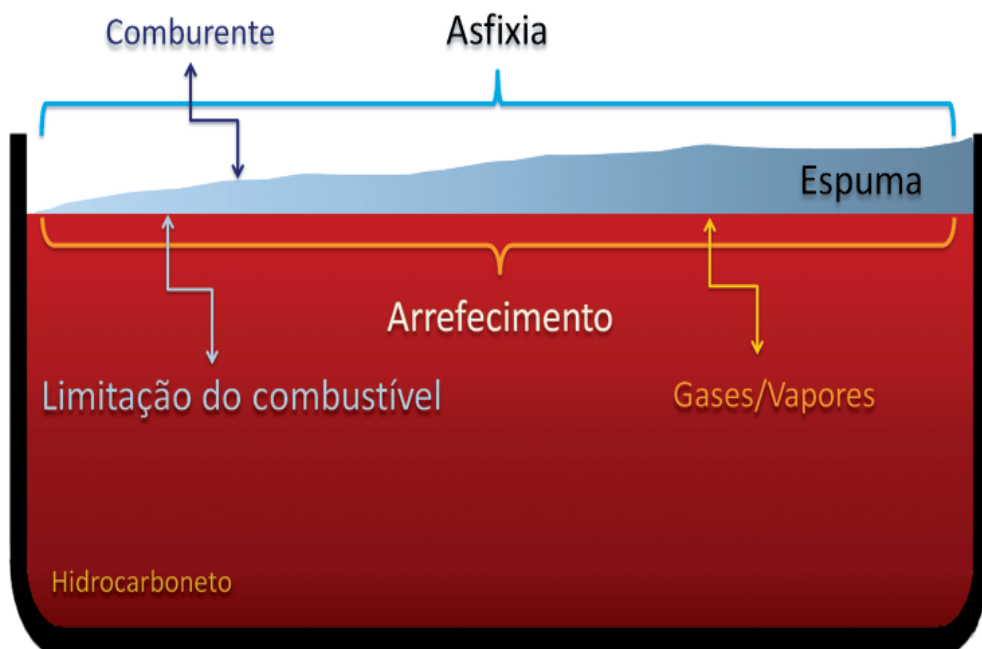
A baixa densidade que caracteriza a espuma faz com que, ao ser projetada sobre uma zona em combustão, consiga cobrir todo o combustível, mesmo os combustíveis líquidos de muito baixa densidade. Ao cobrir o combustível, o tapete de espuma, que é impermeável, isola o combustível do comburente (oxigénio) e suprime a vaporização do combustível.

A espuma contém na sua composição água. Ao lançar espuma sobre líquidos ou sobre outras substâncias combustíveis a água nela contida vaporiza, pela absorção de calor, arrefecendo-os.

A espuma atua sobre os três elementos do triângulo do fogo da seguinte forma:

### 1. POR ASFIXIA:

- Reduz a quantidade de comburente (oxigénio) no processo da combustão.



## 2. POR ARREFECIMENTO:

► A espuma é constituída, maioritariamente, por água, água essa que tem uma grande capacidade de arrefecimento. Esta capacidade de arrefecimento é aproveitada para absorver calor, que é retirado do combustível, que, assim, arrefece, diminuindo a libertação de vapores combustíveis.

## 3. LIMITAÇÃO DO COMBUSTÍVEL:

► Limita a libertação de vapores da superfície da substância combustível.

## 1.3. CARATERÍSTICAS DA ESPUMA

Para ser eficaz a espuma para combate a incêndios deve reunir as seguintes características físicas:

### VELOCIDADE DE EXTINÇÃO E FLUIDEZ:

► A espuma deve fluir livremente e de modo contínuo, ou seja, ter a capacidade de “circular” facilmente através dos dispositivos de produção, contornar os obstáculos que encontre no seu caminho e cobrir rapidamente o combustível.



### SUPRESSÃO DE VAPORES INFLAMÁVEIS:

■ A espuma deve ter a capacidade de formar tapetes homogêneos e suficientemente coesos para cobrir totalmente o combustível, produzindo simultaneamente uma barreira à entrada do ar e impedindo a libertação de vapores inflamáveis.

### RESISTENTE AO CALOR E ÀS CHAMAS:

■ A espuma deverá ser altamente resistente ao combustível, calor e chamas, não devendo ser afetada quimicamente pelo contacto com os materiais em combustão, nem pelos vapores libertados.

### ADERÊNCIA E FLUTUABILIDADE:

- A espuma deve ter capacidade de aderência às superfícies, especialmente às muito quentes;
- Deverá possuir uma baixa densidade que lhe permita flutuar quando aplicada em combate a incêndios em líquidos combustíveis e inflamáveis;
- Ter boa capacidade de retenção da água nela contida durante um período de tempo (*tempo de drenagem*).

**Tempo de drenagem** - é o tempo disponível (em minutos) para que 25% da espuma seja destruída, começando a perder água. Um tempo de drenagem longo significa que a cobertura de espuma mantém as suas qualidades durante mais tempo.

### COMPATIBILIDADE:

- Deverá ser compatível com outros agentes extintores, nomeadamente os pós químicos, de modo a que a sua aplicação simultânea não altere negativamente o tempo de drenagem;
- A espuma deve ter a capacidade de se expandir, independentemente da utilização de água doce ou salgada.



# ESPUMAS PARA EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS DA CLASSE B

Para a extinção de incêndios da **classe B** são empregues **espumas físicas/ /mecânicas**.

Esta espuma é obtida a partir de diversos concentrados espumíferos misturados com água e ar através de processos mecânicos apropriados.

A escolha da espuma a utilizar depende:

- Do **tipo de incêndio**;
- Do **local**;
- Das **condições ambientais**;
- Da **temperatura libertada pela combustão**.

## 2.1. CLASSIFICAÇÃO DAS ESPUMAS

As espumas classificam-se segundo a composição do **concentrado espumífero** e quanto ao seu **coeficiente de expansão**.

### 2.1.1. QUANTO AO CONCENTRADO ESPUMÍFERO

Os concentrados espumíferos são agentes químicos modificadores da tensão superficial da água com vista à produção de bolhas resistentes e estáveis ou através da formação de uma película, conferindo à espuma características de maior insolubilidade.

#### COMPOSIÇÃO DOS CONCENTRADOS ESPUMÍFEROS

Quanto a composição, os concentrados espumíferos dividem-se em dois grandes grupos:

- Base **Proteica**;
- Base **Sintética**.



### 2.1.1.1. CONCENTRADOS ESPUMÍFEROS DE BASE PROTEICA

As espumas obtidas com a utilização destes concentrados espumíferos são muito espessas, com grande quantidade de água e muito estáveis. São as de melhores características para emprego em instalações fixas, nomeadamente em tanques de armazenamento de combustíveis, por serem de todas as mais resistentes ao calor e as únicas capazes de superar o efeito de *boilover*, aderindo com qualidade às paredes interiores dos tanques metálicos sobreaquecidos. Dentro deste grupo destacam-se os seguintes concentrados espumíferos:

- ▶ **Proteicos standard;**
- ▶ **Fluor proteicos;**
- ▶ **Fluor proteicos com formação de película (FFFP).**

#### PROTEICOS STANDARD

Os concentrados espumíferos proteicos standard permitem obter uma espuma de decantação lenta. Não devem ser empregues em projecção direta sobre o líquido combustível, dada a sua pouca resistência à contaminação (tensão superficial).

Caraterísticas:

- ▶ São insolúveis em hidrocarbonetos, mesmo quentes;
- ▶ Apresentam boas características de cobertura e estanquidade, impedindo a passagem de vapores;
- ▶ Têm uma boa resistência ao fogo e à reigitação;
- ▶ A sua utilização é rentável apenas em baixa expansão;
- ▶ É solúvel e consequentemente destruída por líquidos polares, como os álcoois, éteres e acetonas.

#### FLUOR PROTEICOS

Estes concentrados espumíferos são semelhantes aos proteicos standard, consistindo a diferença na existência de um aditivo tensoativo fluorado. Podem ser utilizadas em aplicação direta, não perdendo eficácia.

Caraterísticas:

- Eficácia reforçada baseada na fluidez (baixa viscosidade);
- Resistência à contaminação;
- Apresentam boas caraterísticas de cobertura e estanquidade, impedindo a passagem de vapores nos hidrocarbonetos líquidos;
- Boa resistência ao fogo e à reignição;
- São compatíveis com pós químicos;
- São destruídos por líquidos polares.

## FLUOR PROTEICOS COM FORMAÇÃO DE PELÍCULA (FFFP)

Os concentrados espumíferos FFFP resultam de uma combinação de surfactantes fluor químicos com concentrados proteicos. Estes espumíferos criam uma película aquosa sobre a superfície do hidrocarboneto.

### 2.1.1.2. CONCENTRADOS ESPUMÍFEROS DE BASE SINTÉTICA

Os concentrados espumíferos de base sintética são basicamente detergentes sulfonados que baixam significativamente a tensão superficial da água. As espumas produzidas a partir destes concentrados espumíferos caracterizam-se por uma cor muito branca e grande fluidez. Têm **pouca resistência ao calor, em relação às proteicas, e são menos resistentes à reignição.**

São mais eficazes na cobertura de derrames em virtude da sua fluidez, apresentando boa estabilidade uma vez que reduzem fortemente a tensão superficial da água. São os únicos espumíferos capazes de dar origem a espumas de alta expansão, empregando-se em concentrações na água compreendidas entre 1 a 6%. Dentro deste grupo destacam-se os seguintes concentrados espumíferos:

- **Sintético standard;**
- **Sintético com formação de película aquosa (AFFF).**

## SINTÉTICO STANDARD

### Caraterísticas:

- ▶ São os únicos capazes de dar origem a espumas de baixa, média e alta expansão, empregando-se em concentrações na água compreendidas entre 1 e os 6%;
- ▶ Em baixa expansão têm uma velocidade de decantação lenta e uma boa fluidez;
- ▶ Em média e alta expansão, a sua impermeabilidade é baixa, para além de terem pouca resistência ao calor;
- ▶ A sua resistência ao fogo é baixa e a destruição da espuma após uma reigniçãõ acidental é muito rápida, havendo pouca segurança após a extinçãõ;
- ▶ Não podem ser usados em líquidos polares.

## SINTÉTICO FORMADOR DE PELÍCULA AQUOSA (AFFF)

Este concentrado espumífero é uma combinação de surfactantes fluor químicos com agentes de espuma sintética, o que reduz a tensão superficial da solução de espuma a ponto da solução ser mantida na superfície do hidrocarboneto. Possui uma excelente fluidez, o que permite contornar com facilidade os obstáculos encontrados.

O concentrado espumífero AFFF standard é compatível com o pó químico seco, podendo ser aplicado com água doce ou salgada. Atua sobre o incêndio formando uma película aquosa, que consiste numa cobertura fina de solução de espuma, que se espalha com facilidade através das superfícies de um hidrocarboneto resultando numa rápida extinção.

### Caraterísticas:

- ▶ Podem ser aplicadas em baixa e média expansão numa mistura de 1, 3 ou 6%, em espumas aspiradas ou não aspiradas;
- ▶ Formam uma camada de espuma que isola a superfície do combustível;
- ▶ Formam uma película aquosa que flutua à superfície dos hidrocarbonetos líquidos (p. ex. gasolina), limitando a emissão de vapores;



- ▮ Boa estanquidade devido à película aquosa;
- ▮ Não podem ser usadas em líquidos polares.

