



**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DIRETORIA DE ENSINO
ACADEMIA DE BOMBEIRO MILITAR
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS – TURMA 36**



**PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO MANUAL SOBRE O COMBATE A INCÊNDIO
COM O USO DE ESPUMA**

Felipe Henrique de Jesus Silva¹
Jadson Barros de Lacerda²

RESUMO

Este trabalho analisa a possibilidade de se atualizar o manual de combate a incêndio com uso de espuma no âmbito do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF). Tal abordagem se justifica devido ao fato de que, ainda hoje, não existe um material oficial que possa guiar a Corporação no que tange às técnicas utilizadas durante as ocorrências que envolvam o uso de espuma. O objetivo deste estudo é elaborar uma proposta de manual de combate a incêndio urbano com uso de espuma, segundo as referências atuais sobre o assunto e especialistas do Grupamento de Prevenção e Combate de Incêndio Urbano. Esta tarefa será alcançada mediante revisão bibliográfica, pesquisa com especialistas da área de combate a incêndio urbano e literatura científica. **Palavras-chave:** Combate a incêndio. Espuma. Técnicas de combate.

PROPOSAL FOR AMENDMENT OF THE FIRE FIGHTING MANUAL

ABSTRACT

This paper examines the possibility of updating the CBMDF Foam Fire Fighting Manual. Such an approach is justified by the fact that even today there is no official material that can guide the corporation regarding the techniques used during occurrences involving the use of foam. The objective of this study is to elaborate a proposal of urban firefighting manual, within CBMDF emphasizing the use of foam, according to the current

¹ Artigo apresentado em 09 de Junho de 2020 como requisito para aprovação no Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

² Cad Felipe. Aluno do Curso de Formação de Oficiais do CBMDF localizado na ABMIL. Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade de Brasília.

³ 1º Ten QOBM/Comb. Lacerda. Instrutor de Combate à Incêndio Urbano e lotado na SSPDF. Graduado em Física pela Universidade Católica de Brasília.

references on the subject and experts from the Urban Fire Prevention and Fighting Group. This task will be achieved through literature review, research with experts around urban firefighting and scientific literature.

Keywords: *Firefighting. Foam. Combat techniques.*

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Manual de Combate a incêndio do Corpo de Bombeiros do Estado de Goiás, “O incêndio é o nome dado ao fogo que foge ao controle e consome aquilo que não deveria consumir, podendo, pela ação das suas chamas, calor e/ou fumaça, proporcionar danos à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente” (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS, 2016, p.1).

Santos (2011, p. 343) apresenta a história mundial em relação aos incêndios urbanos, trazendo à tona a dificuldade latente do homem em lidar com esses eventos:

Ao longo da história mundial muitos são os exemplos de incêndios de elevadas proporções, com graves consequências econômicas e patrimoniais. Entre estes, os grandes incêndios de Londres e Chicago são inquestionavelmente dois dos mais marcantes, tendo provocado a destruição quase total de ambas as cidades e a perda elevada de vidas humanas [...].

Tais incêndios ocorreram de forma descontrolada muito em função do pouco conhecimento e baixa importância dada pela sociedade na prevenção e combate a incêndios urbanos.

A atividade de combate a incêndio, que é missão primordial dos corpos de bombeiros, necessita de uma constante atualização e desenvolvimento de tecnologias para que a atividade seja cada vez mais segura e efetiva. Muito em função das novas configurações de moradia e mobília que são utilizadas atualmente, os casos de incêndios têm se tornado cada vez mais complicados, apresentando dificuldades no combate feito pelas guarnições. Nesse sentido, o aprimoramento de novas técnicas e tecnologias de proteção aos combatentes e ataque ao fogo é tarefa fundamental, com vistas ao êxito no cumprimento da missão.

Diante disso, o avanço tecnológico tem viabilizado o surgimento de tecnologias mais eficientes e sustentáveis, criando um ambiente propício para a inclusão de novas formas de combate. O uso de espuma no combate a incêndios urbanos é uma novidade que já vem sendo utilizada, e tem apresentado bons resultados por conta de suas características físico-químicas singulares. Com isso, o aprimoramento técnico

profissional dos bombeiros é de extrema importância, de tal forma que a perícia no uso é fator crucial para que a utilização desse recurso seja feita da melhor forma.

Este trabalho aborda, portanto, como deve ser conduzido o combate a incêndio com o uso de espuma, a qual é utilizada hoje pelo CBMDF. Nesse sentido, como ainda é bastante recente a inclusão dessa tecnologia na Corporação, a ausência de um manual de combate com espuma com informações mais precisas pode gerar uma falta de padrão de conduta das guarnições durante as ocorrências. Então faz-se necessário questionar: O manual de combate de incêndio com uso de espuma está adequado às práticas utilizadas pelo CBMDF?

Há indícios de que não há esta adequação, uma vez que os materiais e técnicas expostos no manual não são os mesmos utilizados no dia a dia do CBMDF. Assim, se faz necessário a verificação da consonância entre a realidade das viaturas de combate a incêndio com o que vem sendo exposto no manual da corporação no que diz respeito ao uso de espuma. Dessa maneira, o conhecimento passado na rotina da tropa pode vir a ser padronizado, gerando condutas a serem seguidas, além da discussão e criação de novas ideias que possam aprimorar ainda mais as técnicas já empregadas. Outro ponto que fortalece a importância da manualização é a formação dos novos bombeiros a fim de que o binômio ensino-aprendizagem seja mais eficiente.

Tal abordagem se justifica pela necessidade de padronização formal, dentro do âmbito do CBMDF, do uso da espuma em ocorrências de incêndio urbano. Além disso, a formação e treinamento dos militares, dentro de um manual que já preconiza as ações a serem tomadas de forma ordenada e de clara compreensão, facilita e confere celeridade na hora do combate.

O principal objetivo deste trabalho é investigar a adequação do manual atual de combate a incêndio urbano, no âmbito do CBMDF sobre o uso de espuma, segundo as referências atuais sobre o assunto e especialistas do Grupamento de Prevenção e Combate de Incêndio Urbano. Além disso, também irá: Apresentar o Grupamento de Prevenção e Combate de incêndio Urbano, citar as características do incêndio urbano e descrever as especificidades da espuma. A seguir serão discutidos os objetivos específicos do trabalho.

2 GRUPAMENTO DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO

O Grupamento de Prevenção e Combate a Incêndio Urbano (GPCIU) é uma Unidade Especializada do CBMDF que, de acordo com o nome ostentado, é focado na atividade de incêndio urbano no Distrito Federal.

Com o intuito de descrever o rol de atividades a serem exercidas pelo CBMDF e a organização básica do CBMDF, foram desenvolvidos uma lei e um decreto. A Lei Federal nº 8255, de 20 de novembro de 1991 descreve, no seu Art. 2º, as competências do CBMDF e, dentre elas, está elencada a atividade de prevenção e extinção de incêndio urbano. Por outro lado, o Decreto 31.817 de 21 de junho de 2010, do Governo do Distrito Federal, determina, com maior detalhamento, as atividades que os Grupamento Bombeiro Militar (GBM) e as unidades especializadas realizam em função de sua área de atuação. Nesse sentido, o GPCIU é a unidade operacional especializada responsável por essa atividade, incumbindo sobre esse grupamento as seguintes missões:

- I – executar no âmbito do Distrito Federal as atividades de prevenção e combate a incêndio;
- II – promover a capacitação continuada do pessoal lotado nas Unidades de multiemprego para a execução das atividades de prevenção e combate a incêndio;
- III – levantar a demanda dos materiais de prevenção e combate a incêndio junto às Unidades de multiemprego, remetendo-as, mensalmente, ao escalão superior;
- IV – distribuir os materiais e equipamentos utilizados para as atividades de prevenção e combate a incêndio para as Unidades de multiemprego.

