

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS DA TERRA E DO MAR – CTTMAR
TECNOLOGIA EM GESTÃO DE EMERGENCIAS

GEORGE DE VARGAS FERREIRA

**ESPUMA DE COMBATE A INCÊNDIO:
análise das vantagens da espuma no combate a incêndios classe A**

São José – SC

2007

GEORGE DE VARGAS FERREIRA

**ESPUMA DE COMBATE A INCÊNDIO:
análise das vantagens da espuma no combate a incêndios classe A**

Monografia apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Tecnólogo em
Gestão de Emergências pela Universidade do
Vale de Itajaí, Centro de Educação São José.

Orientador: Cap. BM. Charles Alexandre Vieira

São José – SC

2007

GEORGE DE VARGAS FERREIRA

**ESPUMA DE COMBATE A INCÊNDIO:
análise das vantagens da espuma no combate a incêndios classe A**

Esta Monografia foi julgada adequada para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências aprovada pelo Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências da Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Educação de São José.

Área de Concentração: Tecnologia e Gestão

São José, 20 de agosto de 2007.

Cap. BM Charles Alexandre Vieira
CTTMAR – CE de São José
Orientador

Cap. BM Alexandre Coelho da Silva
CTTMAR – CE de São José

Prof. M. Ricardo Monteiro
CTTMAR – CE de São José

“A mente é inquieta, turbulenta, obstinada e muito forte e subjugá-la é mais difícil que controlar o vento, mas para estabelecermos um equilíbrio mental é necessário que tenhamos o relacionamento com grandes Homens.”
(Bhagavad – Gita).

DEDICATÓRIA

***“Ao criador do Universo, por permitir aos Homens a inteligência, a sabedoria e a busca da verdade.
Á Rosa, minha mãe, Jorge, meu pai, e ao meu irmão Geovane, pela compreensão da minha ausência e total apoio para que eu concluísse o Curso de Formação de Oficiais Bombeiro Militar – CFOBM, auxiliando na transposição de todos os obstáculos que a vida me impôs”.***

GLOSSÁRIO DE SIGLAS

LGE – Líquido Gerador de Espuma

AFFF – *Aqueous Film-forming Foam*

Espuma de película aquosa

NFPA – *National Fire Protection Association*

Associação Nacional de Proteção Contra Incêndio dos EUA

IFSTA – *International Fire Service Training Association*

Associação Internacional de Treinamento de Serviços de Bombeiro

ICAO – *International Civil Aviation Organization*

Organização Internacional de Aviação Civil

EPR – Equipamento de proteção respiratória

EPI – Equipamento de proteção individual

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, pelo incentivo nos momentos difíceis e compreensão dos momentos de ausência;

Aos meus amigos e professores 1º Tenente BM Alexandre Vieira e 1º Tenente BM Alexandre da Silva, pelo apoio indispensável para a conclusão deste trabalho;

Aos membros da Banca Examinadora, por aceitarem a tarefa de examinar e avaliar este trabalho;

As minhas primas Zoleide, Juliana e Cassia, por todo o apoio prestado para que eu pudesse concluir este trabalho;

A todos os colegas de curso pela amizade e companheirismo em todos os momentos que passamos juntos.

RESUMO

Esta monografia é destinada a análise da espuma no combate e extinção de incêndios da classe “A”, dando ênfase as vantagens da espuma.

Através de uma pesquisa bibliográfica de cunho qualitativo e de natureza exploratória, foram relacionadas as principais vantagens da utilização da espuma no combate e extinção de incêndios, além de um estudo focado em um conhecimento mais aprofundado sobre a espuma, informando detalhes como princípios de extinção, formação da espuma, tipos de espuma, entre outros.

Ao final do trabalho, apresentaremos algumas sugestões afim de que a espuma comece a ser efetivamente empregada no combate e extinção de incêndios da classe A.

PALAVRAS CHAVES: espuma, líquido gerador de espuma, incêndio, classe “A”.

ABSTRACT

This monograph is direct to the analysis from the foam at the battle and extinction as of fires from the class "A", administering emphasis the advantages from the foam.

By means of researches bibliographic as of dies qualitative and as of nature exploratory, have been the key advantages from the application from the foam at the battle and extinction as of fires, aside from um I study well into um knowledge more deepened above the foam, apprising details as a beginnings as of extinction, formation from the foam, guys as of foam , among others.

To the closing of the work, we will be introducing a few cues of what the foam I began the one being maid at the battle and extinction as of fires from the class The one.

Words Keys : foam, liquid generator of foam, fire, class "A".

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	
AGRADECIMENTOS	
GLOSSÁRIO DE SIGLAS	
RESUMO	
1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Problema de pesquisa.....	16
1.2 Perguntas de pesquisa.....	16
1.3 Objetivos.....	17
1.3.1 Objetivo Geral.....	17
1.3.2 Objetivos Específicos.....	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 Espuma de Combate e Extinção de Incêndios.....	19
2.1.1 Definição das Espumas.....	20
2.2 Tensão Superficial	21
2.3 Formação das Espumas.....	21
2.4 Geometria das Bolhas da Espuma.....	22
2.5 Arranjo das Bolhas da Espuma.....	23
2.6 Rearranjo das Células de uma Espuma.....	23
2.7 Drenagem Presente nos Filmes e Canais.....	24
2.8 Estabilidade da Espuma.....	26
2.9 Classificação dos Incêndios.....	28
2.9.1 Incêndio Classe “A”	30
2.9.2 Incêndio Classe “B”	30
2.9.3 Incêndios Classe “C”	31
2.9.4 Incêndio Classe “D”	31
2.9.5 Incêndio Classe “K”	32
2.10 Princípio de Extinção da Espuma.....	32
2.10.1 Abafamento ou Isolamento.....	33
2.10.2 Resfriamento.....	33
2.11 Tipos de Espuma.....	33
2.11.1 Espuma Química.....	34
2.11.2 Espuma Mecânica.....	34