### 2.1.1.3. CONCENTRADOS ESPUMÍFEROS POLIVALENTES

Um concentrado espumífero diz-se polivalente quando pode ser aplicado quer em incêndios envolvendo **hidrocarbonetos** quer em incêndios envolvendo **solventes polares** (líquidos inflamáveis solúveis que se misturam ou podem misturar-se com água, por exemplo, acetonas, álcool, éter, etc.). Embora possam ter uma base proteica ou sintética, estes concentrados espumíferos terão sempre um agente que produz uma barreira insolúvel na estrutura das bolhas de espuma, o que impede a sua destruição quando em contacto com um solvente polar. Dentro deste grupo inserem-se os seguintes concentrados espumíferos:

- ▮ **Sintético formador de película aquosa resistente ao álcool (AFFF-AR);**
- ▮ **Fluor proteico com formação de película resistente ao álcool (FFFP-AR).**

#### SINTÉTICO FORMADOR DE PELÍCULA AQUOSA RESISTENTE AO ÁLCOOL (AFFF-AR)

Este tipo de concentrado espumífero é especialmente empregue no combate a incêndios de líquidos combustíveis ou de líquidos inflamáveis solúveis em água que normalmente destroem as espumas, sem características de resistência a solventes polares.

Porque estes concentrados espumíferos baixam moderadamente a tensão superficial da água, só permitem a obtenção de espumas de baixa expansão, necessitando de bastante batida para se obter a mistura com o ar, apresentando-se muito espessas, com grande quantidade de água e muito estáveis.

#### FLUOR PROTEICO COM FORMAÇÃO DE PELÍCULA RESISTENTE AO ÁLCOOL (FFFP-AR)

O concentrado espumífero FFFP – AR é uma combinação de surfactantes fluor químicos com concentrado proteico e polímeros polissacarídeos, formando

uma película. Quando aplicado em solventes polares forma uma membrana que separa a espuma do combustível.

Os concentrados espumíferos polivalentes podem ser aplicados em percentagens que variam de 1 a 6%, respeitando as recomendações do fabricante.

| CONCENTRADO ESPUMÍFERO | HIDROCARBONETOS | SOLVENTES POLARES |
|------------------------|-----------------|-------------------|
| Proteico standard      | ok              | N                 |
| Fluor proteico         | ok              | N                 |
| Fruor proteico FFFP    | ok              | N                 |
| Sintético standard     | ok              | N                 |
| Sintético AFFF         | ok              | N                 |
| Polivalente AFFF-AR    | ok              | ok                |
| Polivalente FFFP-AR    | ok              | ok                |

| PROPRIEDADES                    | ESPUMAS PROTEICAS |                |      | ESPUMAS SINTÉTICAS |           | ESPUMAS POLIVALENTES |           |
|---------------------------------|-------------------|----------------|------|--------------------|-----------|----------------------|-----------|
|                                 | Standard          | Fluor proteica | FFFP | standard           | AFFF      | AFFF-AR              | FFFP-AR   |
| Rapidez de ação                 | Regular           | Bom            | Bom  | Regular            | Excelente | Excelente            | Bom       |
| Resistência ao calor            | Excelente         | Excelente      | Bom  | Baixa              | Regular   | Bom                  | Excelente |
| Resistência aos combustíveis    | Regular           | Excelente      | Bom  | Baixa              | Regular   | Bom                  | Excelente |
| Supressão de vapores/<br>/gases | Excelente         | Excelente      | Bom  | Regular            | Bom       | Bom                  | Bom       |
| Resistência ao álcool           | N/R               | N/R            | N/R  | N/R                | N/R       | Excelente            | Excelente |

## 2.1.2. QUANTO AO COEFICIENTE DE EXPANSÃO

### COEFICIENTE DE EXPANSÃO

O coeficiente de expansão é a razão entre o volume total de espuma produzida e o volume de solução espumífera (concentrado espumífero + água) utilizado na sua produção.

$$\text{Coeficiente de expansão} = \frac{\text{Espuma produzida}}{\text{Solução espumífera}}$$

Exemplo: O gerador de alta expansão LG 200 tem um coeficiente de expansão de 1:1000 (produz um caudal de espuma = 200 m<sup>3</sup>/minuto).

$$\frac{200.000 \text{ litros}}{200 \text{ litros}} = \mathbf{1000}$$

Coeficiente de expansão é igual a **1/1000**.

O coeficiente de expansão indica a capacidade que um determinado tipo de concentrado espumífero possui para se expandir em relação ao volume primitivo da solução (água + concentrado espumífero), ou seja, o número de vezes que a referida solução aumenta de volume pela introdução do ar. Por exemplo, quando um litro de solução espumífera produz, pela introdução do ar, seis litros de espuma, diz-se que o coeficiente de expansão é de seis. Quanto maior for o coeficiente de expansão, maiores serão as bolhas de ar e menor será a quantidade de água presente na espuma.

As espumas são classificadas de acordo com o seu coeficiente de expansão nas seguintes categorias:

- **Baixa** expansão;
- **Média** expansão;
- **Alta** expansão.

### 2.1.2.1. BAIXA EXPANSÃO

#### ■ Coeficiente de expansão **até 1:20**

Uma espuma com um coeficiente de expansão **igual ou inferior a 20** apresenta uma excelente aderência e boa estabilidade. Face ao elevado conteúdo de água por unidade de volume, a sua condutividade elétrica é idêntica à da água.

Estas espumas são as que, por incorporarem uma menor quantidade de ar, possuem melhor capacidade de arrefecimento e de impermeabilidade aos vapores dos líquidos inflamáveis, apresentando, ainda, uma excelente aderência a superfícies planas e verticais.

São também as que permitem maior alcance de jato na sua aplicação. São obtidas a partir de concentrados espumíferos proteicos e/ou sintéticos utilizando-se agulhetas portáteis, monitores ou equipamentos fixos.

Campo de aplicação

- Extinção de incêndios em líquidos combustíveis inflamáveis quer em derrames quer armazenados em tanques;
- Extinção de incêndios em líquidos combustíveis com radiação térmica elevada;
- Cobertura de derrames não inflamados.

### 2.1.2.2. MÉDIA EXPANSÃO

#### ■ Coeficiente de expansão de **1:20 a 1:200**

Uma espuma com um coeficiente de expansão **compreendido entre 20 e 200** é mais pesada do que o ar pelo que é dificilmente arrastada pelo vento. Contudo, poderá ser arrastada pelas fortes correntes de convecção que se formam na combustão. Contem menos água que as de baixa expansão, o que implica uma menor capacidade de refrigeração e uma menor densidade, contribuindo para a constituição de tapetes mais permeáveis aos vapores e num menor alcance dos jatos das agulhetas.



## CAMPO DE APLICAÇÃO

- ▮ Cobertura de derrames não inflamados em condições de pouco vento;
- ▮ Extinção de incêndios não intensos em derrames;
- ▮ Extinção de incêndios híbridos onde existam combustíveis da classe A e B misturados como por exemplo: armazéns de tintas, pesticidas, drogarias;
- ▮ Inundação de pequenos compartimentos onde existam cargas de incêndio significativas (salas de máquinas, pequenos compartimentos de armazém a retalho de líquidos inflamáveis, pesticidas).

### 2.1.2.3. ALTA EXPANSÃO

- ▮ Coeficiente de expansão **superior a 1:200**

Uma espuma com um coeficiente de expansão **superior a 200** é muito leve e tem o inconveniente de se destruir facilmente em presença do calor, não sendo aconselhável a sua utilização em espaços abertos, já que é facilmente arastada pelo vento e pelas correntes de convecção que se formam na combustão. O facto de ser muito leve inviabiliza a projecção, sendo necessária a sua condução em mangas adequadas. Estas espumas são as que incorporam mais ar, sendo o seu teor em água muito baixo.

A baixa densidade destas espumas tem como consequência o desaparecimento de grandes volumes de espuma na presença de calor, por causa da evaporação da pouca água contida na bolha de espuma. Esta característica obriga a que, no cálculo das quantidades a aplicar, tenham de ser consideradas as perdas em função da quantidade de calor libertado pelo incêndio.

## CAMPO DE APLICAÇÃO

- ▮ Inundação de grandes compartimentos de difícil acesso, embora o seu emprego não seja muito eficaz em incêndios com grande libertação de energia;

| CONCENTRADO<br>ESPUMÍFERO | BAIXA EXPANSÃO | MÉDIA EXPANSÃO | ALTA EXPANSÃO |
|---------------------------|----------------|----------------|---------------|
| Proteico                  | OK             | OK             | N             |
| Sintético                 | OK             | OK             | OK            |

## RESTRIÇÕES E LIMITAÇÕES NA APLICAÇÃO DE ESPUMAS

As espumas não devem ser utilizadas em incêndios que envolvam:

- **Químicos como o nitrato de celulose, que libertam oxigénio ou outros agentes oxidantes;**
- **Metais reativos com a água (por exemplo: sódio, potássio, etc.);**
- **Gases inflamáveis liquefeitos;**
- **Na presença de eletricidade.**

## 2.2. INCOMPATIBILIDADES

### 2.2.1. ENTRE CONCENTRADOS ESPUMÍFEROS

- Os concentrados espumíferos de base proteica são incompatíveis com os concentrados espumíferos de base sintética;
- Entre os concentrados espumíferos de base proteica, os espumíferos para hidrocarbonetos não são miscíveis com os espumíferos polivalentes;
- De entre os concentrados espumíferos de base sintética, os sintéticos standard não devem ser misturados com os espumíferos AFFF.

### 2.3.2. ENTRE ESPUMAS

As espumas são todas compatíveis entre si, independentemente do tipo de concentrado espumífero utilizado e do coeficiente de expansão com que estejam a ser aplicadas.

### 2.2.3. ENTRE ESPUMAS E OUTROS AGENTES EXTINTORES

A maior parte das espumas são compatíveis com os pós químicos utilizados no combate a incêndios. Por exemplo, uma das técnicas que melhor resultado apresenta é a da utilização combinada de pó químico com espuma AFFF para o combate a incêndios em aviões. O primeiro agente extintor a ser aplicado é, normalmente, o pó químico – que extingue o incêndio – e o segundo agente extintor, a espuma, que mantém o incêndio extinto.

### 2.3. EQUIPAMENTOS PARA PRODUÇÃO DE ESPUMAS FÍSICAS

Para a produção de espumas físicas é necessário um conjunto de equipamentos interligados e compatíveis entre si. Dependendo do tipo de espuma a produzir, são necessários os seguintes equipamentos:

- ▶ **Lanços de mangueira;**
- ▶ **Equipamentos proporcionadores** de concentrado espumífero na água;
- ▶ **Equipamentos geradores** de espuma.

De modo a facilitar a identificação e compatibilidade dos equipamentos proporcionadores de concentrado espumífero na água com os equipamentos geradores de espuma é definido um código de cores consoante o débito:

- ▶ **Amarelo** = Equipamentos com o débito de 200l/min;
- ▶ **Azul** = Equipamentos com o débito de 400l/min;
- ▶ **Vermelho** = Equipamentos com o débito de 800l/min.

#### 2.3.1. LANÇO DE MANGUEIRA

Este equipamento tem como função o transporte de água em compressão até ao equipamento proporcionador de concentrado espumífero e da solução espumífera (água + concentrado espumífero) até ao equipamento gerador de espuma.