As unidades especializadas são, portanto, partes integrantes do Comando Operacional do CBMDF, e acumulam, além das competências específicas da unidade, algumas responsabilidades em comum, elencadas pelo Decreto 31.817 de 21 de junho de 2010, quais sejam:

- I – promover estudos e análises com vistas ao aprimoramento da gestão de suas atividades e da legislação pertinente;
- II – expedir declarações, certidões e outros documentos específicos de sua competência;
- III – colaborar com o Estado-Maior Geral no estabelecimento de indicadores de qualidade e produtividade, tanto dos processos, quanto dos recursos humanos e materiais empregados;

IV – cooperar com o Estado-Maior Geral na formulação e no desenvolvimento da doutrina relativa à sua área de atuação;

V – exercer outras atividades que lhe forem conferidas pelas autoridades competentes.

Figura 1 – Entrada do Grupamento de Combate a Incêndio Urbano



Fonte: Google Maps.

Em consonância com a legislação vigente, e como parte da doutrina que incumbe ao GPCIU o Manual de Combate a Incêndio Urbano do CBMDF foi desenvolvido segundo as técnicas preconizadas pelo grupamento em conjunto com outros órgãos do CBMDF. Nesse documento é apresentado, de maneira clara e sucinta, as principais características do incêndio urbano, além das técnicas e táticas de combate adotadas pela Corporação. No próximo item serão abordadas as principais características do incêndio, com base em Manuais de Combate a Incêndio Urbano e literatura específica.

3 AS CARACTERÍSTICAS DO INCÊNDIO URBANO

O incêndio é o nome dado ao fogo que foge ao controle e consome aquilo que não deveria consumir, podendo, pela ação das suas chamas, calor e/ou fumaça, proporcionar danos à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente (CBMGO, 2016).

O conhecimento das características do incêndio urbano é crucial para a determinação das ações executadas pelas guarnições, definindo a sobrevivência de vítimas, preservação de patrimônio e diminuição de riscos para os bombeiros. No que diz respeito ao uso de espuma, a partir desse conhecimento se torna possível selecionar qual a melhor estratégia e tática de combate a ser adotada.

O processo de queima de um incêndio será descrito segundo Manual Básico de Combate a Incêndio Urbano do CBMDF, manuais de outras corporações, bibliografia técnico científico e trabalhos acadêmicos da área em estudo. Para melhor elucidação, serão explicitadas as principais fases do incêndio, mais especificamente no que diz respeito aos incêndios urbanos encontrados no caso do Distrito Federal.

3.1 FASES DO INCÊNDIO

As fases do incêndio serão desenvolvidas a seguir.

3.1.1 Fase inicial

Nesta fase, após a ignição de algum material combustível, o oxigênio e o combustível presentes no ambiente são abundantes. Assim, a temperatura permanece relativamente baixa em um espaço de tempo maior e abrange a eclosão do incêndio, o qual fica restrito ao foco inicial. O desenvolvimento do incêndio está limitado ao objeto inicialmente em chamas (foco do incêndio) e às suas proximidades.

Segundo o Manual Operacional de Bombeiros - Combate a Incêndio Urbano, do Estado de Goiás, alguns fatores que influenciam diretamente na fase inicial:

- **Relação superfície/massa do combustível:** O processo de aquecimento é acelerado em função do tamanho de superfície exposta à radiação térmica, liberando assim gases combustíveis que contribuem para a combustão.
- **Posicionamento do combustível:** De acordo com a forma e posicionamento em que o objeto está sendo submetido à combustão, a chama irá aparecer mais rapidamente ou mais lentamente, por conta da convecção.
- **Umidade do combustível:** Quanto mais úmido o material combustível, mais demorada se torna a ignição desse material, uma vez que é necessário o ressecamento do material inicialmente.
- **Continuidade do combustível:** Diz respeito à proximidade dos objetos que estão pirolisando, de forma que, quanto mais próximo, mais acelerada se torna a ignição desses materiais.
- **Carga de incêndio do ambiente:** A quantidade de material combustível configura fator relevante na magnitude e velocidade que um incêndio pode se desenvolver.

3.1.2 Fase crescente

Ainda consoante com o Manual Básico de Combate a Incêndio Urbano do CBMDF (2009), nesse momento do incêndio confinado, à medida que a combustão progride, a parte mais alta do ambiente vai sendo tomada por fumaça quente, por conta da convecção, de tal maneira que o volume das chamas aumenta e a concentração de oxigênio abaixa para cerca de 20%. Nessa fase, a temperatura ainda não é tão alta, mas ocorre um aumento exponencial na quantidade de liberação de calor em curto espaço de tempo, podendo levar todos os materiais presentes no ambiente a pirolisar.

Segundo Seito (2008, p.45), nessa fase as chamas começam a crescer mais rapidamente aquecendo o ambiente, assim ocorre a propagação do incêndio para os objetos mais próximos ao foco e materiais combustíveis próximo do teto, uma vez que a camada de fumaça está quente e se deposita na parte mais alta do ambiente.

Por este motivo, segundo o Manual Operacional de Bombeiros: Combate a Incêndio Urbano, do Corpo de Bombeiros Militar do Goiás (2016), quanto menor a distância entre o piso e o teto da edificação, mais rapidamente ocorrerá a estratificação da fumaça (adensamento da fumaça), com a consequente saturação do ambiente por ela.

A ventilação também tem influência direta na propagação e crescimento das chamas, uma vez que a concentração de oxigênio nessa etapa se encontra na faixa de 18%. Assim, um ambiente com entrada de ar e saídas para fumaça dificulta, por conta do calor que é dissipado. Então a propagação do calor se torna mais lenta, fazendo com que a pirólise dos demais objetos, que ocorreria por radiação, demore mais a ocorrer.

3.1.3 Fase totalmente desenvolvida

A fase totalmente desenvolvida se caracteriza por ser o momento do incêndio em que ocorre uma estabilização da queima dentro do cômodo incendiado. O Manual Operacional de Bombeiros - Combate a Incêndio Urbano, do Corpo de Bombeiros Militar do Goiás (2016) apresenta as características dessa fase:

A queima lenta estará presente na fase final do incêndio, onde todos os combustíveis estão queimados e os que não estão, não queimaram por deficiência de oxigênio no ambiente. O ambiente possui presença de, principalmente, calor e fumaça, havendo pouca ou nenhuma chama. No entanto, a entrada de oxigênio no ambiente poderá desencadear um *backdraft*.

3.2 TIPOS DE INCÊNDIO

Os incêndios podem ser classificados de acordo com o tipo de combustível a ser extinto pelo agente extintor, nesse sentido foram desenvolvidas as classes de incêndio com foco na reação que ocorre entre o agente extintor e o material que está em chamas. Dessa maneira, é de suma importância que o conhecimento das classes de incêndio seja difundido, pois contribui diretamente para o trabalho dos bombeiros na adoção da melhor técnica de combate (CBMDF, 2009). As classes de incêndio serão descritas a seguir, segundo o Manual de Combate a incêndio do CBMDF.

3.2.1 Classe A

Figura 2 - Material classe A



Fonte: Manual Operacional de Bombeiros: Combate a Incêndio Urbano (CBMGO, 2016).

Segundo o Manual Operacional de Bombeiros: Combate a Incêndio Urbano (CBMGO, 2016), a classe de incêndio A diz respeito aos combustíveis sólidos, tais como papel, madeira, tecidos, plástico e borracha.

O método mais utilizado para extinção desse tipo de incêndio é o resfriamento com a utilização de água, apesar de, em alguns casos, já haver pó e espuma capazes de também realizar esta extinção.

3.2.2 Classe B

Figura 3 - Material classe B



Fonte: Manual Operacional de Bombeiros: Combate a Incêndio Urbano (CBMGO, 2016).