2.12 Classificação das Espumas Mecânicas quanto á sua Composição Química....	35
2.12.1 Espuma Proteínica Comum.....	35
2.12.2 Espuma Fluoroproteica.....	36
2.12.3 Espuma Proteínica Resistente a Solventes Polares.....	36
2.12.4 Espuma Sintética Comum.....	37
2.12.5 Espuma Sintética de Baixa Expansão.....	37
2.12.6 Espuma Sintética de Média Expansão.....	37
2.12.7 Espuma Sintética de Alta Expansão.....	38
2.12.8 Espuma Sintética “Água Molhada”.....	38
2.12.9 Espuma Sintética “Água Leve” (AFFF).....	39
2.12.10 Espuma Sintética Resistente a Álcool e outros Líquidos Solventes Polares	40
2.13 Aplicação da Espuma.....	40
2.14 Técnicas de Aplicação da Espuma.....	41
2.14.1 Usando um Anteparo.....	41
2.14.2 Rolagem.....	42
2.14.3 Dilúvio.....	42
2.15 Direcionamento do Jato de Espuma.....	43
2.16 Dosagem de líquido gerador de espuma para fazer a mistura.....	43
2.17 Equipamentos.....	44
2.17.1 Pro Pak.....	45
2.17.2 Proporcionador “Entrelinhas”.....	47
2.17.3 Esguicho Lançador de Espuma.....	48
2.17.4 Esguicho Proporcionador de Espuma.....	49
2.17.5 Esguicho Monitor.....	50
2.17.6 Esguicho para Média Expansão.....	51
2.17.7 Gerador de Alta Expansão.....	52
2.18 Cuidados na Utilização da Espuma e LGE.....	53
2.19 Espuma para Incêndios Classe A.....	53
2.19.1 Processo de Extinção do Fogo.....	54
2.19.2 Aplicação da Espuma.....	54
2.20 Vantagens da espuma para o combate e extinção de incêndios classe A.....	55
2.20.1 Pontos positivos da aplicação da espuma	55
2.20.1.1 Redução da tensão superficial da água.....	56
2.20.1.2 Melhor eficiência da água como agente de absorção de calor.....	56

2.20.1.3 A espuma é biodegradável, não agredindo ao meio ambiente.....	57
2.20.1.4 Redução do tempo de combate ao incêndio.....	57
2.20.1.5 Proteção de estruturas que estejam no caminho do fogo.....	58
2.20.1.6 Desnecessidade do rescaldo do incêndio.....	59
2.20.2 Custos da utilização da espuma.....	59
3. METODOLOGIA	60
3.1 Perspectiva do Estudo.....	60
3.2 Delimitação da Pesquisa.....	60
3.3 Limitações da Pesquisa.....	61
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
4.1 Sugestões e Recomendações.....	63
5. REFERÊNCIAS.....	64

1. INTRODUÇÃO

As lutas contra incêndios datam da pré-história. Pesquisas arqueológicas encontraram vestígios de grandes incêndios que destruíram cidades inteiras da antigüidade, como Ninive, Jericó e Jerusalém. Nesses tempos não haviam meios para combater os incêndios e evitar sua progressão e em muitas vezes o sinistro só acabava quando tudo era reduzido a escombros.

Dentre os principais incêndios que marcaram a história mundial, desde o início dos tempos até os dias atuais, destacam-se (WIKIPÉDIA, disponível em: <<http://www.wikipedia.org/>>. Acesso em: 25 junho 2007):

- Incêndio de Roma, ordenado por Nero no ano de 64 depois de Cristo;
- Londres sofreu vários incêndios, destacando-se os ocorridos nos anos de 1666 e 1798;
- Copenhague foi destruída pelo fogo em 1728;
- Constantinopla, em 1750, com perda de 10.000 casas;
- Moscou, em 1812, foi destruída pelo fogo imposto pelos russos, após ser subjugada pelos exércitos de Napoleão;
- Cantão, na China em 1822;
- Paris, em 1871;
- Chicago, (EUA), em 1871, com 250 mortos e cerca de 100.000 pessoas desabrigadas;
- São Francisco, (EUA), em 1906, causado pelo rompimento da rede de gás;
- Tóquio e Yokohama, em 1923, deixaram um saldo de 70.000 mortos e aproximadamente 1.000.000 de pessoas desabrigadas;
- Atlanta, (EUA), em 1946, no cinema Winicof - 119 mortos;
- Los Angeles, (EUA), em 1958, num colégio - 93 mortos;
- Guatemala, em 1960, num asilo - 126 mortos;
- Síria, em 1960, num cinema - 152 mortos;
- São Paulo, (Brasil), em 1961, numa penitenciária - 152 mortos;
- Niterói, (Brasil), em 1961, num circo - 350 mortos;