## 2.3.2. EQUIPAMENTOS PROPORCIONADORES DE CONCENTRADO ESPUMÍFERO NA ÁGUA

Os equipamentos proporcionadores de concentrado espumífero na água dividem-se em dois grupos:

- ▶ Equipamentos **portáteis**;
- ▶ Equipamentos **fixos**.

### 2.3.2.1. EQUIPAMENTOS PORTÁTEIS

- ▶ **Indutor em linha**;
- ▶ **Indutor incorporado na agulheta**.

#### INDUTOR EM LINHA

O **indutor em linha**, conhecido também por doseador/misturador, é um equipamento que efetua a mistura do concentrado espumífero com a água em percentagens pré-selecionadas. Este equipamento trabalha intercalado num estabelecimento de mangueiras e funciona sob o princípio da injeção. A água ao passar pelo equipamento provoca uma depressão – princípio de Venturi – que por sua vez faz a aspiração do concentrado espumífero contido num reservatório.

A taxa de indução é feita por meio de uma válvula calibrada que permite, normalmente, misturas de 1% a 6%. Este equipamento tem como principal vantagem o facto de ser simples e robusto. Em termos de limitações, destaca-se a impossibilidade de permitir débitos variáveis de caudal de água (que decorre do próprio – princípio de Venturi) porque a sua capacidade é limitada pelo diâmetro do orifício de aceleração existente no equipamento. O quadro seguinte representa o código de cores, os modelos existentes e os respetivos débitos fixos.





| INDUTORES EM LINHA |                 |
|--------------------|-----------------|
| Modelo             | Débito          |
| Z2                 | 200 litros/min. |
| Z4                 | 400 litros/min. |
| Z8                 | 800 litros/min. |

Este equipamento tem de ser compatível com o débito da agulheta geradora de espuma a utilizar. Se a agulheta geradora de espuma tiver um débito inferior ao do indutor em linha, este não vai efetuar a indução do concentrado espumífero. Se o débito for superior ao do indutor em linha, este efetua a indução do concentrado espumífero mas a espuma será de fraca qualidade. A pressão de entrada de água no equipamento deve situar-se entre os **5 e os 12 Bar**. No entanto, demasiada pressão de entrada faz com que a solução espumífera seja mais pobre, enquanto uma menor pressão irá produzir uma solução espumífera mais rica.

Outra das limitações deste equipamento reside no facto do seu princípio de

funcionamento (princípio de Venturi) determinar perdas de pressão na ordem dos **30 a 40%** da pressão de alimentação (dependendo do equipamento a ser utilizado), o que determina uma reserva de pressão insuficiente para a alimentação da agulheta geradora de espuma por um estabelecimento de mangueira longo.

Assim, a agulheta geradora de espuma deve ser montada de preferência a **20 metros** do indutor em linha. A montagem de mais lanços de mangueira deve ter em conta a pressão máxima de entrada de água no indutor em linha que, como se sabe, irá ser determinada pelo caudal, secção da mangueira, diferença de cota entre o plano onde se encontra o equipamento e o plano onde a agulheta se encontra a trabalhar.

Os indutores em linha que funcionam através do – princípio de Venturi, podem oferecer dificuldades na indução de concentrados espumíferos AR, uma vez que estes na maioria dos casos apresentam-se mais viscosos por vezes até mesmo na forma de gel, devendo para este efeito serem utilizados indutores preparados para este tipo de concentrados espumíferos.

| INDUTOR EM LINHA | PRESSÃO<br>MÍNIMA<br>DE ENTRADA | PRESSÃO<br>MÁXIMA<br>DE ENTRADA | PERDA<br>DE PRESSÃO |
|------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| Z-2              | 5 bar                           | 12 bar                          | 35%                 |
| Z-4              |                                 |                                 |                     |
| Z-8              |                                 |                                 |                     |

## MANUTENÇÃO DO INDUTOR EM LINHA

### ► Teste de funcionamento para um indutor em linha Z2

Para verificar o correto funcionamento do equipamento devem efetuar-se os seguintes passos:

- 1▶ Efetuar a união de um lança de mangueira a uma das saídas de água da bomba do veículo;
- 2▶ Efetuar a união do indutor em linha ao lança de mangueira;
- 3▶ Efetuar a união de um lança de mangueira à saída do indutor em linha;
- 4▶ Efetuar a união da agulheta geradora de espuma ao lança de mangueira;
- 5▶ Encher um reservatório com 6 litros de água;
- 6▶ Regular a indução para 3%;
- 7▶ Ligar o tubo de aspiração ao indutor em linha;
- 8▶ Efetuar a abertura da água na bomba do veículo, garantindo uma pressão de 5 bar na agulheta geradora de espuma;
- 9▶ Introduzir o tubo de aspiração no reservatório de água;
- 10▶ O reservatório de água deverá ficar vazio em 60 segundos.

Para um indutor em linha **Z4** o reservatório de água deve conter 12 litros para uma taxa de indução de 3%.

## LIMPEZA DO EQUIPAMENTO

Após cada utilização deve lavar-se o equipamento com água corrente, colocando-se o equipamento a trabalhar durante um minuto utilizando apenas água em substituição do concentrado espumífero. Concluída a limpeza, deve verificar-se se a esfera anti-retorno existente no equipamento se encontra livre.

## INDUTOR INCORPORADO NA AGULHETA

Este tipo de equipamento encontra-se incorporado na agulheta geradora de espuma e funciona segundo o mesmo princípio dos indutores em linha. A pressão de entrada de água neste equipamento é menor em relação aos indutores em linha. Tem como desvantagem a dificuldade de movimentar-se

a agulheta geradora de espuma em conjunto com o reservatório de concentrado espumífero.

### 2.3.2.2. EQUIPAMENTOS FIXOS

- ▶ **Indutor incorporado na bomba;**
- ▶ **Bomba doseadora injetora.**

#### INDUTOR INCORPORADO NA BOMBA

É um equipamento intercalado entre a descarga e a admissão da bomba de incêndio cujo circuito funciona do seguinte modo: a água sai em determinada quantidade e pressão da descarga da bomba e em canalização própria. Passa pelo indutor e aí, por efeito da depressão produzida, vai arrastar uma determinada quantidade de concentrado espumífero que segue para a admissão da bomba misturando-se no caudal geral da água, para ser lançado no estabelecimento de mangueiras, através das saídas normais da bomba.



Este equipamento é capaz de produzir misturas de 0,5 a 8% e é normalmente alimentado de concentrado espumífero a partir do depósito existente no veículo ou estações de bombagem, ou, ainda, a partir de reservatórios exteriores através de chupador adequado.

Tem como principal vantagem, uma vez cumpridas as instruções de débito e pressão dos construtores, produzir soluções espumíferas bastante precisas, e o facto de, entre a agulheta geradora de espuma e o indutor, não existirem outras perdas de pressão para além daquelas determinadas pelo estabelecimento de mangueiras, podendo assim conduzir-se a solução espumífera a distâncias consideráveis, superiores a 400 metros.



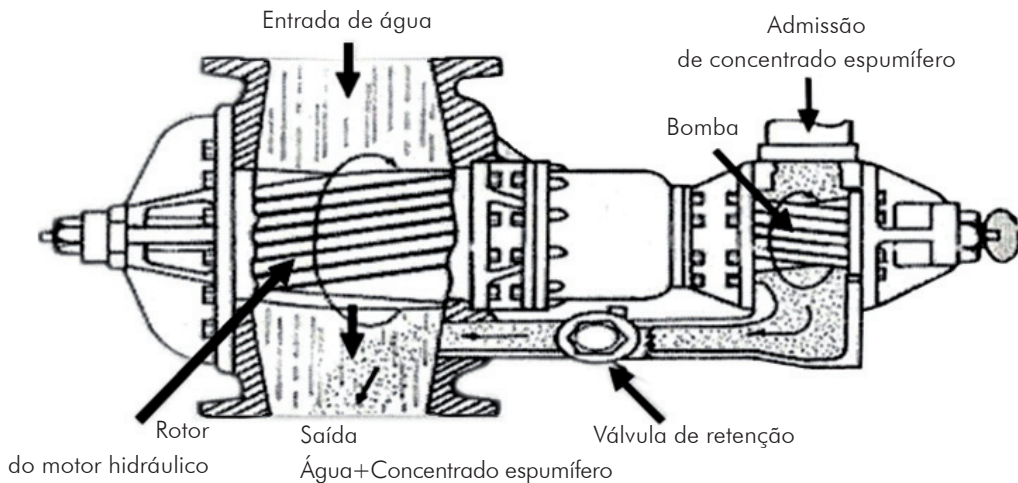
Este equipamento montado em veículos de combate a incêndio é capaz de operar com débitos compreendidos entre os 200 e os 2000 litros/min. Tem como único inconveniente o facto de toda a água que sai da bomba ir com concentrado espumífero misturado, o que obriga a utilizar outro veículo quando é necessário efetuar proteção de exposições.

### BOMBA DOSEADORA INJETORA

É uma bomba de acionamento elétrico ou hidráulico, que efetua o bombeamento e a taxa de indução do concentrado espumífero numa ou mais descargas de água na bomba de incêndio.

A taxa de indução é regulada por sistemas hidromecânicos ou por dispositivos controlados eletronicamente. Os sistemas hidromecânicos permitem uma ou, no máximo, duas concentrações de concentrado espumífero a 3 ou 6%. Nos dispositivos controlados eletronicamente obtêm-se uma melhor afinação de mistura e de gamas de mistura, que pode variar entre 0,1 e 10%.





Quanto a bomba de acionamento elétrico é capaz de produzir taxas de indução em caudais muito elevados, entre 600 a 6000 l/m. Tem como vantagem para além da precisão da taxa de indução, o facto de permitir efetuar estabelecimentos de mangueiras mais longos e a utilização simultânea de água e espuma.

### 2.3.3. EQUIPAMENTOS GERADORES DE ESPUMA

Os equipamentos geradores de espuma dividem-se em dois grupos:

- **Portáteis;**
- **Fixos.**

#### 2.3.3.1. EQUIPAMENTOS PORTÁTEIS

- Agulheta geradora de espuma de baixa expansão;
- Agulheta geradora de espuma de média expansão;
- Gerador produtor de espuma de alta expansão;
- Monitor.

Nos equipamentos portáteis de geradores de espuma por ar aspirado, a mistura da solução espumífera com o ar e o batimento mecânico para a produção

de espuma são efetuados através de agulhetas geradoras de espuma, geradores produtores de espuma ou monitores.

As características destes equipamentos conjugadas com a aptidão do concentrado espumífero (efeito redutor da tensão superficial da água) vão determinar uma maior ou menor incorporação de ar na solução espumífera e, consequentemente, o aparecimento de espumas de baixa, média ou alta expansão.

### AGULHETA GERADORA DE ESPUMA DE BAIXA EXPANSÃO

Esta agulheta é a que incorpora menos ar. É constituída por uma antecâmara, onde está colocada a válvula de abertura e fecho da agulheta, uma câmara de entrada de ar e o corpo da agulheta.



A câmara de entrada de ar possui várias alhetas que definem as aberturas por onde o ar é aspirado, devido à depressão provocada pela passagem da solução espumífera pelo difusor. Observando a área da câmara de entrada de ar, verificamos que é relativamente pequena comparativamente à área do tubo que constitui o corpo da agulheta, onde se dá a mistura do ar com a solução espumífera. Esta característica determina que a espuma que é produzida terá pouco ar incorporado e será, consequentemente, mais rica em água.