Ainda segundo o Manual Operacional de Bombeiros: Combate a Incêndio Urbano (CBMGO, 2016), essa classe de incêndio diz respeito à queima de líquidos ou gases inflamáveis, de maneira que a pirólise se dá de forma superficial, ou seja, se dá em largura e comprimento. Para extinção desse tipo de incêndio é utilizado, principalmente, o método de abafamento através do uso de espuma e a quebra da reação em cadeia. Por conta da característica volátil do combustível, a retirada e controle de materiais, que possam exalar gases ou líquidos combustíveis, é de extrema importância para evitar explosões.

Em conjunto com os incêndios de classe B estão os incêndios classe K, que são caracterizados pela queima de óleos e gorduras. Tal subdivisão se dá em função da grande incidência de acidentes em residências, onde as pessoas, por conta da desinformação, combatem as chamas com água, gerando reações extremas do fogo.

3.2.3. Classe C

Figura 4 - Material classe C



Fonte: Manual Operacional de Bombeiros: Combate a Incêndio Urbano (CBMGO, 2016).

De acordo com o Manual Operacional de Bombeiros: Combate a Incêndio Urbano (CBMGO, 2016), os incêndios classe C são os materiais energizados eletricamente que

se encontram em chamas. Por conta da eletricidade, esse tipo de incêndio representa um risco ainda maior aos bombeiros durante o combate. Portanto, para se iniciar o combate às chamas é necessário que o fornecimento de energia cesse. Assim, com o equipamento desenergizado o incêndio se torna classe A ou classe B, sendo utilizado o agente extintor mais indicado a depender da situação. É necessário se atentar ao fato de que, caso o equipamento não possa ser desenergizado, o combate não seja feito utilizando água de forma a evitar riscos à guarnição de combate.

3.2.4 Classe D

Figura 5 - Material classe D



Fonte: Manual Operacional de Bombeiros: Combate a Incêndio Urbano (CBMGO, 2016).

Essa classe de incêndio se caracteriza pela queima de metais inflamáveis, geralmente alcalinos, que durante a pirólise emanam muita luz e radiação na forma de calor. Tais materiais reagem violentamente quando em contato com agentes extintores que contenham água, sendo necessário uso de pós especiais para realizar o combate.

4 ESPUMA – AGENTE EXTINTOR

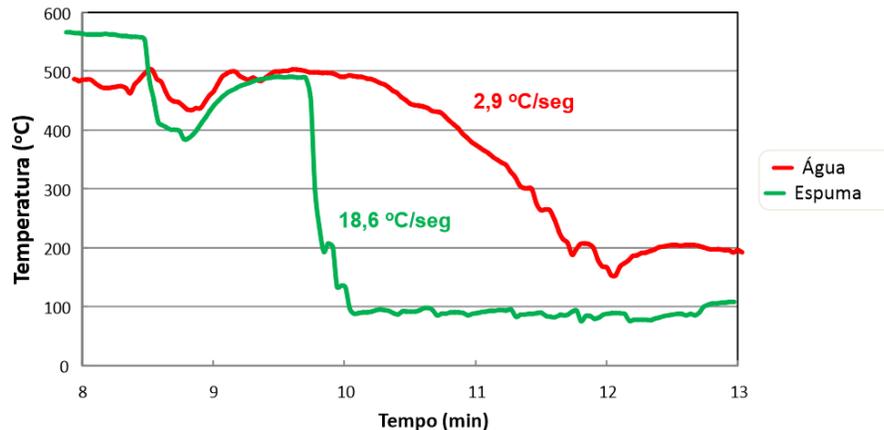
O trabalho desenvolvido por Lacerda (2014) traz a importância do uso da espuma no contexto atual:

Há muitos anos que a água tem sido utilizada como principal agente extintor em Combate a Incêndio Urbano. A espuma era utilizada na maioria das vezes em líquidos inflamáveis (Classe B), pois apresentavam maior eficiência nesse tipo de ocorrência. Isso deve precipuamente a sua capacidade de formar uma barreira de isolamento entre o oxigênio e o combustível, realizando assim o abafamento do foco atacado.

Em um estudo feito pelo Centro de Treinamento Operacional (CETOP) do CBMDF (2012), na Casa de Fumaça, verificou-se a superioridade da espuma em relação a eficiência quando comparada com a água. Nesse estudo, foi proposto que o combate a

10 madeirites fosse realizado por água e depois por espuma, verificando a diferença na queda de temperatura ao longo do tempo a partir do combate com cada um dos agentes extintores. A figura 6 representa os resultados obtidos.

Figura 6 - Queda de temperatura vs Tempo (min)



Fonte: CETOP (2016)

No combate com água foi utilizado jato atomizado para progressão dentro do ambiente sinistrado e posteriormente o jato combinando visando a extinção do foco. No caso da espuma, utilizou-se a técnica *flap*, que será abordada no tópico 4.4. O que se percebeu é que o gradiente de temperatura é muito maior quando utilizando a espuma, confirmando a expectativa de que a queda de temperatura seria observada mais rapidamente com a espuma.

4.1 HISTÓRICO DO USO DA ESPUMA

Conforme foi ocorrendo o avanço científico e tecnológico mais acelerado a partir do século XX, o combate a incêndio também se desenvolveu buscando novas técnicas e equipamentos mais eficientes.

O trabalho feito por Ferreira (2007) apresenta um breve histórico do início da utilização da espuma pelos corpos de bombeiros do mundo.

O uso da espuma para o combate a incêndio urbano remete ao ano de 1904, que marcou a extinção de um incêndio em San Petesburgo, na Seção Química do Instituto Técnico Imperial da Rússia, durante uma demonstração. Tal descoberta levou a uma maior disseminação do uso da espuma em líquidos inflamáveis de densidade inferior à da água. Apesar disso, a corrosividade dos

componentes da espuma, e o processo de aplicação dificultado, tornaram o uso da espuma algo não tão em voga, fazendo com que os cientistas buscassem outros tipos de espuma (MENDES *apud* FERREIRA, 2007, p.19).

Segundo o Manual Operacional de Bombeiros: Combate a incêndio Urbano, do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (2016), as primeiras espumas mecânicas foram produzidas em 1937, se caracterizando pela utilização de extratos proteicos. A espuma proteica é formulada com derivados de digestão química e de hidrólise de proteínas naturais, como as encontradas em soja, chifres e cascos de boi. Assim, esse tipo espuma é densa, viscosa e altamente estável, mas a velocidade de espalhamento e de extinção são baixas. Atualmente são utilizadas somente para incêndios em derivados de petróleo.

Ferreira (2007) complementa a descrição do desenvolvimento de espumas mais eficientes em comparação com as espumas oriundas de extratos proteicos.

Com o crescimento e desenvolvimento de surfactantes fluorados sintéticos, a marinha americana, em 1962, desenvolveu a mais versátil espuma para extinção em líquidos inflamáveis, vindo em substituição às espumas proteicas. Os concentrados produzem espumas que formam um filme aquoso sobre a superfície que se encontra em chamas, se espalhando rapidamente sobre regiões não totalmente cobertas pela espuma. Seu processo de extinção consiste em evitar o contato do comburente (oxigênio) com o combustível e vapores inflamáveis. Dessa maneira, o filme aquoso ajuda no resfriamento do combustível, evitando assim a reinição dos materiais. Além dessas características que favorecem a escolha por esse tipo de espuma, há a redução da quantidade de água utilizada e equipamentos utilizados (MENDES, 1981 *apud* FERREIRA, 2007, p.20).

4.2 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

O entendimento das características e propriedades físico-químicas da espuma conferem argumentação em favor do uso desse tipo de agente extintor dentro do combate a incêndio no mundo atual. Com efeito, tais especificidades viabilizam a seleção dos momentos de utilização da espuma, gerando melhor aproveitamento de um recurso, por hora, caro em relação à água.