- São Paulo, (Brasil), em 1969, escritórios, atingiu 14 pavimentos. Não houve vítimas;
- Saint Laurent Du Pont, (França), em 1970, num salão de festas - 146 mortos;
- Coréia do Sul, em 1971, hotel de 20 pavimentos - 162 mortes;
- São Paulo, (Brasil), em 1972, no edifício Andraus, escritórios comerciais e lojas de departamentos 16 mortes e 329 feridos;
- Osaka, (Japão), em 1972, lojas e boate 118 mortos;
- São Paulo, (Brasil), em 1974, edifício Joelma, garagens e escritórios comerciais 189 mortes e 320 feridos;
- São Paulo, (Brasil), em 1976, no Banco do Brasil com 16 pavimentos. Não houve vítimas;
- São Paulo, (Brasil), em 1978, no Conjunto Nacional, lojas e escritórios comerciais e cinemas, com 26 pavimentos - 7 vítimas, nenhuma fatal;
- Zaragoza, (Espanha), em 1979, hotel com 11 pavimentos - 76 mortes e 113 feridos;
- São Paulo, (Brasil), em 1980, edifício da Secretaria da Fazenda do Estado de São Paulo, com 22 pavimentos. Não houve vítimas;
- Las Vegas, (EUA), em 1980, Hotel MGM - 85 mortes e 679 feridos;
- São Paulo, (Brasil), em 1981, edifício Grande Avenida, com 23 pavimentos, escritórios comerciais - 17 mortes e 53 feridos;
- Tóquio, (Japão), em 1982, hotel - 32 mortes e 34 feridos;
- São Paulo, (Brasil), em 1983, edifício Scarpa, com 17 pavimentos, escritórios comerciais. Não houve vítimas;
- Manila, (Filipinas), em 1985, hotel - 26 mortes;
- Nova Delhi, (Índia), em 1986, hotel - 44 mortes;
- Kristiansand, (Noruega), em 1986, edifícios conjugados com 13 pavimentos 14 mortes e 54 feridos;
- San Juan, (Porto Rico), em 1986, Hotel Du Pont Plaza - 97 mortes e 146 feridos;

- São Paulo, (Brasil), em 1987, edifício da CESP, escritórios comerciais - 2 mortes;
- Cairo, (Egito), em 1990, Hotel Sheralton Heliópolis - 19 mortes e 70 feridos;
- Filadélfia, (EUA), em 1991, Hotel One Meridian Plaza - 3 mortes (bombeiros);
- São Petesburgo, (Rússia), em 1991, hotel - 18 mortes e 21 feridos;
- Londres, (Inglaterra), em 1992, bolsa de valores - 3 mortes e 91 feridos.
- EUA, em 1993, no edifício World Trade Center, escritórios - 5 mortes e 100 feridos, causou pânico em 50 mil pessoas;
- Bombaim, (Índia), em 1993, bolsa de valores - 270 mortes e 1.200 feridos;
- Lagos, (Nigéria), em 1993, edifício Independência, com 25 pavimentos. Não houve vítimas;
- Londres, (Inglaterra), em 1993, escritórios - 1 morte e 44 feridos;
- Stuttgart, (Alemanha), em 1994, bloco residencial 7 mortos e 16 feridos.

Esses são alguns exemplos que comprovam que o fogo, quando sem controle, destrói bens e mata pessoas. Portanto, a necessidade de um combate eficaz faz-se necessário, afim de que perdas, tanto humanas quanto materiais venham a diminuir drasticamente.

Os incêndios iniciam-se pequenos e se debelados em seu princípio, provavelmente muitas das catástrofes acima apresentadas não teriam ocorrido e muitas vidas poderiam ter sido salvas.

É do conhecimento de bombeiros do Brasil e de todo o Mundo, que a água não é o único agente extintor de incêndios. A inovação tecnológica, aliada à necessidades do mercado, fez surgir uma nova gama de agentes extintores de incêndio que podem auxiliar e facilitar o combate a incêndios, tornando esta tarefa mais eficaz.

Diante do exposto acima, o presente trabalho monográfico se propõe a analisar as vantagens da aplicação da espuma no combate a incêndios classe A, um novo agente extintor que vem surgindo no mercado e pouco conhecido pelos Corpos de Bombeiros do Brasil.

No Brasil, pouco se tem pesquisado a respeito das espumas no combate a incêndios classe A, as únicas informações brasileiras que se tem a respeito da

utilização da espuma para estes incêndios são fornecidas pelas empresas que vendem este produto. Na atualidade, nenhuma Organização de Bombeiro do Brasil, exceto os Bombeiros de Aeródromo, vem utilizando a espuma no combate a incêndios classe A.

1.1 Problema de Pesquisa

Quais as vantagens da espuma para combate a incêndios, quando utilizada em incêndios classe A?

1.2 Perguntas de Pesquisa

a) A execução de operações de combate e extinção de incêndios classe A, com a utilização de espumas, poderá ocasionar uma redução no tempo de combate e extinção, diminuindo os danos gerados pelo incêndio?

b) Que consequências a redução da tensão superficial, gerada pela espuma, pode acarretar positivamente para o combate a incêndios?

c) Os benefícios gerados pela espuma justificam seu custo quando comparado com o custo da água?

d) A utilização da espuma no combate e extinção de incêndios agride ao meio ambiente?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar as vantagens da espuma quando utilizada para o combate e extinção de incêndios classe A.

1.3.1 Objetivos Específicos

Realizar uma revisão bibliográfica acerca de assuntos relacionados a espumas de combate a incêndios, em especial as espumas para combate a incêndios classe A.

Analisar as qualidades da espuma no combate a incêndios classe A.

Propor sugestões, a partir da análise dos dados obtidos, a utilização da espuma na rotina de combate e extinção de incêndios classe A.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A primeira divulgação que se tem registrado nos anais da história sobre a utilização de espuma remonta de 1877 através de patente inglesa, a qual descrevia o processo de extinção de incêndios em combustíveis líquidos. A superfície em chamas era coberta com espuma, formada a partir de uma reação química e desta forma o fogo seria extinto. Porém, por falta de utilização prática este método ficou esquecido por algum tempo. (MENDES, 1981)

Estudos sobre a aplicação prática deste método de extinção de incêndios reiniciaram com a descoberta do petróleo. Nessa época, a escassez de Óleo de Baleia, largamente empregado em iluminação, provocou a rápida substituição do óleo por querosene. Surgiram então grandes reservatórios de querosene, tanto nos locais de comercialização quanto nas refinarias, começando os primeiros problemas de combate a incêndio neste produto. O querosene não se constitui inflamável perigoso, pois possui relativa baixa volatilidade e relativa temperatura de ignição. Contudo, quando por qualquer motivo se incendiava, nada podia ser feito, naquela época. A única forma disponível para combater a este tipo de incêndio era através de jato compacto de água, completamente ineficiente, e mais ainda sendo a água, imiscível e mais pesada que o querosene levava por transbordamento dos tanques, o incêndio a outras áreas piorando em muito o incêndio original. (MENDES, 1981)