Deste processo de admissão de ar, da redução da velocidade da água pelo – princípio de Venturi, acrescida da perda de energia devido à batida mecânica e associada à baixa densidade da espuma, resulta que o alcance do jato produzido por esta agulheta seja muito menor que os das agulhetas convencionais de combate a incêndios.

Para a produção de espuma de baixa expansão existem os seguintes tipos de agulhetas:

- ▶ **Agulhetas S2** = 200 l/min;
- ▶ **Agulhetas S4** = 400 l/min;
- ▶ **Agulhetas S8** = 800 l/min.



Estes débitos de água vão determinar volumes até 20 vezes superiores ao volume inicial, consoante o tipo de concentrado espumífero empregue. Conseguem-se, assim, coeficientes de expansão próximos de 6%, caso seja empregue um concentrado espumífero proteico, e aproximadamente de 20%, se for empregue um concentrado espumífero sintético.

### AGULHETA GERADORA DE ESPUMA DE MÉDIA EXPANSÃO

Esta agulheta incorpora mais ar na solução espumífera quando comparada com a agulheta geradora de espuma de baixa expansão. É constituída por uma antecâmara, onde está colocada a válvula de abertura e fecho da agulheta, uma câmara de entrada de ar e o corpo da agulheta.

A câmara de entrada de ar possui várias alhetas que definem as aberturas por onde o ar é aspirado devido à depressão provocada pela passagem da solução espumífera pelo difusor. Possui um manómetro antes do difusor que se destina a medir a pressão de saída da solução espumífera para o tubo que compõe o corpo da agulheta. A pressão correta será a estipulada pelo fabricante do equipamento, sendo que, geralmente, se situa nos **5 Bar**.







Para reforçar a mistura de ar, existe no interior do tubo que compõe o corpo da agulheta uma rede metálica ou de material sintético, que funciona como ecrã produtor de bolhas de espuma, para onde esta é projetada, arrastando atrás de si mais ar, conferindo-lhe um coeficiente de expansão superior. Esta agulheta funciona apenas com solução espumífera sintética e o alcance do seu jato é muito curto devido à baixa densidade do concentrado espumífero.

Para a produção de espumas de **média expansão** existem os seguintes tipos de agulhetas:

- **Agulhetas M2** = 200 l/min;
- **Agulhetas M4** = 400 l/min;
- **Agulhetas M8** = 800 l/min.





O quadro seguinte representa o código de cores, os modelos existentes e os respetivos débitos fixos.

| AGULHETAS GERADORAS DE ESPUMA |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| Modelo                        | Débito          |
| S2/M2                         | 200 litros/min. |
| S4/M4                         | 400 litros/min. |
| S8/M8                         | 800 litros/min. |

É obrigatório que haja compatibilidade entre as agulhetas utilizadas e os indutores em linha. Deve ser respeitada a pressão de trabalho referida pelo fabricante dos equipamentos. Quando está a trabalho, a agulheta deve estar com a válvula de abertura e fecho completamente aberta.

| COMPATIBILIDADES    |                    |
|---------------------|--------------------|
| Agulhetas geradoras | Indutores em linha |
| S2/M2               | Z2                 |
| S4/M4               | Z4                 |
| S8/M8               | Z8                 |

| CARACTERÍSTICAS DAS AGULHETAS GERADORAS DE ESPUMA                          |                                 |                         |                     |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Tipo de agulheta                                                           | Distância de projeção em metros | Coeficiente de expansão | Débitos litros/min. |
| S2                                                                         | 23                              | 15                      | 200                 |
| S4                                                                         | 26                              | 15                      | 400                 |
| S8                                                                         | 36                              | 15                      | 800                 |
| M2                                                                         | 8                               | 50 a 60                 | 200                 |
| M4                                                                         | 10                              | 50 a 60                 | 400                 |
| M8                                                                         | 12                              | 45                      | 800                 |
| S2/M2                                                                      | 16/7                            | 15 a 50                 | 200                 |
| S4/M4                                                                      | 27/8                            | 15 a 50                 | 400                 |
| Fonte: AWG- <a href="http://www.awg-fittings.com">www.awg-fittings.com</a> |                                 |                         |                     |

## GERADOR PRODUTOR DE ESPUMA DE ALTA EXPANSÃO

De todos os equipamentos geradores de espuma é este que incorpora maior quantidade de ar na solução espumífera, produzindo espumas com baixo teor de água. A quantidade de ar aplicado em relação à solução espumífera é bastante considerável (no mínimo 200 partes de ar para uma de solução espumífera), o que implica que o ar seja introduzido na solução espumífera através de um sistema independente composto por um ventilador. O ventilador pode ser acionado por um motor elétrico ou de explosão, e também por um sistema hidráulico em que a passagem da água por uma turbina faz com que o ventilador entre em funcionamento.



A solução espumífera é projetada sobre um grande ecrã de rede colocado perpendicularmente ao fluxo de ar, dando-se aí a formação das bolhas de espuma. Devido à sua baixa densidade a espuma produzida por este equipamento tem de ser encaminhada para o local onde é necessária através de uma manga direcional.

A sua principal aplicação ocorre no alagamento de caves, armazéns, porões de navios, etc., com cargas de incêndio relativamente baixas.

| CARATERÍSTICAS DO GERADOR DE ESPUMA FOMAX 7 |                       |                       |                         |                             |                         |
|---------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Posição do Bypass                           | Pressão da água (bar) | Fluxo de água (l/min) | Fluxo de bypass (l/min) | Produção de espuma (m³/min) | Coeficiente de expansão |
| Aberto                                      | 4                     | 170                   | 50                      | 96                          | 800                     |
|                                             | 7                     | 225                   | 80                      | 159                         | 1100                    |
|                                             | 10                    | 270                   | 100                     | 204                         | 1200                    |
| Fechado                                     | 4                     | 150                   |                         | 82                          | 550                     |
|                                             | 7                     | 200                   |                         | 140                         | 700                     |
|                                             | 10                    | 240                   |                         | 192                         | 800                     |
| Fonte: ProGard                              |                       |                       |                         |                             |                         |

### MONITOR

Para que seja possível efetuar a produção de espuma através de um monitor, é necessário que este suporte a colocação de uma agulheta geradora de espuma. A agulheta pode ou não ter incorporado o equipamento proporcionador de concentrado espumífero. Quando esse equipamento não tiver incorporado na agulheta, deve ser colocado antes do monitor.



### 2.3.3.2. EQUIPAMENTOS FIXOS

#### MONITORES

Estes equipamentos estão colocados no alçado dos veículos de combate a incêndios e nos sistemas fixos de extinção de incêndios existentes nos parques de armazenamento de combustíveis.



### 2.4. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ESPUMAS FÍSICAS

Para que seja possível a produção de espuma têm de ser utilizados vários equipamentos, compatíveis entre si, com quatro componentes fundamentais:

- **Água sob pressão;**
- **Concentrado espumífero;**
- **Ar;**
- **Batida mecânica.**



A mistura da água, concentrado espumífero e ar é efetuada em duas fases distintas:

- **Indução;**
- **Admissão de ar.**

### 2.4.1. INDUÇÃO

Através de uma bomba hidráulica, a água, com caudal e sob pressão adequada, é injetada através de um estabelecimento de mangueiras até ao **indutor em linha**. A passagem da água por este equipamento provoca a adução proporcionada do **concentrado espumífero** para o seu interior – **indução**. Efetuada a indução do concentrado espumífero, este mistura-se com a água em percentagem pré-estabelecida dando origem a uma **solução espumífera**.



A **indução** pode variar em função de três fatores:

- O tipo de **combustível**;
- O tipo de **concentrado espumífero**;
- O tipo de **espuma que se quer produzir**.

### TAXA DE INDUÇÃO

A taxa de indução consiste na quantidade (em valores percentuais) de concentrado espumífero que é misturado com a água, de forma a produzir uma so-



lução espumífera. Para determinar a quantidade de concentrado espumífero para uma quantidade de solução espumífera, é utilizada a seguinte fórmula: multiplicar o valor do concentrado espumífero por:

- **0,01** para taxa de indução igual a **1%**;
- **0,03** para taxa de indução igual a **3%**;
- **0,06** para taxa de indução igual a **6%**.

Por exemplo, um concentrado espumífero misturado com água a 3% resulta numa solução espumífera contendo uma proporção de 97 partes de água para 3 partes de concentrado espumífero. Assim, para se obter 100 litros de solução espumífera, é necessário misturar 3 litros de concentrado espumífero com 97 litros de água.

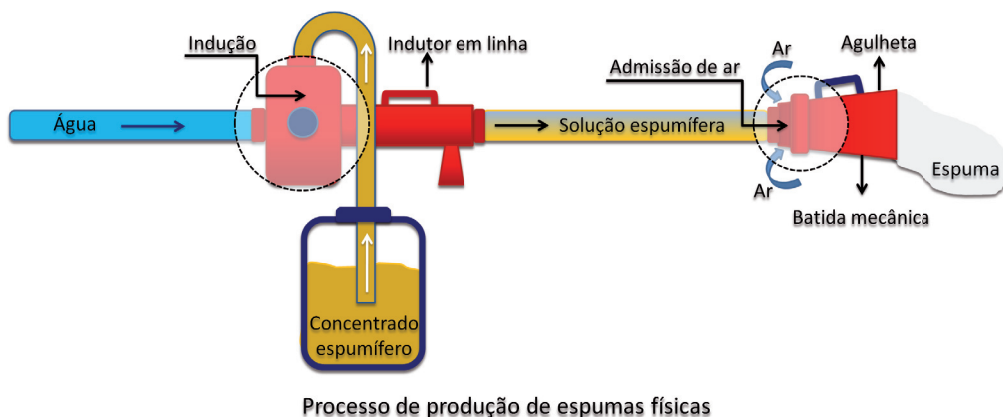
#### **TI – Taxa de indução**

$$TI = 100 \times 0,03 = 3\%$$

### **2.4.2. ADMISSÃO DE AR**



Concluída a fase de indução, a solução espumífera resultante da mistura da água com o concentrado espumífero, segue até ao equipamento gerador de espuma através de um estabelecimento de mangueiras. O equipamento gerador de espuma vai admitir ar na solução espumífera e efetua uma batida mecânica de forma a produzir espuma com o coeficiente de expansão desejado para a lançar sobre o incêndio.



As distâncias máximas entre o indutor em linha e o reservatório de concentrado espumífero são de 2 metros na vertical e 5 metros na horizontal.

### 2.4.3. QUALIDADES DO AR E DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DE ESPUMAS

#### O AR

A qualidade do ar a ser misturado na solução espumífera é de grande importância para a produção de espumas estáveis. A admissão e mistura do ar são determinantes na produção da espuma, uma vez que estamos a abordar espumas físicas e a formação de bolhas de espuma de maior ou menor dimensão. Assim, os equipamentos que misturam a solução espumífera com o ar (agulhetas e geradores), devem ser posicionados em ambientes o mais isento de fumo possível, pois sendo o fumo constituído por pequenas partículas sólidas, estas

podem interferir negativamente na estabilidade da espuma quebrando as bolhas, tal qual uma bola de sabão é eliminada por um alfinete.