Figueredo *et al* (1999) apresenta em seu trabalho algumas definições acerca das características da espuma.

As espumas são sistemas termodinamicamente instáveis que apresentam uma estrutura tridimensional constituída de células gasosas envolvidas por um filme líquido contínuo. Essa estrutura origina-se do agrupamento de bolhas geradas ao se dispersar um gás em um líquido que

contenha agentes espumantes, como surfactantes solúveis ou impurezas. Moléculas do surfactante difundem-se na solução em direção à interface gás-líquido formando uma monocamada adsorvida que estabiliza a bolha de gás e retarda sua rápida coalescência. A destruição das bolhas é termodinamicamente favorável pois provoca redução da elevada área superficial da espuma e expansão do gás contido nas células e, conseqüentemente, redução da energia livre da espuma (FIGUEREDO, 1999 p.128).

Segundo o Manual de Combate a Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF), as espumas líquidas se assemelham a bolhas. Assim, são sistemas constituídos por uma fase contínua líquida (na superfície) e uma dispersão gasosa (no interior), apresentando uma estrutura formada pelo agrupamento de várias células (bolhas) originadas a partir da introdução de agentes tensoativos e ar na água.

Dessa maneira, a espuma possibilita características desejáveis ao extrato que entrará em contato com o material em pirólise. Figueredo *et al* (1999) p. 128 descreve a atuação da espuma.

As espumas foram desenvolvidas para se obter melhor aderência ao material em chamas, produzindo um recobrimento contínuo sobre ele. Como apresentam baixa densidade, espalham-se sobre a superfície do material em combustão, abafando-a e isolando-a do contato com o oxigênio atmosférico. Tanto a supressão do vapor comburente, quanto o resfriamento do material em chamas pelo líquido presente na espuma previnem a reignição. Para aperfeiçoar tais características, espumas com estruturas cada vez mais resistentes e fluidas têm sido obtidas para diferentes classes de incêndio, visando-se garantir a rapidez e a segurança do combate (FIGUEREDO, 1999 p.128).

Segundo Landim (2007), a espuma destinada ao combate a incêndios Classe A apresenta como propriedades extintoras tanto o resfriamento quanto o abafamento.

- Abafamento: A espuma age formando um cobertor de isolamento sobre os combustíveis sólidos comuns, mantendo assim as superfícies expostas ao feedback radioativo protegidas e, por conseqüência, diminui a ocorrência de reignição.
- Resfriamento: Nesse processo, a espuma também absorve calor do incêndio ao converter moléculas de água em vapor. Apesar disso, como as bolhas da espuma contêm uma tensão superficial maior que as gotas d'água, o vapor é produzido com maior velocidade e em menor tempo que a água (LANDIM, 2007 p.19).

Segundo Landim (2007) o mais interessante da atuação da espuma é que as bolhas, uma vez que estão recobrando a superfície em chamas, retiram o calor do material em pirólise, de tal forma que se pode perceber a desconexão entre combustível e comburente através de uma película. A partir desse momento, as bolhas estão expostas a desintegração por conta do calor, fazendo com que a água no interior seja expelida,

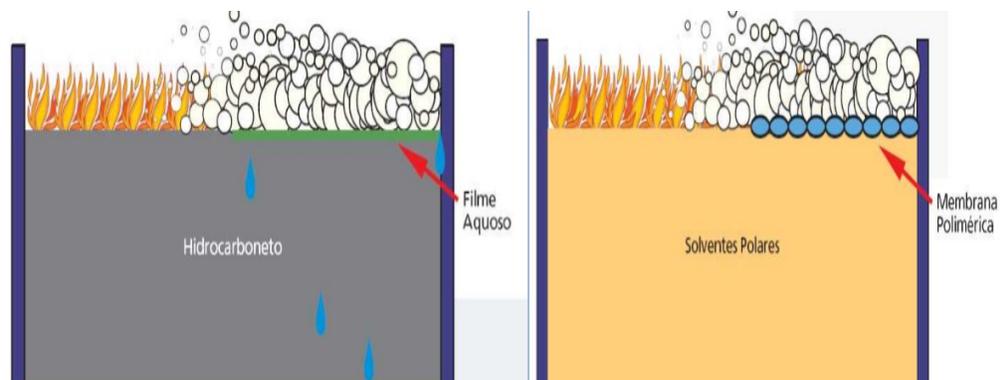
penetrando no material por conta da baixa tensão superficial conferida pelos surfactantes. Dessa forma, além de resfriar o material de forma mais profunda, essa forma de ação evita o desperdício de água e, em consequência, possibilita uma melhor preservação do cenário para a perícia de incêndio.

Outro ponto importante dentro do contexto físico-químico da espuma é a diferença de atuação quando em combustíveis polares ou apolares. Segundo Figueredo *et al* (1999), no caso do combate aos líquidos inflamáveis apolares, como os hidrocarbonetos, a atuação da espuma se dá com a formação de um filme aquoso na superfície do líquido, impedindo o contato entre combustível e comburente, extinguindo assim a continuidade das chamas. Além disso, apresenta a propriedade de se espalhar rapidamente sobre regiões não totalmente recobertas pela espuma, devido ao fato de ser menos viscosa e mais fluida. Essa espuma, porém, tem sua eficiência diminuída quando em contato com solventes polares, como álcool, acetona, éter etc.

Assim, para melhorar a atuação da espuma, ocorre a introdução de um polissacarídeo solubilizado, gerando a produção de uma membrana polimérica quando em contato com solventes polares. Essa membrana é rígida e tem a mesma função do filme aquoso no caso de líquidos apolares: realizar a separação da interface entre combustível e comburente (FIGUEREDO *et al*, 1999).

A figura 6 apresenta a divisão entre combustível e comburente causada pela espuma, seja em combustível polar ou apolar.

Figura 6 - Separação na interface combustível-comburente.



Fonte: CETOP (2015)

4.3 CLASSIFICAÇÃO DA ESPUMA

Em função do combate executado pelos bombeiros se dar em diferentes tipos de materiais e condições ambientais, o tipo de espuma a ser utilizado se torna fator de extrema importância. Assim, as espumas podem ser classificadas de diferentes formas, nesse sentido, para elucidação do trabalho, será desenvolvido a classificação em relação ao processo de formação, capacidade de expansão e concentração de LGE.

4.3.1 Processo de formação

Quanto ao processo de formação, a espuma química é formada com a liberação de dióxido de carbono, diante da reação entre sulfato de alumínio e bicarbonato de sódio. São espumas de alta densidade, viscosas e resistentes ao calor, porém por conta de suas características físico químicas dificulta o combate, apresentando um menor poder de extinção em relação à espuma mecânica (FIGUEREDO *et al*, 1999).

As espumas que são utilizadas atualmente nos incêndios urbanos são geradas, em função de uma agitação mecânica, a partir de uma solução de LGE, sendo denominada espuma mecânica. Esses concentrados geram uma grande estabilidade à espuma formada, contribuindo positivamente para uma maior eficiência na extinção de incêndios (FIGUEREDO *et al*, 1999).

Em relação às espumas mecânicas, Ferreira (2007) cita que a produção é feita em duas etapas: proporcionamento e formação. A primeira diz respeito à fase em que o extrato é introduzido no fluxo de água com dosagem controlada, enquanto a formação da espuma ocorre apenas no estágio final, quando ocorre a introdução de ar.

Dentre as espumas mecânicas, há ainda a distinção de acordo com a composição. Sendo assim, o Manual de Emprego de Espuma Mecânica no Combate a Incêndios (PMESP, 2006 p. 11) apresenta os principais tipos de espuma:

- **Proteínicas:** São obtidas pela hidrólise de resíduos proteínicos naturais, caracterizando-se por uma excelente resistência à temperatura. Como desvantagem é possível perceber uma maior dificuldade de biodegradação.
- **Fluorproteínicas:** São obtidas mediante a inserção de elementos fluorados ativos junto a concentração proteínica, a qual confere uma melhora na fluidez.