Por algum tempo esta situação continuou inalterada até que, por volta de 1904, Laurent, utilizando espuma química conseguiu extinguir um incêndio em nafta, em uma demonstração em San Petesburgo, na Seção Química do Instituto Técnico Imperial da Rússia. Esta descoberta passou então a ser largamente utilizada não só naquelas estocagens de querosene, mas em muitos outros locais, onde se pretendia extinguir incêndios em líquidos inflamáveis de densidade inferior à da água. Entretanto, a corrosividade dos componentes da espuma, e o processo de aplicação pouco prático, começaram a se tornar características indesejáveis, passada a euforia da descoberta deste processo de extinção. Isto levou cientistas a tentar descobrir outros tipos de espumas. (MENDES, 1981)

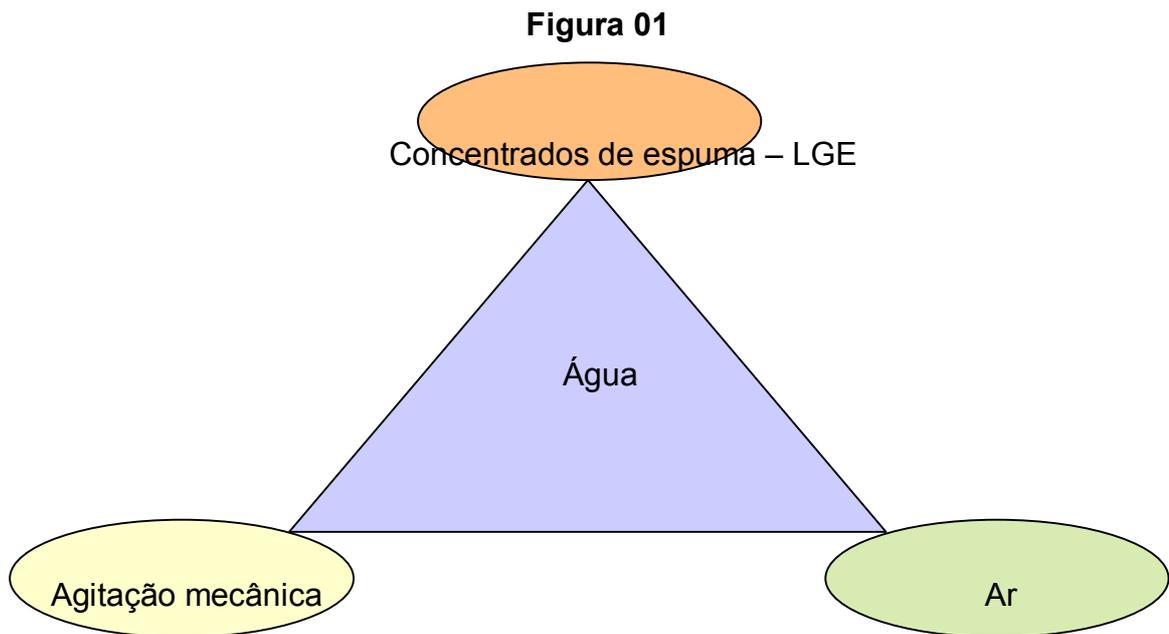
Por volta de 1937 foi descoberta a espuma mecânica que substituiu praticamente a espuma química. As primeiras espumas mecânicas foram produzidas a partir de extratos protéicos, para extinções em derivados de petróleo, e surgiram

na Alemanha e na Inglaterra. O desenvolvimento de uma espuma de base protéica com maior capacidade de extinção (no caso, velocidade de espalhamento) e compatível com o pó químico, específica para aplicação em derivados de petróleo, ocorreu principalmente na Inglaterra, em 1965. Surgiram os concentrados Fluoroprotéicos, de formulação semelhante ao líquido gerador de espuma (LGE) protéico, contendo surfactantes fluorados que melhoram a fluidez da espuma e a resistência à temperatura, propriedade que aumentam a rapidez do combate. (MENDES, 1981)

A mais versátil espuma para extinção em líquidos inflamáveis foi desenvolvida em 1962, pela marinha americana, a partir de surfactantes fluorados sintéticos, devido às limitações das espumas de base protéica. Os concentrados, conhecidos como AFFF (aqueus film-forming foam), produzem espumas que formam um fino filme aquoso sobre a superfície em chamas, o que é resultante do processo de drenagem e tem a propriedade de espalhar-se rapidamente sobre regiões não totalmente recobertas pela espuma. Como em outras espumas, seu mecanismo de extinção consiste em evitar o contato do oxigênio do ar com o combustível e a liberação de vapores inflamáveis; a presença do filme aquoso ajuda no resfriamento do combustível e na supressão dos vapores, prevenindo a reignição do material. Menos viscosas, estas espumas apresentam maior fluidez e alta velocidade de extinção, e sua eficiência permite redução na quantidade de água, equipamentos e extrato utilizado. (MENDES, 1981)

2.1 Espuma de Combate e Extinção de Incêndios

A espuma de combate e extinção de incêndios, trata-se de uma massa de bolhas pequenas de densidade menor que a de muitos líquidos inflamáveis e menor que a densidade da água, esta espuma é um agente que trabalha através das ações de abafamento e resfriamento, produzido através da mistura do ar com um solução que contém espuma mecânica e água. (GUIA DE ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007)



2.1.1 Definição das Espumas

As espumas são sistemas termodinamicamente instáveis, que apresentam uma estrutura tridimensional formada por células gasosas envoltas 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 única camada adsorvida, que torna estável a bolha de gás e retarda sua rápida junção de partes separadas. 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; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