## A ÁGUA

A água utilizada na produção de espuma deve ter um caudal e pressão adequados aos equipamentos a empregar e aos trabalhos de extinção a realizar. A água a ser utilizada na formação de espuma deverá ter uma temperatura entre os 2 e os 25°C. Pode ser utilizada água doce ou salgada, evitando águas contaminadas (com detergentes, resíduos de óleo, etc.) para não afetar a qualidade da espuma.

## 2.5. MÉTODOS DE APLICAÇÃO DA ESPUMA

O método de aplicação da espuma vai depender do equipamento gerador de espuma a utilizar, e se este equipamento é **portátil** ou **fixo**.

### 2.5.1. EQUIPAMENTOS PORTÁTEIS

Utilizando este tipo de equipamentos pode recorrer-se a dois métodos de aplicação:

- Aplicação **direta**;
- Aplicação **indireta**.

#### 2.5.1.1. APLICAÇÃO DIRETA

Consiste na projeção da espuma diretamente sobre as superfícies líquidas incendiadas ou a proteger contra a inflamação. Este método deve ser aplicado, utilizando apenas espumas resistentes à contaminação e que suportem o contacto violento com os hidrocarbonetos combustíveis.



### 2.5.1.2. APLICAÇÃO INDIRETA

Esta técnica consiste na aplicação indireta da espuma sobre as superfícies líquidas incendiadas ou a proteger contra a inflamação, de modo a produzir uma cobertura isolante, sem que haja um contacto violento entre a espuma e o combustível. Esta aplicação implica a utilização de escoadores (instalações fixas) ou a projeção da espuma contra uma superfície plana e não horizontal. A espuma, ao escorrer, irá formar uma camada que cobrirá gradualmente o combustível, sendo o contacto entre a espuma e o combustível feito de uma forma suave e progressiva. Para a extinção de incêndios em hidrocarbonetos utilizando espumas proteicas, a única aplicação viável é a indireta.



## 2.5.2. EQUIPAMENTOS FIXOS

Nos equipamentos fixos, monitores colocados no alçado dos veículos e nas áreas de perigo nos parques de combustível, o método de aplicação de espuma pode ser direta ou indireta. Nos sistemas de injeção de espuma para o interior dos reservatórios recorre-se a três métodos:

- ▶ Injeção **pela base**;
- ▶ Injeção **pelo topo**;
- ▶ Injeção **pela base e pelo topo**.

### 2.5.2.1. INJEÇÃO PELA BASE

Consiste na introdução da espuma pela base do reservatório onde se encontra o líquido combustível. Face à sua menor densidade, a espuma sobe atravessando todo o combustível, formando a cobertura desejada ao chegar à superfície. Este método apenas é aplicado em instalações fixas ou semifixas, operando como sistema extintor de reservatórios. Este sistema é aplicado em reservatórios onde o líquido combustível seja gasóleo ou Jet.





### 2.5.2.2. INJEÇÃO PELO TOPO

Consiste na introdução da espuma pelo topo do reservatório onde se encontra o líquido combustível. Este sistema é aplicado em reservatórios onde o líquido combustível seja gasolina.

### 2.5.2.3. INJEÇÃO PELO TOPO E PELA BASE

Consiste na introdução da espuma pelo topo e pela base do reservatório onde se encontra o líquido combustível. Este sistema é aplicado em reservatórios de slops.





# COMBATE A INCÊNDIOS DE LÍQUIDOS INFLAMÁVEIS COM ESPUMA

## 3.1. PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

As espumas são o agente extintor mais indicado para o combate a incêndios da Classe B, principalmente nos de grandes dimensões e onde ocorra derrame de combustível. Pelas suas características permitem fazer uma cobertura de todo o combustível ou da área do derrame, evitando uma possível reignição.

A espuma extingue os incêndios em líquidos combustíveis e inflamáveis por conter na sua composição uma determinada percentagem de água que os arrefece e por formar uma barreira contra a libertação dos vapores inflamáveis.

Um incêndio num destes líquidos será extinto quando a sua superfície livre for totalmente coberta com uma camada de espuma impermeável evitando, desse modo, a libertação de vapores inflamáveis. É na formação rápida desta camada impermeável que reside a chave do sucesso de uma operação de extinção com espuma. Esta impermeabilidade vai depender, essencialmente, de dois fatores:

1. Uniformidade da espuma produzida;
2. Espessura da camada para impedir a vaporização de líquidos onde as pressões de vapor sejam muito elevadas, ou seja, líquidos com baixas temperaturas de inflamação e líquidos muito aquecidos ou em ebulição.

Também devemos considerar que nestes incêndios são libertadas grandes quantidades de calor, o que vai determinar que grande percentagem da espuma aplicada venha a ser destruída. Logo, deverá ser considerada uma quantidade extra, para fazer face a essas perdas, de modo a que a espuma remanescente consiga construir, em tempo útil, a desejada camada impermeável.



## 3.2. NOÇÕES GERAIS PARA CÁLCULO DE DÉBITOS

As quantidades de água e concentrado espumífero necessários para a intervenção, devem calcular-se em função do rendimento dos equipamentos geradores de espuma e do volume do compartimento a inundar ou da área a ser coberta (taxa de aplicação).

Para se obter espumas de média e baixa expansão a concentração da mistura de concentrado espumífero na água deve estar compreendida entre **3 e 6%**, e para a obtenção de espumas de alta expansão a concentração deverá estar entre **1 e 2%**. Deve ser considerado um tempo de aplicação compreendido entre **15 e 30 minutos**, consoante a dimensão do compartimento, da temperatura existente, condições de ventilação e progressão da espuma. Todos estes pormenores são importantes e devem ser sempre tidos em conta para efeitos logísticos.

### 3.2.1. CÁLCULOS DIVERSOS

#### 3.2.1.1. ESPUMAS DE ALTA EXPANSÃO

##### DÉBITOS DE ESPUMA

O cálculo deverá ser feito tendo em conta o volume a inundar. Um eventual aumento ao caudal de espuma deverá ser feito em função do calor libertado pelo incêndio e pelas fugas de espuma para o exterior.

Se o gerador o permitir, **as primeiras camadas de espuma devem ser produzidas numa expansão mais baixa** de forma a tornar a espuma mais resistente nos momentos iniciais do ataque.

De referir que é neste momento, em que a temperatura é mais elevada, que ocorre uma maior destruição da espuma. As quebras por ação do calor são mais notórias nos primeiros minutos de aplicação.

Se a aplicação de espuma for bem-sucedida irá reduzir a intensidade do

incêndio e, conseqüentemente, a libertação de calor, baixando, dessa forma, as perdas por evaporação de água presente na espuma que esteja a ser aplicada.

## INUNDAÇÃO DE UM COMPARTIMENTO

O volume do compartimento deverá ser calculado não pelas dimensões reais, mas sim **considerando a área e a altura do ponto mais alto da carga de incêndio existente**. Por exemplo, um estacionamento com 600 m<sup>2</sup> de área e 3,5 m de pé-direito, a altura a considerar não é a altura do compartimento (3,5 m), mas sim a altura máxima dos veículos aí existentes, por hipótese, 2 metros.

## EXERCÍCIO

Cave de estacionamento com 4000 m<sup>2</sup> de área (elemento combustível mais elevado 1,90 metros)

Caudal do equipamento gerador de espuma – 250 l/min

Coeficiente de expansão =  $\frac{1}{1000}$  (corresponde a 250 m<sup>3</sup>/min)

Concentrado espumífero disponível – AFFF 3%

A altura da inundação deverá ser pelo menos 0.6 metros acima do elemento combustível mais elevado. Como o elemento combustível mais elevado está a 1.90 metros, a altura da inundação a ser considerada será 2,5 metros.

### 1. Determinar o **volume** a inundar

$$\begin{array}{l} \text{Volume a inundar} \left\{ \begin{array}{l} (5000 \text{ m}^2 \times \mathbf{2.5 \text{ m}} = 12.500 \text{ m}^3) + (30\% \text{ de perdas}) \\ 12.500 \text{ m}^3 \times 0.30 = 3.750 \text{ m}^3 \\ 12.500 \text{ m}^3 + 3.750 \text{ m}^3 = \mathbf{16.250 \text{ m}^3} \end{array} \right. \end{array}$$



**2.** Determinar o **tempo** necessário para inundar o compartimento

$$16\,250\text{ m}^3 : 250\text{ m}^3/\text{min} = \mathbf{65\text{ minutos}}$$

**3.** Determinar a quantidade total de **concentrado espumífero** a utilizar (multiplicar a quantidade de solução espumífera pela percentagem de concentrado espumífero a aplicar e pelo tempo necessário para inundar o compartimento)

$$250\text{ l/min} \times 0,03 \times 65\text{min} = 487,5\text{ Litros}$$

**4.** Determinar a quantidade total de **água** a utilizar (multiplicar a quantidade de solução espumífera pela percentagem de água a aplicar e pelo tempo necessário para inundar o compartimento)

$$250\text{ l/min} \times \mathbf{0,97} \times 65\text{min} = \mathbf{15.762,5\text{ Litros}}$$

**5.** Determinar a quantidade de **equipamentos** necessários para a intervenção, considerando um tempo de aplicação igual a 15 minutos.

$$\frac{65}{15} = 4,33$$

Se um equipamento demora 65 minutos a inundar a totalidade do compartimento, então serão necessários **5 equipamentos** para inundar o mesmo espaço em 15 minutos.

### 3.2.1.2. ESPUMAS DE BAIXA E MÉDIA EXPANSÃO

#### TAXAS DE APLICAÇÃO

No que respeita às espumas, a taxa de aplicação exprime **os litros de solução espumífera por minuto e por metro quadrado (l/min/m²)** que são necessários para a extinção do incêndio. Deverá ser considerado um tempo mínimo de aplicação igual a **15 minutos** sempre que o derrame tenha uma espessura máxima de 25 mm. Para acidentes envolvendo depósitos de grandes dimensões, pipelines, veículos tanque e tanques ferroviários, devem ser considerados valores superiores.