- **Base Sintética:** É formada por compostos sintéticos que tem o objetivo de quebrar a tensão superficial da água.

Dentre as espumas de base sintética, há a classificação quanto à capacidade de expansão. Segundo o Manual de Combate a Incêndio Urbano do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (2017 p. 33), as espumas podem ser classificadas como de baixa, média ou alta expansão. Tal mensuração é feita com base na razão entre o volume de LGE utilizado para produzir a espuma e o volume de espuma produzido.

- **Baixa Expansão:** As espumas de baixa expansão apresentam expansão menor ou igual a 20:1, e são usadas principalmente em líquidos inflamáveis, acidentes de trânsito, incêndios com derramamento de líquidos inflamáveis e supressão de vapores, helicópteros e píers.
- **Média Expansão:** Concentram espumas com expansão maior que 20:1 e menor ou igual a 200:1. São utilizadas em tanques de armazenamento de líquidos inflamáveis, pequenos dutos, pequenos incêndios envolvendo líquidos inflamáveis e proteção de transformadores.
- **Alta Expansão:** Espumas com expansão maior que 200:1 e menor ou igual a 1000:1. É recorrentemente utilizada para combate, extinção e proteção de grandes volumes como armazéns e hangares de aeronave.

4.3.2 Concentração de LGE

O combate a incêndio com espumas pode variar de acordo com o objetivo estabelecido pela guarnição. Neste sentido, as variações nas concentrações de LGE se tornam aliadas no que diz respeito à uma melhor eficiência no uso desse recurso. São três os tipos de espuma: Espuma molhada, espuma seca e água molhada.

4.3.2.1 *Espuma Molhada*

A espuma molhada, por conta de sua menor tensão superficial, proporciona a penetração no material em chamas. Dessa maneira, é indicada para o combate direto aos combustíveis. A concentração de LGE para formar a espuma molhada é de 0,3% (LANDIM, 2007).

Dentro das classes de incêndio, a espuma molhada é utilizada, segundo CETOP (2015), primordialmente no combate a incêndio estrutural e veicular, proporcionando

grandes distâncias de lançamento, viabilizando o combate direto, indireto e transicional. A figura 7 apresenta o combate realizado com espuma molhada.

Figura 7 - Combate com espuma molhada.



Fonte: CETOP (2015)

4.3.2.2 *Água Molhada*

Trata-se de uma espuma com LGE em uma proporção de 0,1% (utilizada no CBMDF) na pré-mistura, sendo aplicado com esguicho regulável ou universal (FERREIRA, 2007). Tem aplicação somente para espuma classe A, sendo utilizada principalmente, segundo CETOP (2015), durante o rescaldo. Pois demanda uma menor concentração do extrato de LGE, conferindo economia de recursos para combates posteriores. Apesar da concentração da água molhada ser menor em relação à espuma molhada, a propriedade de penetração no material devido à baixa tensão superficial é mantida, sendo bastante eficiente.

4.3.2.3 *Espuma Seca*

A espuma seca é constituída, essencialmente, de ar e, por conta disso, é considerada como uma espuma de alta expansão. Tem a característica de se fixar em estruturas verticais por longos períodos. Assim, é indicada especialmente para o

isolamento térmico do material combustível, conferindo proteção à sólidos e ambientes ainda não incendiados (LANDIM, 2007).

Nesse sentido a estratégia de combate defensivo deve levar em consideração o uso da espuma seca, uma vez que a proteção contra a exposição é parte essencial para se evitar a propagação do incêndio. Isso ocorre quando não é possível que os bombeiros entrem no ambiente sinistrado por riscos de colapso estrutural ou calor excessivo. A Figura 8 apresenta o uso de espuma seca.

Figura 8 - Jato de espuma seca aderindo à parede.



Fonte: CETOP (2015).

4.4 TÉCNICAS DE COMBATE A INCÊNDIO COM ESPUMA

As técnicas utilizadas no âmbito do CBMDF, de acordo com o material elaborado pelos especialistas, se dividem no ataque ofensivo, defensivo e transicional. A decisão por uma dessas formas de combate se dá em função do cenário em que se encontra o local incendiado, por isso o comandante de socorro deve conseguir realizar a leitura correta a fim de conferir celeridade e segurança nas ações de salvamento e combate ao foco. As técnicas serão descritas a seguir.

4.4.1 Ataque Ofensivo

De acordo com CETOP (2015), o ataque ofensivo objetiva a rápida extinção do incêndio, com uso de ataques rápidos e agressivos. Nesse sentido, o ataque com espuma molhada, direto ao foco do incêndio, se inicia fora da edificação no caso de haver aberturas para o interior do incêndio (portas, janelas, frestas), reduzindo consideravelmente a temperatura interna no local incendiado, facilitando o acesso dos combatentes. A aderência da espuma nos materiais combustíveis que estejam em pirólise ocorre de maneira que o *feedback* radiativo diminui consideravelmente, trazendo um ambiente muito mais confortável e seguro para atuação dos bombeiros.

Ainda segundo com CETOP (2015), no caso de não haver aberturas, com atenção à possibilidade de ocorrer fenômenos extremos, deve ser feito o acesso com muito cuidado a fim de direcionar o jato para o resfriamento do ambiente. Assim, a passagem de porta é técnica primordial para que se evite tais situações, trazendo mais informações sobre o incêndio, fazendo com que se crie uma maior capacidade de interpretação do ambiente incendiado.

Por fim, CETOP (2015) afirma que após cessar os riscos de fenômenos extremos, o bombeiro que manipula o esguicho deve adentrar o recinto direcionando o jato para o teto, até que alcance a porta. Além disso, deve ser utilizada a técnica flap, que consiste basicamente em produzir um leque com o jato de espuma, ampliando o ângulo de ação do jato. Com isso, se torna possível a aderência da espuma nos materiais em pirólise e nas paredes, evitando assim o feedback radioativo.

4.4.2 Ataque Defensivo/Transicional

Segundo CETOP (2015), no caso de não ser possível acessar o ambiente para realizar o ataque direto ao foco, a espuma pode ser utilizada com o intuito de proteger áreas que ainda não foram atingidas pelo fogo. Nesse sentido, recomenda-se principalmente o uso de espuma seca a fim de criar uma película com maior aderência nas paredes, isolando-as termicamente. É importante salientar que é possível a combinação das duas formas de combate, a depender da decisão tomada pelo comandante de socorro ao visualizar a cena.

5 METODOLOGIA

Conforme salientou-se na introdução, pretende-se desenvolver um manual de combate a incêndio com o uso de espuma, evidenciando as técnicas utilizadas atualmente em conjunto com as novas formas de combate que surgem em função do uso de novos equipamentos. Tal manual foi atualizado com base em aulas expositivas do Curso de Formação de Oficiais (CFO) do CBMDF, trabalhos acadêmicos, conhecimento repassado pelos especialistas do GPCIU e literatura científica. Diante disso, o desenvolvimento do texto proposto para atualização se deu através da compilação das fontes citadas anteriormente, de maneira que viabilizasse a fácil compreensão e assertividade do conteúdo apresentado. Dentro desse aspecto, ainda foram utilizadas aulas expositivas do Curso de Operações em Incêndio (COI) do CBMDF para elucidar as técnicas e equipamentos mais atualizados na corporação.