2.2 Tensão Superficial

Devido a relativa alta tensão superficial, a água diminui sua capacidade de infiltração nos combustíveis incendiados e impede que ela se espalhe no interior das embalagens, fardos ou materiais empilhados. A imersão do material que queima na água raramente consegue-se nas operações práticas. Quando um incêndio tem origem no interior de uma massa combustível, para extingui-lo será necessário abrir e desmontar a massa combustível para atingir os focos no interior da mesma, ou então empregar-se um aditivo, que diminui a tensão superficial da água fazendo-a penetrar na massa combustível e facilitando a extinção. (SECCO, 1982)

Segundo o autor anteriormente citado, quando espalha-se um pouco de água sobre a superfície, ela forma gotas devido a mútua atração de suas moléculas que permanecem tão juntas que assumem a forma semi-esférica, característica da gota. Observadas, estas gotas, num microscópio, parecem que estão envolvidas por uma película fortemente distendida. Isto é gerado pela tensão superficial produzida pela atração mútua das moléculas.

2.3 Formação das Espumas

As espumas formam-se através do processo de dispersão do gás, que pode ser desencadeado por agitação do líquido e por borbulhamento do gás no líquido, influenciando diretamente sobre as características da espuma. Formam-se também quando há diminuição de pressão ou aumento de temperatura em soluções supersaturadas de gás. É possível, pelo borbulhamento, estimar o tamanho das células geradas através da sua dimensão. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

A distribuição uniforme da espuma e o tamanho único de suas bolhas, grau de dispersidade, está sujeita às irregularidades do dispositivo através do qual o gás é introduzido. Porém, fatores como velocidade do gás e concentração de surfactante nas células e a natureza química dos agentes estabilizantes, são significativos na estruturação da espuma. As condições em que é produzido e a natureza química do

sistema, impõe limites ao tamanho da bolha, o volume de espuma formado em relação ao volume de solução utilizado para gerá-la, ou coeficiente de expansão de uma espuma. O coeficiente de expansão é um parâmetro com o qual se pode relacionar intrinsecamente o volume de gás e o de líquido presente na espuma. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

Ainda, de acordo com o mesmo autor, três processos podem ocorrer conjuntamente logo após o momento de formação de uma espuma: rearranjo das células, devido à difusão de gás entre as bolhas, drenagem do líquido intralamelar pelos filmes e canais de Plateau, levando ao afinamento do filme, e ruptura da célula. A determinação do tempo de vida da espuma é feita através do progresso desse processo. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

2.4 Geometria das Bolhas da Espuma

A geometria normalmente observada em bolhas de espuma pode ser poliédrica ou esférica. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

Células esféricas possuem filmes líquidos espessos e são frequentemente vistas no estágio inicial da formação de uma espuma. Assim que o líquido drena, os filmes afinam-se, diminuindo a distância entre as bolhas de gás, as quais começam a possuir formato poliédrico. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

Células poliédricas também estão presentes em espumas formadas a partir de líquidos de baixa viscosidade. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

Para o mesmo autor, bolhas de espumas típicas são consideradas como dodecaedros pentagonais, mas o arranjo das células com essa geometria não preenche todo o espaço. Além disso, espumas reais possuem não só filmes pentagonais mas também hexagonais e tetragonais, e o número médio de filmes que compõem uma célula está próximo a quatorze.

Um pequeno grupo de estudiosos considera o b-tetradecaedro, poliedro formado por quatro superfícies hexagonais, duas tetragonais e oito pentagonais, o melhor modelo para representar as células da espuma. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

2.5 Arranjo das Bolhas da Espuma

O modo como as bolhas se posicionam geralmente segue as leis postuladas por Plateau, governadas pela tendência à minimização de sua área superficial. Segundo essas leis, três filmes adjacentes encontram-se ao longo de uma linha curva com ângulos de 120° entre eles, ou quatro linhas, cada uma formada pela intersecção de três filmes, encontram-se em um ponto, com ângulos de $109^\circ 28'16''$ (ângulo tetraédrico) entre cada par de linhas adjacentes. Quando ocorre a ruptura de um filme da espuma, as bolhas reposicionam-se de modo a manter essa conformação. As colunas de líquido formadas pelo encontro dos filmes, os chamados canais de Plateau, assemelham-se a um triângulo de faces curvas. Esses canais estão interconectados pelos filmes, estruturando a rede que constitui a fase líquida da espuma. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

2.6 Rearranjo das Células de uma Espuma

O rearranjo acontece com o tempo devido à expansão do gás e à contração dos filmes, sendo através desses eventos que vai diminuindo parte da energia livre da espuma. A expansão do gás acontece através da quebra de filmes e difusão entre as bolhas. As bolhas abrigam gás a diferentes pressões entre elas, de acordo com a diferença nos seus raios de curvatura, e a uma pressão maior do que a pressão atmosférica externa. A transferência de gás por difusão ocorre das células menores, nas quais é maior a pressão do gás aprisionado, para as células adjacentes maiores, resultando em mudanças na distribuição dos tamanhos inicialmente verificada. A espuma pode se tornar monodispersa ou mais polidispersa dependendo da mobilidade dos filmes em relação à rapidez com que o gás expande. A difusão torna-se mais pronunciada quando os filmes atingem espessura de poucas centenas de angstroms e é afetada pela permeabilidade do gás através das lamelas. Quanto maior a polidispersidade da espuma, maior o efeito desse processo. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998).