A norma Europeia EN 1568 estabelece taxas de aplicação para a extinção de incêndios em derrames de hidrocarbonetos de **1,7 l/min/m²** a **2,5 l/min/m²**. Para solventes polares estabelece uma taxa de aplicação de **6,5 l/min/m²**.

| TAXAS DE APLICAÇÃO                      |                   |
|-----------------------------------------|-------------------|
| Hidrocarbonetos                         |                   |
| Solução espumífera                      | Taxa de aplicação |
| Proteica/Sintética                      | 1,7l/min./m²      |
|                                         | 2,5l/min./m²      |
| Solventes polares                       |                   |
| Solução espumífera                      | Taxa de aplicação |
| Polivalentes                            | 6,5l/min./m²      |
| Tempo mínimo de aplicação de 15 minutos |                   |

## TAXA DE APLICAÇÃO CRÍTICA

Chama-se taxa de aplicação crítica àquela abaixo da qual já não é possível extinguir o incêndio, devido à não existência do equilíbrio entre a velocidade de escoamento e a velocidade de destruição.

| RENDIMENTO MÁXIMO DAS AGULHETAS DE BAIXA E MÉDIA EXPANSÃO NA EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS EM DERRAMES |                                  |                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Agulheta                                                                                       | Taxa de aplicação de 2,5l/min/m² | Taxa de aplicação de 6,5l/min/m² |
| S2 e M2                                                                                        | 80 m²                            | 31 m²                            |
| S4 e M4                                                                                        | 160 m²                           | 62 m²                            |
| S8 e M8                                                                                        | 320 m²                           | 123 m²                           |
| Tempo mínimo de aplicação para extinção = 15 minutos                                           |                                  |                                  |

$$\text{Rendimento Máximo da Agulheta} = \frac{[\text{Débito da agulheta (l/min)}]}{[\text{Taxa de aplicação (l/min/m}^2\text{)}]}$$

## Intervenção em hidrocarbonetos

Exemplo:

Derrame com incêndio em gasolina numa área de 300 m<sup>2</sup>

Concentrado espumífero disponível – AFFF 3%

**1.** Determinar a quantidade de **solução espumífera** a utilizar (multiplicar a taxa de aplicação pela área do incêndio)

$$2,5 \text{ l/min/m}^2 \times 300 \text{ m}^2 = \mathbf{750 \text{ l/min}}$$

**2.** Determinar a quantidade de **concentrado espumífero** a utilizar (multiplicar a quantidade total de solução espumífera pela percentagem de concentrado espumífero a aplicar)

$$750 \text{ l/min} \times 0,03 = \mathbf{22,5 \text{ l/min}}$$

**3.** Determinar a quantidade de **água** a utilizar (subtrair a quantidade de solução espumífera pela quantidade de concentrado espumífero)

$$750 \text{ l/min} - 22,5 \text{ l/min} = \mathbf{727,5 \text{ l/min}}$$

**4.** Determinar as quantidades totais de **concentrado espumífero e água** necessários para a intervenção, considerando um tempo de aplicação igual a 15 minutos

$$22,5 \text{ l/min} \times 15 \text{ min} = \mathbf{337,5 \text{ litros}} \text{ (concentrado espumífero)}$$

$$727,5 \text{ l/min} \times 15 \text{ min} = \mathbf{10.912,5 \text{ litros}} \text{ (água)}$$

**5.** Determinar a quantidade de **equipamentos** necessários para a intervenção, considerando que tem ao seu dispor agulhetas geradoras de espuma S4

$$\text{rendimento máximo da agulheta S4} = \frac{(400 \text{ l/min})}{(2,5 \text{ l/min/m}^2)} = 160 \text{ m}^2$$

$$300 \text{ m}^2 : 160 \text{ m}^2 = 1.875 = \mathbf{2 \text{ agulhetas S4}}$$

## Intervenção em solventes polares

Exemplo:

Derrame com incêndio em álcool numa área de 200 m<sup>2</sup>

Concentrado espumífero disponível – AFFF-AR 6%

**1.** Determinar a quantidade de **solução espumífera** a utilizar (multiplicar a taxa de aplicação pela área do incêndio)

$$6,5 \text{ l/min/m}^2 \times 200 \text{ m}^2 = \mathbf{1.300 \text{ l/min}}$$

**2.** Determinar a quantidade de **concentrado espumífero** a utilizar (multiplicar a quantidade total de solução espumífera pela percentagem de concentrado espumífero a aplicar)

$$1.300 \text{ l/min} \times 0,06 = \mathbf{78 \text{ l/min}}$$

**3.** Determinar a quantidade de **água** a utilizar (subtrair a quantidade de solução espumífera pela quantidade de concentrado espumífero)

$$1.300 \text{ l/min} - 78 \text{ l/min} = \mathbf{1.222 \text{ l/min}}$$

**4.** Determinar as quantidades totais de **concentrado espumífero e água** necessários para a intervenção, considerando um tempo de aplicação igual a 15 minutos

$$78 \text{ l/min} \times 15 \text{ min} = \mathbf{1.170 \text{ litros}} \text{ (concentrado espumífero)}$$

$$1.222 \text{ l/min} \times 15 \text{ min} = \mathbf{18.330 \text{ litros}} \text{ (água)}$$

**5.** Determinar a quantidade de **equipamentos** necessários para a intervenção, considerando as seguintes agulhetas geradoras de espuma: M2, M4 e M8

Rendimento máximo da agulheta M2 =  $(200 \text{ l/min}) / (6,5 \text{ l/min/m}^2) = 31 \text{ m}^2$

$$\frac{200 \text{ m}^2}{31 \text{ m}^2} = 6.451 = \mathbf{7 \text{ agulhetas M2}}$$

Rendimento máximo da agulheta M4=(400 l/min):(6,5 l/min/m²) = 62 m²

$$\frac{200 \text{ m}^2}{62 \text{ m}^2} = 3.225 = \mathbf{4 \text{ agulhetas M4}}$$

Rendimento máximo da agulheta M8=(800 l/min):(6,5 l/min/m²) = 123 m²

$$\frac{200 \text{ m}^2}{123 \text{ m}^2} = 1.626 = \mathbf{2 \text{ agulhetas M8}}$$

| QUANTIDADE NECESSÁRIA DE AGULHETAS GERADORAS DE ESPUMA DE MÉDIA EXPANSÃO |        |             |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|-------------|
| Taxa de aplicação de 6,5 l/min/m²                                        |        |             |
| M2                                                                       | 31 m²  | 7 Agulhetas |
| M4                                                                       | 62 m²  | 4 Agulhetas |
| M8                                                                       | 123 m² | 2 Agulhetas |

### 3.2.1.3. ESTABELECIMENTOS DE MANGUEIRAS PARA PRODUÇÃO DE ESPUMA

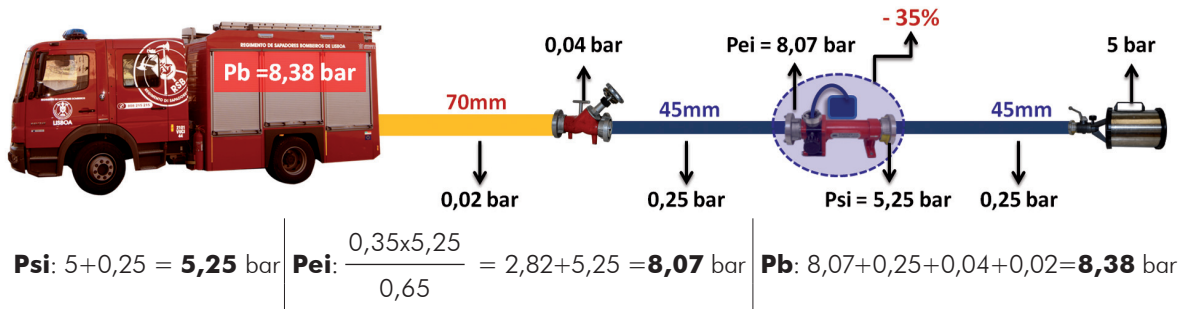
| PERDAS DE PRESSÃO POR LANÇO DE MANGUEIRA (20 METROS) |           |           |           |
|------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Lanço de mangueira                                   | Caudal    |           |           |
|                                                      | 200l/min. | 400l/min. | 800l/min. |
| 45mm                                                 | 0,25 bar  | 1 bar     |           |
| 70mm                                                 | 0,02 bar  | 0,1 bar   | 0,5 bar   |

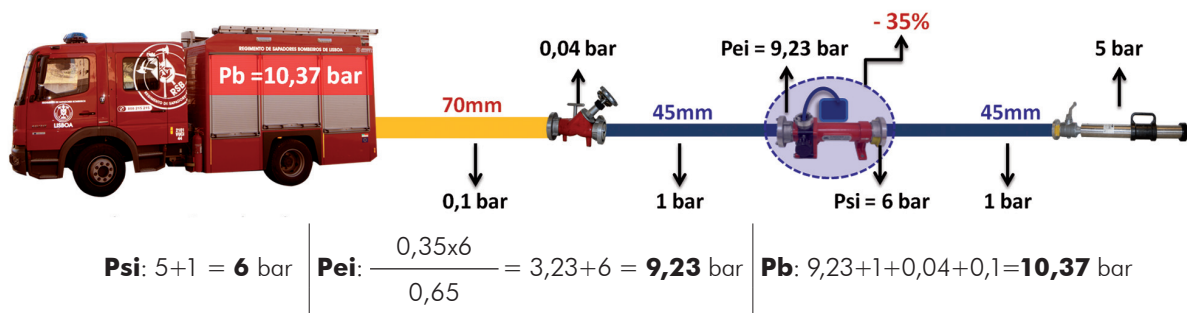
| PERDAS DE PRESSÃO/INDUTOR EM LINHA |     |     |     |
|------------------------------------|-----|-----|-----|
|                                    | 35% | 35% | 35% |



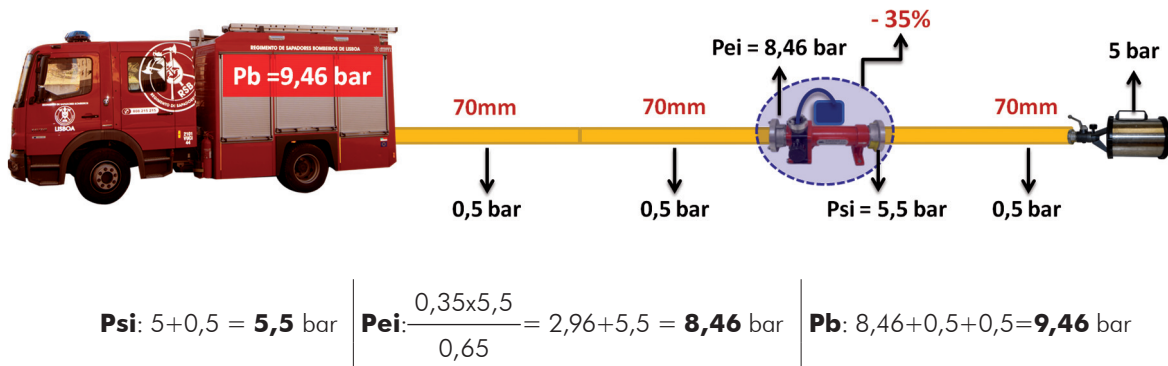
Estabelecimento de mangueiras para produção de espuma utilizando a **agu-lheta geradora de espuma M2** (Pb – Pressão na bomba; Pei – Pressão de entrada no indutor; Psi – Pressão de saída no indutor).



Estabelecimento de mangueiras para produção de espuma utilizando a **agu-lheta geradora de espuma S4**.



Estabelecimento de mangueiras para produção de espuma utilizando a **agu-lheta geradora de espuma M8**.



## 3.3. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

### 3.3.1. LOGÍSTICA

Um dos aspetos mais importante a ter em conta será o de nunca começar uma operação de extinção com espuma sem ter o abastecimento de água e concentrado espumífero disponível ou assegurado em tempo útil, sob pena de todo o agente extintor aplicado ser perdido e o esforço ter sido em vão.

Se a camada impermeável de espuma ficar incompleta, ou seja, não cobrir totalmente a área do incêndio, o que irá suceder será novamente a evolução do incêndio, fazendo evaporar gradualmente o tapete formado a partir da linha de fronteira até atingir os limites do derrame, e assim, em pouco tempo, teremos um incêndio de iguais proporções relativamente ao inicial.

- Não começar a operação sem ter garantido os recursos necessários;
- Efetuar a avaliação dos riscos pessoais, materiais e ambientais;
- Avaliar os custos/benefícios da operação.