Caracteriza-se, portanto, de uma pesquisa exploratória, qualitativa e descritiva. Assim sendo, a proposta é a de geração de um documento que se apresente como uma fonte de informações para construção de um manual. Dessa maneira, o intuito é concretizar, massificar e disseminar as técnicas e condutas que estão expostas apenas em materiais de cursos de especialização.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O produto do trabalho desenvolvido é a proposta de atualização do manual de combate a incêndio com espuma, de maneira que, no novo texto, sejam mantidas as técnicas, equipamentos e recursos humanos que ainda vigoram na Corporação, retirando apenas o que já não faz parte do procedimento adotado pelo CBMDF atualmente. Em acréscimo, as novas técnicas e equipamentos que podem ser utilizados, e ainda estão em fase de teste, serão expostos com foco na eficiência apresentada nos estudos que vem sendo feitos atualmente. Para tanto, a atualização do manual se dará conforme os tópicos que dizem respeito à parte de combate a incêndio com espuma.

O módulo 1 trata, no tópico 4, sobre os principais agentes extintores e, mais especificamente no item 4.2.3, sobre as propriedades e características da espuma. Por

fim, o módulo 3 do manual, especificamente o tópico 5, aborda o combate a incêndio com espuma propriamente dito.

6.1 ATUALIZAÇÃO DO MÓDULO 1

A atualização do módulo 1, especificamente na parte dedicada às características da espuma, deve ser desenvolvida uma explicação mais detalhada das propriedades físico químicas do agente extintor, trazendo dados e informações mais específicas. Nesse sentido, verificou-se a necessidade de que haja um maior aprofundamento tanto na explicação da atuação da espuma durante o combate quanto nas características dos diferentes tipos de extratos formados.

6.2 ATUALIZAÇÃO DO MÓDULO 3

A atualização deste tópico consiste na introdução das técnicas de combate propriamente ditas, de maneira que seja explicitada a forma de se adentrar ao incêndio, passando pelo avanço dentro da cena em direção do foco e finalizando com o tipo de jato a ser utilizado e controle e manuseio do esguicho. Com esse enfoque, busca-se implementar uma doutrina mais clara acerca da forma de combate com espuma, uma vez que o atual manual é incipiente nesta temática, não havendo qualquer menção às técnicas de ataque, defesa e proteção a serem executadas.

Ademais, o atual manual apresenta os materiais necessários à armação de linhas de mangueira de forma específica para o combate a incêndio com espuma LGE. À época da criação do manual, a formação da espuma era feita exclusivamente com a introdução do misturador entre linhas, de maneira que não se utilizava o sistema *Compressed Air Foam System* (CAFS), que é usualmente utilizado pela viatura ABT (Auto Bomba Tanque), ASE (Auto Salvamento e Extinção) e ABE (Auto Bomba Escada). Com efeito, esse sistema implica diretamente na forma de armação das linhas de mangueira. Dessa maneira, a explicação detalhada do sistema CAFS se faz necessária, em acréscimo das ações a serem executadas para o funcionamento correto desta ferramenta.

Outro ponto de relevante interesse é a inclusão das viaturas que possibilitam o combate com o uso de espuma, expondo de maneira sucinta o mecanismo de cada uma, além dos passos a serem executados pelas guarnições de incêndio dentro da viatura.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com efeito, os objetivos estabelecidos inicialmente foram alcançados, uma vez que se verificou que as técnicas e equipamentos existentes no atual manual estão desatualizadas em relação às ações executadas pelo CBMDF. Assim havendo real necessidade de padronização e reformulação do conhecimento com o objetivo de facilitar o constante binômio ensino-aprendizagem da tropa. Assim sendo, tal divergência deve ser sanada com a inserção das técnicas mais difundidas pelos especialistas, além do correto manuseio e conhecimento dos equipamentos.

Dessa maneira, se propõe a atualização das técnicas, materiais e conhecimentos relativos ao combate a incêndio com espuma dentro do atual manual. Assim, o material produzido estará em concordância com o que há de mais moderno e eficiente dentro da corporação, servindo como base de estudos para os militares em geral.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 8255, de 20 de novembro de 1991**. Dispõe sobre a organização básica do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 1991. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8255.htm
Acesso em: 11 fev. 2020.

CETOP. **Combate a Incêndio utilizando espuma**. Apresentação *Power Point*. 2016.

CETOP. **Combate a Incêndio com espuma**. Apresentação *Power Point*. 2015.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Manual Básico de Combate a Incêndio**: Módulo 1. 2. ed. Brasília, 2013.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS. **Fundamentos de Combate a Incêndio – Manual de Bombeiros. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás**. Goiânia-GO, 1ªed: 2016. Disponível em: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2015/12/cbmgo-1aedicao-20160921.pdf>

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS. **Manual Operacional de Bombeiros: Combate a Incêndio Urbano**. Goiânia, 2017. Disponível em: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2015/12/MOB-Combate-a-Inc%C3%AAndio-Urbano-CBMGO.pdf>

DISTRITO FEDERAL, **Decreto 31.817, de 21 de junho de 2010**. Regulamenta o inciso II, do artigo 10-B, da Lei nº 8.255, de 20 de novembro de 1991, que dispõe sobre a Organização Básica do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. Brasília: Governo do Distrito Federal, 2010. Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/63268/Decreto_31817_21_06_2010.html
Acesso em: 19/11/2020

FERREIRA, George de Vargas. **Espuma de Combate a Incêndio: Análise das vantagens da espuma no combate a incêndios classe A**. São José, 2007. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/WilsoSaggiori/monografia-sobre-lge>

FIGUEREDO, Rita C. R.; RIBEIRO, Fabiana A. L.; SABADINI, Edvaldo. **Ciência de Espumas: Aplicação na Extinção de Incêndios**. Campinas, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v22n1/1146.pdf>

LANDIM, Helen Ramalho de Oliveira. **O Estudo da Espuma como Agente Extintor de Incêndios Classe A**. Monografia (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2007.

SÃO PAULO. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo. **Manual de Emprego de Espuma Mecânica no Combate a Incêndios**. 1º Ed. São Paulo, 2006. Disponível em: <https://www.bombeiros.com.br/imagens/manuais/manual-43.pdf>

SANTOS, M. et al. **Avaliação do risco de incêndio em núcleos urbanos antigos**. Portugal. Universidade de Coimbra. 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236132769_Avaliacao_do_Risco_de_Incendio_em_Nucleos_Urbanos_Antigos

SEITO, Alexandre Itiu. Fundamentos de fogo e incêndio. In: SEITO, Alexandre Itiu, et al. **Segurança contra incêndio no Brasil**, São Paulo: Projeto Editora, 2008. Disponível em: http://www.ccb.policiamilitar.sp.gov.br/portalcbb/_publicacoes/books/aseguranca_contra_incendio_no_brasil.pdf

ANEXO A – PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO DO MANUAL DE COMBATE A INCÊNDIO COM ESPUMA.



CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DIRETORIA DE ENSINO
ACADEMIA DE BOMBEIRO MILITAR
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS – TURMA 36



PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO DO MANUAL SOBRE O COMBATE A INCÊNDIO COM O USO DE ESPUMA

MÓDULO 1

Histórico do uso de espuma

Inicialmente, as espumas eram utilizadas apenas em incêndios classe B, sendo que o primeiro registro foi a partir de um incêndio ocorrido na cidade de San Petersburgo, em 1904, onde o emprego da espuma se mostrou bastante eficiente. Assim, a disseminação da nova tecnologia se tornou possível, sendo adotada em diversos Corpos de Bombeiros ao redor do mundo. Apesar da notória eficiência, ainda havia um caminho a ser percorrido para que houvesse uma melhor relação custo-benefício. A Marinha Americana, em 1962, desenvolveu um tipo de espuma a base de fluorados sintéticos, que viabiliza a diminuição da tensão superficial da água, fazendo com que essa tecnologia seja utilizada desde então.