2.7 Drenagem Presente nos Filmes e Canais

Inicialmente, a drenagem do líquido presente nos filmes e nos canais ocorre, sobretudo, pela ação da força gravitacional e por sucção capilar do líquido intralamelar pelos canais. O canal de Plateau desempenha uma importante função na drenagem da espuma, pois essa região, pela curvatura de sua superfície, apresenta grande diferença de pressão entre as fases líquida e gasosa. O líquido é então succionado da região lamelar em direção aos canais, onde há menor pressão local. Com o escoamento do líquido, os filmes afinam até uma espessura crítica a partir da qual interações de Van Der Waals e propriedades elétricas da superfície, entre outros fatores, passam a governar o processo de afinamento do filme. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

Conforme a drenagem do líquido ocorre, moléculas do surfactante são carregadas com o fluxo, produzindo irregularidade na sua concentração ao longo da superfície. Devido à variação local de tensão superficial, as moléculas difundem-se tentando restabelecer a tensão de equilíbrio, provocando uma força oposta ao fluxo. Essa habilidade do filme de espuma em restaurar deformações locais é resultado do efeito combinado da elasticidade de Gibbs, que considera uma tensão superficial de equilíbrio, e da elasticidade de Marangoni, efeito este mais superficial, associada às variações instantâneas de tensão superficial. Ocorrendo uma elevação na tensão superficial causado por estiramento em um ponto do filme, a região contrai-se e em direção a ela avançam as áreas adjacentes para restabelecer a tensão inicial, movimento não só superficial, pois carrega líquido presente entre as interfaces. O aumento da elasticidade contribui para a elevação da resistência do filme e para que sua espessura seja mantida por mais tempo. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

O afinamento do filme pode ser acompanhado através das cores de interferência produzidas pela reflexão da luz incidente. O fenômeno de interferência produzido em um filme de espuma deve-se ao formato angular de seu perfil lateral, resultante da drenagem de líquido intralamelar. Sucessivas bandas de cores espectrais tornam-se visíveis quando o filme está exposto à luz branca e tem espessura da ordem de 10^4Å . Essas bandas são formadas pela interferência entre o raio luminoso refletido logo após o feixe incidir sobre a superfície frontal e o raio

que emerge dessa superfície após ser refratado no filme e refletido pela superfície posterior. Todos os comprimentos de onda visíveis contribuem, após sucessivas etapas de interferência construtiva e destrutiva, para a cor e a intensidade do raio refletido em cada ponto do filme, características que serão determinadas pela espessura do filme. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

Com o escoamento do líquido, as superfícies ficam mais próximas na parte superior do filme e as bandas de interferência vão se tornando mais espaçadas, enquanto a base do filme, mais espessa, apresenta um número maior de bandas. Quando a distância entre as superfícies está em torno de 300 a 1200 Å, surge na área envolvida uma banda cinza e o filme começa a escurecer. Eventualmente, podem aparecer pequenos pontos cinzas em decorrência de um afinamento irregular. O afinamento do filme pode terminar com sua ruptura ou com o estabelecimento de uma espessura de equilíbrio (menor do que 300 Å) em que as duas superfícies estão paralelas e de dimensão muito menor do que o comprimento de onda da luz visível. Dessa forma, a luz refletida pelas superfícies frontal e posterior do filme é destrutiva para todos os comprimentos de onda visíveis e a sua intensidade é praticamente nula. A banda torna-se negra e aumenta até que o filme fique completamente negro, formando o chamado 'filme negro comum'. Num filme negro, de espessura entre 50 e 250 Å, as duas interfaces estão separadas apenas por poucas camadas de moléculas de água e contra-íons. Diversos tipos de filmes podem ser formados, dependendo da polaridade, carga e estrutura molecular do composto adsorvido. Alguns filmes sofrem um afinamento posterior até uma espessura crítica, atingindo o estágio do 'filme negro de Newton'. Sua dimensão está em torno de 30-50 Å, correspondente ao comprimento das duas cadeias moleculares que compõem, longitudinalmente, as monocamadas. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

Teorias mais recentes consideram que as interfaces não permanecem planares durante o afinamento, mas adquirem um perfil oscilatório. A amplitude das oscilações nas interfaces cresce próximo à espessura crítica, aumentando a velocidade com que as superfícies vão se aproximando. Essa característica é de considerável importância uma vez que a espessura crítica é determinada essencialmente pela velocidade de afinamento próxima a ela. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

Na fase de filme negro, as deformações superficiais começam a crescer e as forças no filme tornam-se mais importantes. Enquanto a repulsão eletrostática tende a manter o filme, evitando que as atmosferas iônicas das interfaces sobreponham-se e impedindo o colapso, as forças de dispersão fazem com que as moléculas sejam atraídas para regiões mais espessas do filme, provocando a aproximação das duas superfícies e a ruptura da lamela. Em monocamadas formadas por moléculas não-iônicas, apenas forças repulsivas de natureza não-eletrostática, como forças estéricas, contribuem para a repulsão mútua entre as interfaces, e a pressão de ruptura perde seu efeito estabilizador. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998).

Um estado metaestável é atingido com o equilíbrio entre a componente eletrostática e a componente molecular da pressão de ruptura, mas perturbações térmicas e mecânicas no filme podem acelerar sua ruptura. Segue-se, à ruptura do filme, a junção das bolhas adjacentes, e quanto mais rápidas as alterações na espuma, menor sua estabilidade, ou seja, menor a resistência da lamela à diminuição da área interfacial da estrutura. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998).