### 3.3.2. POSICIONAMENTO DO MATERIAL E PESSOAL

Um incêndio em combustíveis líquidos é, para todos os efeitos, uma operação envolvendo matérias perigosas. A organização do teatro de operações deve ser configurada à luz dos princípios estabelecidos para este tipo de incidentes. Assim, para a zona de sinistro, deverão apenas ser enviadas as equipas de ataque com equipamentos geradores de espuma e equipas de proteção, ficando fora dessa zona toda a operação de logística.

As equipas de ataque com equipamentos geradores de espuma devem posicionar-se a favor do vento e em posições que permitam a constituição da cobertura a partir da periferia do derrame.

Durante as operações de aplicação de espuma, deve existir uma equipa de proteção pronta a intervir.

### 3.3.3. PROCEDIMENTOS DE MANOBRA NA EXTINÇÃO DO INCÊNDIO

#### ATUAÇÃO COM AGULHETAS GERADORAS DE ESPUMA

Nos primeiros momentos após a injeção de concentrado espumífero no estabelecimento de mangueiras irá sair somente água nas agulhetas geradoras de espuma. Só passados alguns segundos é que é iniciada a produção de espuma. De modo a evitar a aplicação dessa água no derrame ou no incêndio, as agulhetas **só devem ser dirigidas para o local de trabalho após a produção efetiva de espuma.**

A espuma será aplicada de forma a estabelecer uma cobertura homogênea, o que normalmente se consegue com ângulos de incidência fechada, empurrando a espuma aplicada em movimentos lentos e quase horizontais e raramente em profundidade. A espuma também pode ser aplicada fazendo incidir o jato sobre um plano vertical contíguo ou no centro do derrame sendo, neste caso, a cobertura formada desse ponto para a periferia.

A agulheta geradora de espuma não deve ser manobrada de forma errática pois assim nunca irá formar uma cobertura homogênea e sim, diversas “ilhas” sujeitas a serem evaporadas pelo calor do incêndio.

Também não se deve aplicar água para o mesmo foco de incêndio onde se esteja a proceder a aplicação de espuma. Todavia isto não significa que não se utilize água para proteção de exposições, tal não pode é afetar a formação da cobertura de espuma. Quando não for necessária a aplicação de mais espuma, a agulheta deve ser desviada do local de trabalho e só posteriormente deve ser dada a ordem para parar a injeção de concentrado espumífero.

#### ATUAÇÃO COM GERADORES PRODUTORES DE ESPUMA

Quando se utiliza espuma de alta expansão deve ter-se em atenção os seguintes fatores:

■ **A morfologia do compartimento**, ou seja, considerar todas as barreiras

físicas que se oponham ao trajeto da espuma em função do ponto ou pontos de aplicação;

■ **A ventilação do compartimento**, para que a saída de vapores e calor se faça em sentido oposto ao da aplicação da espuma. Este facto vai facilitar a progressão da espuma, por anulação de sobrepressões, já que ao remover parte do calor existente no compartimento diminui a evaporação de água existente na espuma, melhorando o rendimento da aplicação;

■ **O posicionamento das descargas dos geradores**, sempre que possível, deverá ser feito de forma a tirar partido do anteriormente descrito para a morfologia e ventilação do compartimento, e também das correntes de convecção geradas pelo próprio incêndio. Normalmente estas descargas devem ser feitas ao nível mais baixo do compartimento do incêndio;

■ **Interdição de utilização de água através de agulhetas no compartimento** a inundar, em virtude da água não só quebrar as espumas como também porque as correntes de ar por ela arrastadas podem impedir a progressão da espuma, ou mesmo expulsá-la para o exterior.

### 3.3.4. PROCEDIMENTOS DE ELIMINAÇÃO DA ESPUMA DE ALTA EXPANSÃO COM QUE SE INUNDOU UM COMPARTIMENTO

Após a finalização dos trabalhos de extinção, pode haver a necessidade de remover rapidamente a espuma de alta expansão. Podem ser empregues os seguintes métodos:

- Agulhetas de alta pressão (método que pode aumentar os danos por água);
- Os próprios geradores em operação inversa (como extratores);
- Ventiladores de pressão positiva.

### 3.3.5. FATORES QUE AFETAM A SEGURANÇA DO PESSOAL APÓS A INUNDAÇÃO DE UM COMPARTIMENTO COM ESPUMA DE ALTA EXPANSÃO

O pessoal que vai operar dentro dum compartimento inundado com espuma de alta expansão deverá estar atento aos seguintes riscos:

- Perda do campo de visão, limitação da audição e perda do sentido de orientação;
- Dificuldade em fazer-se ouvir;
- Dificuldade em ouvir alarmes, nomeadamente o apito de alarme do ARICA;
- Dificuldade em localizar eventuais pontos quentes, danos estruturais ou outros aspetos relevantes para a operação;
- Como medida de precaução **todo o pessoal que tenha de entrar num compartimento inundado de espuma, deverá fazê-lo espiado.**





# INCÊNDIOS EM TANQUES DE INSTALAÇÕES FIXAS

A ocorrência de um incêndio num tanque de um parque de combustíveis é rara mas, quando ocorre, torna-se geralmente num cenário “dantesco”. Apresenta-se sempre com uma grande intensidade e tendência a agravar-se com o decorrer do tempo, já que, se não houver um arrefecimento e extinção atempados, o líquido armazenado poderá entrar em ebulição, o que determina um maior desprendimento de vapores inflamáveis, originando assim o início de uma combustão logo que o comburente fique disponível, resultando no aparecimento de enormes chamas de difusão.

Este tipo de incêndio é sempre de extinção muito difícil quando combatido com meios móveis, pelo que, em termos de combate, a primeira opção deverá ser a utilização dos meios de extinção fixos instalados no local para o efeito, sendo esta operação sempre da responsabilidade da entidade detentora desse meio. Essas instalações fixas destinam-se à aplicação de espuma por métodos compatíveis com o desenho do tanque e podem ser de injeção pela base ou de descarregador de topo.

Nestas circunstâncias, o campo de ação dos bombeiros encontra-se, de certa forma, reduzido e a sua intervenção em termos de aproximação aos tanques deverá ser sempre acompanhada de medidas de segurança extremas e sempre debaixo da supervisão do pessoal técnico da entidade detentora dos meios fixos.

## 4.1. TIPOS DE TANQUES

Existem quatro tipos de tanques para o armazenamento de combustíveis líquidos inflamáveis:

- Tanque de **topo aberto**;
- Tanque de **topo fixo**;

- Tanque de **topo flutuante**;
- Tanque de **topo fixo e ecrã flutuante**.

#### 4.1.1. TANQUE DE TOPO ABERTO

Trata-se de um reservatório onde a superfície livre do líquido está em contacto direto com a atmosfera. São essencialmente utilizados nos processos de extração de petróleo natural.

#### 4.1.2. TANQUE DE TOPO FIXO

Trata-se de um reservatório que apresenta a parte superior coberta por uma estrutura fixa em forma de cone, o que implica a existência de uma câmara de vapores, maior ou menor, de acordo com o nível do líquido.



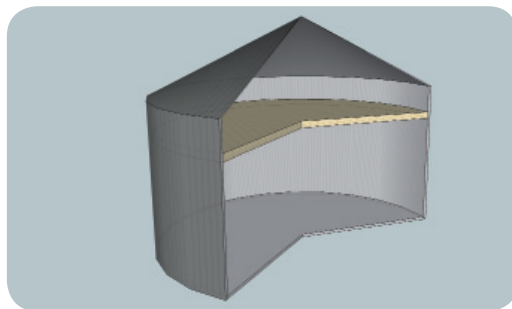
#### 4.1.3. TANQUE DE TOPO FLUTUANTE

Nos tanques de topo flutuante, o topo flutua sobre o líquido subindo ou descendo de acordo com o nível do mesmo, logo não existe câmara de vapores.



#### 4.1.4. TANQUE DE TOPO FIXO E ECRÃ FLUTUANTE

Trata-se de um reservatório que apresenta a parte superior coberta por uma estrutura fixa em forma de cone, com um ecrã flutuante interno que flutua diretamente sobre a superfície do combustível.



#### 4.2. DIQUES DE RETENÇÃO

Os tanques de armazenagem de líquidos combustíveis encontram-se obrigatoriamente envolvidos por um sistema de diques que formam uma bacia de retenção com a capacidade para reter o volume total do líquido que o tanque contenha. Esta instalação destina-se a evitar que, em caso de derrame de



um tanque, este não atinja os tanques vizinhos ou outras instalações. Assim, todas as operações de combate a incêndios devem ser lançadas sobre essas estruturas e nunca de dentro da bacia de retenção, que deve ser considerada neste caso como uma zona de risco.

É também de considerar que um incêndio generalizado num tanque de combustível ocorre sempre no topo superior deste (superfície livre do líquido), o que determina que todo o calor (convecção e radiação) seja produzido na parte superior do tanque, determinando que o aquecimento do líquido seja feito de cima para baixo e que a propagação por radiação ocorra com maior intensidade a um nível superior.

### **4.3. OPERAÇÕES A EFETUAR UTILIZANDO MEIOS MÓVEIS**

As operações de combate a incêndios em tanques utilizando meios móveis consistem principalmente no seguinte:

- Aplicação de grandes quantidades de espuma no topo dos tanques através de plataformas elevatórias, monitores e agulhetas tipo “pescoço de cavalo”. Deverá ser dada especial atenção à trajetória de aplicação da espuma, pois esta deverá ser o mais rasante possível, a fim de evitar o calor produzido nas zonas mais ativas da chama;
- Refrigeração das partes laterais do tanque através de jatos de água, a fim de reduzir o aquecimento do líquido e da estrutura, de modo a evitar a rotura desta;
- Arrefecimento através de jatos de água dos tanques contíguos que estejam sujeitos ao calor libertado pelo incêndio.

Em qualquer operação desta natureza deve ter-se em atenção a drenagem da água que vai escorrendo para dentro dos diques, pois caso estes sejam inundados por esta e se ocorrer uma rotura do tanque, o volume da bacia de



retenção pode não ser suficiente para conter todo o combustível derramado e, nessas circunstâncias, teremos um alastramento do incêndio de consequências completamente imprevisíveis.

Os incêndios em válvulas e roturas de tubagens devem ser considerados e tratados como incêndios em líquidos combustíveis derramados, havendo neste caso que evitar, a todo custo, o aquecimento dos tanques que se encontram mais próximos.



# SISTEMA ESPECIAL DE PRODUÇÃO DE ESPUMAS

## 5.1. ESPUMAS DE AR COMPRIMIDO (CAFS)

São obtidas a partir de água e concentrados espumíferos, mas com uma grande diferença relativamente às aspiradas: o ar comprimido é introduzido na água através de uma câmara de passagem, situada a seguir ao proporcionador, antes de atingir o dispositivo gerador de espuma. Ou seja, a formação da espuma é efetuada ainda no interior da mangueira.

Com o sistema CAFS obtêm-se espumas mais consistentes e resistentes ao calor e com uma excelente aderência em superfícies verticais. Alterando a relação ar/água no sistema, obtêm-se espumas húmidas ou secas.

As espumas húmidas tem maior fluidez, um elevado efeito mecânico e uma elevada velocidade de drenagem. As espumas secas têm melhor aderência e menor deslizamento em superfícies verticais e o tempo de drenagem é mais lento em relação às espumas húmidas.

O ar injectado no sistema diminui a tensão superficial da água permitindo, assim, absorver de imediato o calor, o que leva a uma extinção mais rápida do incêndio, diminuindo consideravelmente a quantidade de solução espumífera e de água necessários para extinção.