Dentro do contexto do CBMDF, hoje é mais utilizado o sistema *Compressed Air Foam System* (CAFS). Assim, foram realizadas pesquisas e os estudos com o Sistema CAFS em 2007, com a realização de experimentos no CETOP. Esse processo gerou na Corporação a necessidade de aquisição desses recursos, que resultaram na compra de viaturas equipadas com o CAFS, que estão sendo utilizadas operacionalmente desde 2013.

Propriedades e Características Físico Químicas da Espuma

As espumas são sistemas termodinamicamente instáveis que apresentam uma estrutura tridimensional constituída de células gasosas envolvidas por um filme líquido contínuo. Essa estrutura origina-se do agrupamento de bolhas geradas ao se dispersar um gás em um líquido que contenha agentes espumantes, como surfactantes solúveis ou impurezas. Moléculas do surfactante difundem-se na solução em direção à interface gás-líquido formando uma monocamada adsorvida que estabiliza a bolha de gás e retarda sua rápida coalescência. A destruição das bolhas é termodinamicamente favorável pois provoca redução da elevada área superficial da espuma e expansão do gás contido nas células e, conseqüentemente, redução da energia livre da espuma (FIGUEREDO et al, 1999).

Como citado por Figueredo (1999), as características físicas e químicas das espumas conferem uma melhoria no combate quando comparada ao combate com água. Principalmente devido à menor tensão superficial, que proporciona uma maior aderência das espumas ao material em pirólise. Assim, se torna possível a ação da espuma tanto por abafamento, no momento que a espuma cria uma película isolante entre o material em chamas e o comburente, quanto por resfriamento, no instante em que o calor emanado pelo material é absorvido pela espuma.

Além da redução da tensão superficial, as espumas resistem mais tempo ao calor emanado, fazendo com que o recobrimento sobre o material em chamas seja mais duradouro, atuando por abafamento. Outro ponto que influencia diretamente no combate com espuma é a alta viscosidade que se apresenta no extrato gerado pela mistura, de tal forma que a aderência à superfícies se torna melhor em comparação com o combate utilizando água

Com esse enfoque, é importante a compreensão da atuação da espuma nas diferentes classes de incêndio:

Incêndio Classe A: A utilização da espuma em materiais sólidos combustíveis se mostra bastante eficiente, uma vez que a atuação deste agente extintor se dá tanto por

abafamento quanto por resfriamento. O abafamento ocorre quando a espuma, por conta de sua tensão superficial diminuída, consegue se espalhar na superfície do material que está pirolisando, criando uma camada que possibilita o isolamento do material em relação ao ar (comburente). Já no caso do método de extinção por resfriamento, a película líquida que mantém o ar dentro da bolha é rompida, fazendo com que ocorra uma diminuição do calor liberado no momento do contato com o material em pirólise.

Incêndio Classe B: No caso dos incêndios em líquidos inflamáveis, a espuma atua essencialmente por abafamento. Devido ao fato de o líquido combustível pirolisar apenas na superfície, a espuma atua exatamente na interface líquido-ar. Assim, o abafamento se torna possível com a retirada do componente essencial para geração do fogo, que no caso é ar como comburente.

Nos incêndios Classe C não se recomenda utilização de espuma, pois existe o risco de choque elétrico devido à condução elétrica característica da água. Por outro lado, há atualmente um tipo específico de espuma que precisa obedecer a critérios como distância, aterramento e limite de tensão para o combate.

Processo de formação de espuma

Os processos de formação de espuma para combate a incêndio urbano se dão de diversas maneiras, mas para efeitos de manual, serão expostos os dois principais usos dentro do CBMDF. Nesse sentido, a corporação utiliza o processo de formação da espuma por meio da introdução de ar à mistura de água e LGE, e através da aplicação do Princípio de Venturi para incorporação do extrato à água na linha de combate. Ambos os processos de formação estão escritos a seguir.

Compressed Air Foam System (CAFS)

O processo de formação de espuma utilizado pelo CBMDF utiliza principalmente o sistema CAFS (*Compressed Air Foam System*), que pode ser traduzido como sistema de geração de espuma por ar comprimido. A produção da espuma ocorre a partir da

mistura da água com o extrato a uma concentração específica, a depender da finalidade do uso. Assim, essa mistura é pressurizada a partir de uma bomba centrífuga, que recebe, a seguir, o ar injetado por um compressor de ar, gerando assim o produto que é a espuma pronta para o combate. A figura 1 representa o sistema CAFS:

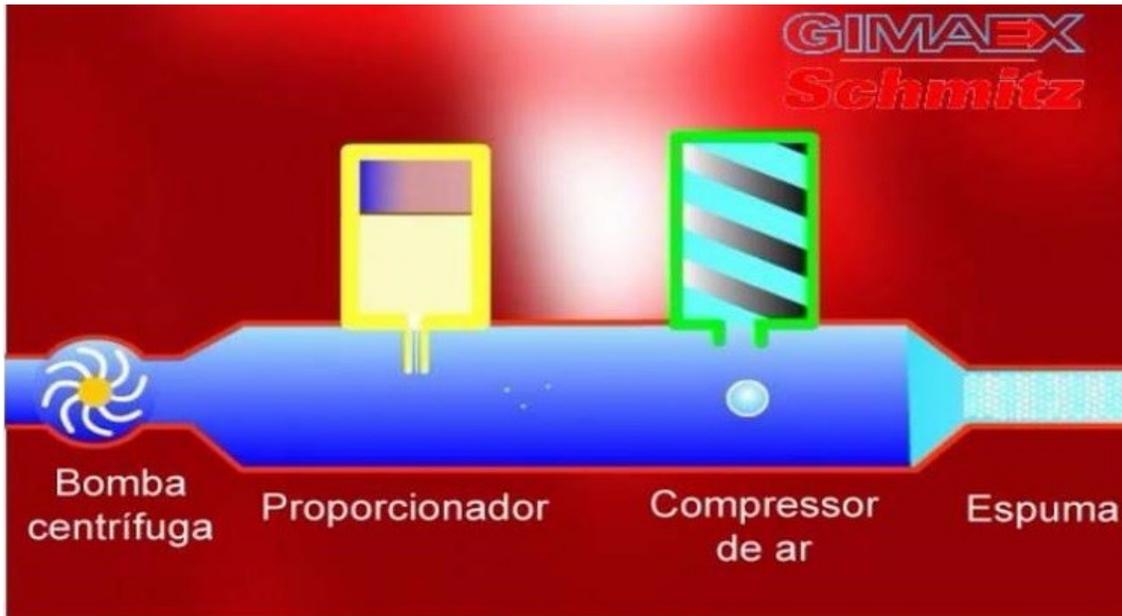


Figura 1
Fonte: CETOP (2016)

As principais vantagens e desvantagens do uso de espuma a partir de ar comprimido são expostas na tabela 1:

Vantagens	Desvantagens
O jato apresenta um alcance maior em comparação a outros sistemas de espuma.	Complicações de operação do sistema, por causa dos vários passos a serem fielmente seguidos, sob pena de não ser eficiente ao combate.
As linhas de mangueira são mais leves, devido a inserção de ar comprimido na mistura.	Operador do sistema com profundo conhecimento do equipamento e do tipo de espuma para garantir a proporção ideal do extrato de espuma.
Possibilidade de utilização da espuma Classe A ou espuma Classe.	Possibilidade de apresentar falhas no equipamento durante o uso.

B em um mesmo equipamento (não simultaneamente)	
---	--

Tabela 1

As concentrações dos extratos de espuma utilizados no CAFS variam de acordo com o tipo de combate a ser adotado, de maneira que a porcentagem é calculada em cima da mistura de água e LGE. As concentrações podem ser vistas conforme a tabela 2:

Classe	Concentração (%)
Classe A	0,3
Classe B	0,5
Classe B/AR	0,6

Tabela 2

Misturador entre linhas

A formação da espuma a partir do misturador entre linhas se dá, inicialmente, com a inclusão do misturador antes do divisor e na ponta o esguicho proporcionador. Assim, a água pressurizada é misturada à solução e LGE. Essa mistura por sua vez chega até o esguicho proporcionador de espuma, o qual injeta ar na mistura, fornecendo o último componente formador de espuma.