Como resultado da drenagem, o grau de dispersidade, a área interfacial e a concentração de surfactante nas células são funções de sua posição na espuma, pois cada seção transversal apresenta células em estágios diversos de drenagem. A ruptura de filmes provoca redistribuição de surfactante nas células vizinhas e mudança na distribuição das células, a diminuição na espessura dos filmes e canais e o conseqüente aumento na pressão capilar provocam uma maior taxa de drenagem e as células inferiores possuem maior volume de líquido intralamelar. O líquido resultante da drenagem tende a restituir a solução geradora da espuma, mas possui surfactante em concentração maior do que na solução inicial, pelos efeitos de evaporação, e menor em relação aos filmes, onde constantemente sofre alterações. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

2.8 Estabilidade da Espuma

Para avaliar a estabilidade da espuma, um bom critério é a medida do tempo em que ocorre algum evento, como o tempo decorrido desde a formação até a

ruptura total das bolhas. Obtém-se, neste caso, o tempo de vida da espuma, determinado por dois processos que são o afinamento e o colapso dos filmes. Soluções diversas podem formar espumas cujo tempo de vida pode ser de apenas alguns segundos ou de até centenas de meses. A evolução dos processos vai depender da natureza química do agente espumante, considerando-se que seu papel consiste basicamente em estabilizar os filmes de espuma, e do controle de efeitos externos. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

Muitos fatores têm influência direta sobre a estabilidade da espuma. A viscosidade do líquido presente nas bolhas contribui ao retardamento de qualquer tipo de movimento no filme e impõe resistência mecânica a ele. Com um escoamento mais lento, a velocidade de drenagem é alterada principalmente nos momentos iniciais após a formação da espuma. É desde esse momento que os efeitos Marangoni e Gibbs participam da estruturação dos filmes. Deformações na superfície que levam a um gradiente de tensão superficial, mesmo em filmes negros, fortalecem o filme permitindo que ele resista aos distúrbios locais. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

Um filme de espuma pode ser desestabilizado se exposto a flutuações térmicas; sob redução de temperatura, sua elasticidade pode ser reduzida, enquanto a elevação de temperatura pode provocar dessorção do agente espumante da interface e diminuição da viscosidade e da resistência superficial. A uma temperatura mais elevada, a evaporação da água é acelerada, estimulando a desidratação do filme e induzindo, para compensar a diminuição da tensão superficial resultante, o seu estiramento e a aproximação das camadas de adsorção. A sobreposição das interfaces é um processo entropicamente desfavorável, que exerce papel desestabilizador sobre o filme e leva ao colapso. A hidratação das interfaces retarda a interpenetração das moléculas adsorvidas, mantendo a espessura do filme. Pela presença de eletrólitos ou aditivos, as forças de estabilização nos filmes de espuma também são modificadas. A introdução de eletrólitos provoca compactação da camada elétrica difusa, diminuindo a magnitude da componente eletrostática da pressão de ruptura. A espessura de equilíbrio diminui gradualmente conforme a concentração de eletrólito aumenta. Distúrbios mecânicos, como correntes de ar, vibrações e choques, expõem os filmes da espuma a sofrerem antecipadamente a ruptura em relação ao que se processaria com estes fatores controlados. Variações rápidas de pressão e espalhamento de

agentes sobre o filme que arrastam a solução intralamelar podem provocar um afinamento rápido até a espessura crítica, aumentando a probabilidade da ruptura. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

O tempo de vida da espuma e sua estabilidade são determinados por diversos fatores; sua existência depende, basicamente, da natureza do agente espumante, da composição relativa de todos os componentes presentes no filme e das condições a que a espuma está submetida. (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998)

2.9 Classificação dos Incêndios

As ocorrências de incêndio são classificadas de acordo com os materiais combustíveis nele envolvidos, bem como o modo em que se encontram. Essa classificação é feita para determinar o agente extintor mais apropriado para o tipo de incêndio em estudo. Compreendem-se como agentes extintores de incêndios todas as substâncias capazes de eliminar um ou mais dos elementos essenciais do fogo, cessando o processo de combustão. (OLIVEIRA, 2007)

Atualmente, considera-se a existência de cinco classes de incêndio, identificadas pelas letras A, B, C, D e K. (OLIVEIRA, 2007)

Essa classificação foi elaborada pela NFPA (National Fire Protection Association – Associação Nacional de Proteção a Incêndios/EUA), adotada pela IFSTA (International Fire Service Training Association – Associação Internacional para o Treinamento de Bombeiros/EUA). (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

Essa classificação é adotada pela Norma Americana e também pelos Corpos de Bombeiros Militares dos Estados Brasileiros, contudo, as Normas Européias apresentam outro tipo de classificação. (OLIVEIRA, 2007)

Quadro Demonstrativo 01

CLASS E	NORMA AMERICANA*	CLASS E	NORMA EUROPÉIA
A	SÓLIDOS papel, madeira, tecido, borracha, plásticos	A	SÓLIDOS papel, madeira, tecido, borracha, plásticos
B	LÍQUIDOS, GRAXAS e GASES Gasolina, álcool, butano, metano e acetileno	B	LÍQUIDOS Gasolina, óleo, álcool e petróleo
C	ELÉTRICOS Equipamentos e máquinas elétricas e eletrônicas energizadas	C	GASES Butano, metano e acetileno
D	METAIS ESPECIAIS magnésio, selênio, antimônio, lítio, potássio, zinco, titânio, sódio, urânio e zircônio	D	METAIS ESPECIAIS magnésio, selênio, antimônio, lítio, titânio, zircônio, sódio, urânio, zinco e potássio
K	ÓLEOS e GORDURAS Óleos e gorduras de cozinha	E	ELÉTRICOS Equipamentos e máquinas elétricas e eletrônicas energizadas
		F	ÓLEOS e GORDURAS Óleos, gorduras de cozinhas e piche derretido

Fonte: OLIVEIRA, Marcos de. Manual de Estratégias, táticas e técnicas de combate a incêndios estruturais. Florianópolis: Editograf, 2005, p.40.

2.9.1 Incêndio Classe “A”

Os incêndios classe A compreendem os corpos combustíveis comuns, tais como papel, madeira, tecido, borracha, plásticos. É caracterizado por deixar como resíduos cinzas e brasas e por queimar em razão do volume, isto é, a queima se dá na superfície e em profundidade. (OLIVEIRA, 2007)

O método mais utilizado para extinguir incêndios de classe A é o uso de resfriamento com água, mas também se admite o uso de pós químicos secos de alta capacidade extintora ou espuma. (OLIVEIRA, 2007)

Secco, (1982), reafirma que os incêndios classe A necessitam para sua extinção o efeito do resfriamento, isto é, necessitam de água ou soluções que a contenham em grande percentagem, com a finalidade de reduzir a temperatura do material em combustão abaixo do seu ponto de ignição.