O sistema CAFS pode ser aplicado no combate a incêndios da classe A e B, em incêndios em veículos automóveis, em incêndios urbanos, industriais e em matérias perigosas.

As espumas obtidas com o sistema CAFS têm as mesmas características das aspiradas, mas com as seguintes vantagens:

- Maior velocidade de projecção, uma vez que as perdas de pressão são diminutas, permitindo maiores alcances e uma maior energia no impacto, o que determina, até certo ponto, uma melhor aderência a planos verticais;

- Requer menor quantidade de água;
- Taxas de indução muito baixas (0,1% a 1%);
- Redução dos danos causados pela extinção;
- Menor formação de vapor;
- Menos danos ambientais, uma vez que utiliza menos quantidade de concentrado espumífero.

Esta espuma para ser produzida necessita de equipamentos fornecidos em bloco pelos construtores e montados nos veículos de incêndio que constam do seguinte:

- Água pressurizada;
- Dispositivo que permita a mistura de água com o concentrado espumífero (sempre bomba injetora);
- Compressor para produção de ar comprimido, com um débito e pressão compatíveis com o débito e pressão de água;
- Reservatório de ar comprimido (nem todos os sistemas utilizam este reservatório);
- Câmara de injeção de ar na solução espumífera;
- As agulhetas são em tudo semelhantes às agulhetas de jato simples de água mas com uma ponteira de grande diâmetro (aproximadamente 40 mm).

| CAFS (Compressed air foam system) NAFS (Nozzle aspired foam system) |      |                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------|
| Sistemas                                                            | CAFS | Aplicação forçada do ar no sistema                                     |
|                                                                     | NAFS | Aspiração do ar para o sistema                                         |
| Formação de bolhas                                                  | CAFS | Efetuada no interior do estabelecimento de mangueiras                  |
|                                                                     | NAFS | Efetuada à entrada da agulheta geradora de espuma através de aspiração |







## CONSIDERAÇÕES DE SEGURANÇA

Durante as operações de combate ao incêndio as equipas de ataque e de proteção devem ter sempre em atenção os seguintes aspetos:

- Nunca empregar espuma na presença de eletricidade, pois esta é condutora;
- Tomar as devidas precauções em relação aos fenómenos de “BLEVE” (*boiling liquid expanding vapour explosion*) caso existam recipientes fechados;
- Tomar as devidas precauções em relação a fenómenos que podem ocorrer em líquidos sobreaquecidos que entrem em ebulição e provocar projeções de líquido a arder (fenómeno possível apenas em tanques) “*Boilover*”;
- Tomar as devidas precauções em relação à migração de água para dentro de líquidos combustíveis de alto ponto de ebulição, pois a água ao mergulhar nestes é aquecida, passando ao estado vapor, projetando na sua expansão o líquido a arder;
- Nunca pisar ou manobrar sobre uma cobertura de espuma que esteja formada sobre um derrame de líquido inflamado, ainda que já esteja completamente extinto. Se houver necessidade imperiosa de o fazer, tal deverá ser efetuado sempre com agulhetas geradoras de espuma em proteção e todas as roturas da cobertura devem ser imediatamente refeitas.

Embora as espumas possam ser consideradas como produtos pouco tóxicos e sem perigo para o Homem, recomenda-se que:

- Não seja ingerida;
- Não haja contacto com os olhos e mucosas;
- Não haja contacto prolongado com a pele;
- Evitar entrar num compartimento completamente cheio de espuma.

## **6.1. CONDUTIBILIDADE ELÉTRICA DAS ESPUMAS PARA COMBATE A INCÊNDIOS**

As espumas para combate a incêndios, nomeadamente as formadas usando concentrado espumífero proteico, têm uma condutibilidade elétrica superior à da água doce, pelo que haverá que considerar restrições ao seu uso em presença de equipamentos elétricos em carga (exemplo típico de incêndios em transformadores cujo elemento isolante é o óleo mineral).

Para além do perigo de eletrocussão dos elementos que operam com os equipamentos geradores de espuma, a condutibilidade elétrica das espumas de combate a incêndios pode ter consequências nefastas quando é aplicada sobre derrames não inflamados de líquidos combustíveis, já que a espuma pode promover a descarga de eletricidade estática acumulada no combustível.

Esta descarga pode dar origem a faíscas com energia suficiente para incendiar os vapores desse combustível e, deste modo, causarem o incêndio do derrame. Tal situação é possível de ocorrer em derrames em bacias em que a lâmina de líquido inflamável tenha mais de 0,5 m de profundidade.

## **6.2. CONSIDERAÇÕES AMBIENTAIS RELATIVAS AO USO DAS ESPUMAS DE COMBATE A INCÊNDIOS**

A água resultante da drenagem de espumas de combate a incêndios vai contaminada com os componentes do concentrado espumífero que poderão, eventualmente, vir a poluir aquíferos (os concentrados espumíferos fluorados são os mais poluentes) com consequências ambientais nefastas.

Por este motivo a utilização das espumas deverá ser ponderada, considerando o impacto ambiental da sua utilização, bem como os custos de remoção e descontaminação dos seus efluentes, bem como a massa de combustível extinto.









|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Prefácio .....                                                            | 5  |
| Introdução .....                                                          | 7  |
| Conceitos gerais sobre espumas .....                                      | 9  |
| 1.1. O que é uma espuma .....                                             | 9  |
| 1.2. Forma de actuação das espumas .....                                  | 9  |
| 1.3. Características da espuma .....                                      | 10 |
| Espumas para Extinção de incêndios da Classe B .....                      | 13 |
| 2.1. Classificação das espumas .....                                      | 13 |
| 2.1.1. Quanto ao concentrado espumífero .....                             | 13 |
| 2.1.1.1. Concentrados espumíferos de base proteica .....                  | 14 |
| 2.1.1.2. Concentrados espumíferos de base sintética .....                 | 15 |
| 2.1.1.3. Concentrados espumíferos polivalentes .....                      | 17 |
| 2.1.2. Quanto ao coeficiente de expansão .....                            | 19 |
| 2.1.2.1. Baixa expansão .....                                             | 20 |
| 2.1.2.2. Média expansão .....                                             | 20 |
| 2.1.2.3. Alta expansão .....                                              | 21 |
| 2.2. Incompatibilidades .....                                             | 22 |
| 2.2.1. Entre concentrados espumíferos .....                               | 22 |
| 2.2.2. Entre espumas .....                                                | 22 |
| 2.2.3. Entre espumas e outros extintores .....                            | 23 |
| 2.3. Equipamentos para produção de espumas físicas .....                  | 23 |
| 2.3.1. Lanço de mangueira .....                                           | 23 |
| 2.3.2. Equipamentos proporcionadores de concentrado espumífero na água .. | 24 |
| 2.3.2.1. Equipamentos portáteis .....                                     | 24 |
| 2.3.2.2. Equipamentos fixos .....                                         | 28 |
| 2.3.3. Equipamentos geradores de espuma .....                             | 30 |
| 2.3.3.1. Equipamentos portáteis .....                                     | 30 |
| 2.3.3.2. Equipamentos fixos .....                                         | 38 |

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4. Processo de produção de espumas físicas .....                                                                      | 38 |
| 2.4.1. Indução .....                                                                                                    | 39 |
| 2.4.2. Admissão de ar .....                                                                                             | 40 |
| 2.4.3. Qualidades do ar e da água na produção de espumas .....                                                          | 41 |
| 2.5. Métodos de aplicação de espuma .....                                                                               | 42 |
| 2.5.1. Equipamentos portáteis .....                                                                                     | 42 |
| 2.5.1.1. Aplicação direta .....                                                                                         | 42 |
| 2.5.1.2. Aplicação indireta .....                                                                                       | 43 |
| 2.5.2. Equipamentos fixos .....                                                                                         | 44 |
| 2.5.2.1. Injeção pela base .....                                                                                        | 44 |
| 2.5.2.2. Injeção pelo topo .....                                                                                        | 45 |
| 2.5.2.3. Injeção pelo topo e pela base .....                                                                            | 45 |
| Combate a incêndios de líquidos inflamáveis com espuma .....                                                            | 47 |
| 3.1. Princípios fundamentais .....                                                                                      | 47 |
| 3.2. Noções gerais para cálculos de débitos .....                                                                       | 48 |
| 3.2.1. Cálculos diversos .....                                                                                          | 48 |
| 3.2.1.1. Espumas de alta expansão .....                                                                                 | 48 |
| 3.2.1.2. Espumas de baixa e média expansão .....                                                                        | 50 |
| 3.2.1.3. Estabelecimentos de mangueiras para produção de espuma ....                                                    | 54 |
| 3.3. Procedimentos operacionais .....                                                                                   | 56 |
| 3.3.1. Logística .....                                                                                                  | 56 |
| 3.3.2. Posicionamento do material e do pessoal .....                                                                    | 56 |
| 3.3.3. Procedimentos de manobra na extinção do incêndio .....                                                           | 57 |
| 3.3.4. Procedimentos de eliminação da espuma de alta expansão com que se inundou um compartimento .....                 | 58 |
| 3.3.5. Fatores que afetam a segurança do pessoal após a inundação de um compartimento com espuma de alta expansão ..... | 59 |
| Incêndios em tanques de instalações fixas .....                                                                         | 61 |
| 4.1. Tipos de tanques .....                                                                                             | 61 |
| 4.1.1. Tanque de topo aberto .....                                                                                      | 62 |
| 4.1.2. Tanque de topo fixo .....                                                                                        | 62 |
| 4.1.3. Tanque de topo flutuante .....                                                                                   | 62 |

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.4. Tanque de topo fixo e ecrã flutuante .....                                       | 63 |
| 4.2. Diques de retenção .....                                                           | 63 |
| 4.3. Operações a efetuar utilizando meios móveis .....                                  | 64 |
| Sistema especial de produção de espumas .....                                           | 67 |
| 5.1. Espumas de ar comprimido (Cafs) .....                                              | 67 |
| Considerações de segurança .....                                                        | 71 |
| 6.1. Condutibilidade elétrica de espumas para combate a incêndios .....                 | 72 |
| 6.2. Considerações ambientais relativas ao uso das espumas de combate a incêndios ..... | 72 |
| Índice .....                                                                            | 73 |
| Referências bibliográficas .....                                                        | 77 |
| Agradecimentos .....                                                                    | 78 |



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATALHÃO DE SAPADORES BOMBEIROS DE LISBOA; *Elementos de apoio à instrução*; agentes extintores.

INTERNATIONAL FIRE SERVICE TRAINING ASSOCIATION, (1989) *Fire Stream Practices*; 7.ª edição. 464 p.

INTERNATIONAL FIRE SERVICE TRAINING ASSOCIATION, (2003); *Principles of Foam Fire Fighting*; 2.ª edição. 362 p.



## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração empenhada que receberam da parte de Rodrigo Mira, Inspetor de Bombeiros do Serviço Regional de Proteção Civil e Bombeiros dos Açores (SRPCBA) e do Engenheiro Mário Colaço;

Aos elementos do RSB que gentilmente cederam o seu tempo e participaram nas fotografias que ilustram este manual;

À Companhia Logística de Combustíveis, S.A (CLC) pela cedência do seu parque de combustíveis e ao Departamento de Limitação de Avarias (DLA) da Marinha Portuguesa pela cedência do seu parque de treinos para a realização de algumas das fotografias que ilustram este manual.