O fenômeno físico que permite a sucção da solução de LGE na linha é dado pelo efeito Venturi. O efeito de Venturi ocorre quando, por conta de um estreitamento na tubulação, o fluxo de água aumenta a velocidade e, pelo princípio da continuidade de massa, diminui a pressão. Assim, ocorre a sucção da solução de LGE por meio da pressão negativa ocasionada pela velocidade da água.

Essa constrição da mangueira se dá, preferencialmente, anterior ao divisor, ou seja, na ligação. De modo que a espuma pode ser gerada em quaisquer das linhas armadas.



Figura 2: Misturador entre linhas.

Fonte: CETOP (2009)

Tipos de espuma utilizados no CBMDF

O LGE se tornou mais utilizado dentro no âmbito do CBMDF a partir da compra das viaturas ABT *Arrow XT*, fabricada pela marca Pierce. Dessa maneira, o corpo de bombas do ABT utiliza o sistema CAFS, trazendo com isso a possibilidade do uso de espuma no combate a incêndio com espuma de forma eficiente. Para tal, se faz necessário a utilização de um tipo específico de espuma para que o uso ocorra de forma que não danifique a viatura.

Assim, foi feita a aquisição do LGE BIO FOR C, classe A. Essa espuma se caracteriza por ser bastante eficiente nas ocorrências de incêndio atendidas pelo CBMDF, de modo que a quantidade de água utilizada diminui drasticamente, além de se exigir menos esforço dos bombeiros durante o combate.

Outro tipo de LGE que pode vir a ser utilizado é o protótipo desenvolvido por especialistas do CBMDF. A espuma gerada com esse LGE trouxe características bem próximas do extrato de espuma utilizado na corporação para atuação em cenários reais. Assim, por se tratar da construção e desenvolvimento de um extrato próprio do CBMDF, o protótipo ainda está em fase de testes, de maneira que vem sendo utilizada para instrução e treinamento da tropa. Os resultados obtidos durante os treinamentos se mostraram bastante promissores, de tal forma que foi percebido a ação extintora da espuma gerada tanto por abafamento quanto por resfriamento.

Classificação da espuma: Expansão e Concentração

A espuma pode ser classificada de acordo com a expansão causada durante o processo de formação e em relação à concentração do extrato do LGE da mistura. No que diz respeito a expansão ela pode ser classificada como sendo de baixa, média ou alta expansão.

Baixa Expansão: As espumas de baixa expansão apresentam expansão menor ou igual a 20:1, e são usadas principalmente em líquidos inflamáveis, acidentes de trânsito, incêndios com derramamento de líquidos inflamáveis e supressão de vapores, helicópteros e píers.

Média Expansão: Concentram espumas com expansão maior que 20:1 e menor ou igual a 200:1. São utilizadas em tanques de armazenamento de líquidos inflamáveis, pequenos dutos, pequenos incêndios envolvendo líquidos inflamáveis e proteção de transformadores.

Alta Expansão: Espumas com expansão maior que 200:1 e menor ou igual a 1000:1. É recorrentemente utilizada para combate, extinção e proteção de grandes volumes como armazéns e hangares de aeronave.

A concentração de LGE utilizada durante o combate a incêndio pode ser dividida entre espuma molhada, água molhada e espuma seca.

A espuma molhada apresenta uma quantidade de água limitada, de maneira que ela é utilizada no ataque ao foco. Assim, para se utilizar esta espuma se faz necessário que seja escolhido o combate direto ao foco do incêndio. A concentração de LGE para formar a espuma molhada é de 0,3% (LANDIM, 2007). A figura 3 apresenta a o uso de espuma molhada.



Figura 3: Combate com uso de espuma molhada.

Fonte: CETOP (2016)

A água molhada trata-se de uma espuma com LGE com uma proporção de 0,1% (utilizada no CBMDF) na pré-mistura, sendo aplicado com esguicho regulável ou universal (FERREIRA, 2007). O uso mais difundido para água molhada se dá durante o rescaldo, pois viabiliza uma maior penetração da água no material combustível, evitando assim o uso de proporções maiores, as quais devem ser utilizadas prioritariamente no combate propriamente dito.

Já a espuma seca é constituída, essencialmente, de ar e, por conta disso, é considerada como uma espuma de alta expansão. Tem a característica de se fixar em estruturas verticais por longos períodos. Assim, é indicada especialmente para o isolamento térmico do material combustível, conferindo proteção à sólidos e ambientes ainda não incendiados (LANDIM, 2007). A aplicação da espuma seca pode ser visualizada na figura 4.



Figura 4: Aplicação de espuma seca em estruturas.

Fonte: CETOP (2016)

MÓDULO 5

Técnicas de combate a incêndio com espuma

As técnicas de combate a incêndio com espuma podem ser divididas em ofensivas, defensivas ou transicional. A decisão por uma dessas formas de combate se dá em função do cenário em que se encontra o local incendiado, por isso o comandante de socorro deve conseguir realizar a leitura correta a fim de conferir celeridade e segurança nas ações de salvamento e combate ao fogo.

Combate Ofensivo

Quando o chefe de guarnição entende que é possível debelar o foco do incêndio sem que apresente maiores riscos para os militares, o combate é feito no interior do ambiente sinistrado com o uso de espuma molhada, de maneira a se aproveitar as melhores características do agente extintor.

É possível também que o combate se inicie pelo lado de fora do ambiente incendiado, caso haja janelas ou portas que viabilizem o acesso das guarnições. Dessa maneira, é possível que os bombeiros adentrem em um local muito mais seguro para

avançar até o foco, uma vez que o feedback radiativo foi minimizado por meio da ação da espuma.

No caso de não existir acesso pelo exterior, a guarnição deve se atentar para o risco de fenômenos extremos do fogo (*Flashover/Backdraft*) durante a passagem de porta. Com o intuito de evitar tal situação, a primeira linha de combate deve realizar uma abertura parcial, suficiente apenas para que seja lançado um jato em direção ao teto, fazendo com que a espuma se espalhe pelo local diminuindo o feedback radiativo.

Uma vez descartada a possibilidade de ocorrência de fenômenos extremos, o ajudante da linha pode abrir a porta de forma que o chefe possa avançar para o interior do ambiente incendiado utilizando a técnica *flap*. Essa técnica consiste em lançar o jato de espuma sob um anteparo para que haja o espalhamento e posterior recobrimento de todos os objetos e paredes conforme o chefe avança no local. É importante salientar que todo ambiente percorrido pelo chefe esteja recoberto por espuma a fim de que não haja reignição.

Ainda dentro do combate ofensivo, há a possibilidade de inundação do ambiente pela espuma através do uso do ventilador em conjunto com uma manga que acessa o local incendiado.

Combate Defensivo/Transicional

O Combate defensivo se caracteriza essencialmente por se evitar a propagação do incêndio para outros ambientes que estejam próximos ao foco do incêndio. Com essa finalidade, o lançamento de jatos é feito de forma a proporcionar uma proteção térmica aos locais suscetíveis à radiação.

Nesse sentido, o uso de espuma seca é essencial para o sucesso dessa forma de combate, pois devido à menor quantidade de água, se torna possível que a espuma tenha maior aderência às superfícies que tenha entrada em contato.

Existe também a possibilidade do ataque conjunto utilizando as duas formas de combate. Assim, uma linha de bombeiros pode adentrar o ambiente sinistrado com vistas ao combate direto ao foco, enquanto outra linha realiza a proteção de ambientes expostos pelo lado de fora.