Os efeitos de cobertura de determinados pós químicos auxiliam no retardo da combustão. (SECCO, 1982)

2.9.2 Incêndio Classe “B”

Os incêndios da classe B envolvem líquidos inflamáveis, graxas e gases combustíveis. Caracteriza-se por não deixar resíduo e por queimar apenas na superfície exposta e não em profundidade. Entre os métodos mais utilizados para extinguir incêndios de classe B estão: o abafamento (uso de espuma), a quebra da reação em cadeia (uso de pós químicos) ou ainda o resfriamento com cautela. (OLIVEIRA, 2007)

Secco, (1982), caracteriza os incêndios classe B como: líquidos petrolíferos e outros líquidos inflamáveis ou combustíveis, tais como: gasolina, óleos, tintas, etc., os quais quando queimam não deixam brasas ou resíduos e queimam unicamente em razão da superfície exposta. Incluem-se nesta classe os gases inflamáveis. Exigem para sua extinção o princípio do abafamento que determina a parada da liberação dos vapores combustíveis, ou o princípio da interrupção da reação em cadeia da combustão.

2.9.3 Incêndios Classe “C”

Envolvendo equipamentos elétricos energizados temos os incêndios da classe C. A característica principal é o risco de vida que oferece ao bombeiro combatente. A extinção deve ser realizada por um meio extintor que não conduza a corrente elétrica (pós químicos ou gás carbônico). (OLIVEIRA, 2007)

A maioria dos incêndios de classe C, se eliminado o perigo da eletricidade, transformam-se em incêndios de classe A. (OLIVEIRA, 2007)

2.9.4 Incêndio Classe “D”

Os incêndios da classe D são os incêndios em metais combustíveis pirofóricos (magnésio, selênio, antimônio, lítio, potássio, alumínio fragmentado, zinco, titânio, sódio, urânio e zircônio). É caracterizado pela queima em altas temperaturas e por reagir com agentes extintores comuns (principalmente os que contenham água). O método mais utilizado para extinguir incêndios de classe D é o uso de pós especiais que separam o incêndio do ar e agem por abafamento. (OLIVEIRA, 2007)

Secco, (1982), comenta que os metais pirofóricos exigem para sua extinção meios extintores especiais que fundem em contato com o metal combustível formando uma capa que o isola do ar atmosférico interrompendo a combustão. Pós que têm por base os seguintes materiais: cloreto de sódio, cloreto de bário, monofosfato de amônio ou grafite. Ou então, um agente extintor absorvedor de calos, não reativo com o metal incendiado, como por exemplo o uso de limalhas de ferro para combater incêndios em magnésio.

Segundo o autor citado anteriormente, este incêndio exige também um método especial de aplicação do agente extintor.

2.9.5 Incêndio Classe “K”

A classe K não é realmente uma classe de incêndio, pois se confunde com a classe B, no entanto já é citada na maior parte dos textos técnicos recentemente publicados, tendo por finalidade maior a educação quanto aos riscos especiais desta classe de incêndio. São os incêndios em óleo, gorduras de cozinhas e piche derretido que não devem ser combatidos com água em jato direto. Os métodos mais utilizados para extinguir incêndios de classe K são o abafamento, através da utilização de espuma, a quebra da reação em cadeia, através do uso de pós químicos, ou ainda o resfriamento com muita cautela. (OLIVEIRA, 2007)

2.10 Princípio de Extinção da Espuma

Para formação da espuma são necessários 3 (três) elementos fundamentais: água, ar ou CO₂, o extrato formador de espuma. (WORMALD RESMAT PARSCH, 1985)

A espuma formada por estes elementos é uma massa estável, de pequenas bolhas de baixa densidade, podendo flutuar sobre os líquidos inflamáveis na forma de um colchão de espuma ou de um filme aquoso. (WORMALD RESMAT PARSCH, 1985)

Os princípios de extinção quando utilizamos espuma são: abafamento através do colchão de espuma ou do filme aquoso, que isolam o líquido em chamas do oxigênio do ar, e resfriamento através de água drenada da espuma ou do poder de umectação dos surfactantes. (WORMALD RESMAT PARSCH, 1985)

As espumas são projetadas para prevenção e extinção de incêndios de classe B (líquidos inflamáveis), onde extinguem o incêndio através do abafamento e, para incêndios de classe A (madeira, papel, algodão, pneus, plásticos, etc.), através de resfriamento. (WORMALD RESMAT PARSCH, 1985)

2.10.1 Abafamento ou Isolamento

O abafamento consiste na redução ou eliminação do oxigênio das proximidades do combustível incendiado, impedindo ou dificultando o contato entre eles. A espuma atua em incêndios classe B, flutuando sobre os líquidos, produzindo uma cobertura que impede o contato com o ar (oxigênio), extinguindo o incêndio por abafamento e impede a passagem de vapores inflamáveis, liberados por líquidos inflamáveis, evitando incêndios. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

2.10.2 Resfriamento

O resfriamento trata-se da absorção do calor do material incendiado, baixando sua temperatura até o ponto em que seus vapores já não se inflamam em contato com o oxigênio. É dos métodos de extinção o mais usado, sendo a água seu melhor agente, por ser a substância de maior capacidade de absorção de calor. A água na espuma, ao drenar, resfria o líquido (líquidos inflamáveis – classe B) e, portanto, auxilia na extinção do fogo. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

2.11 Tipos de Espuma

Atualmente existem dois tipos de espuma no mercado, a Espuma Química e a Espuma Mecânica, porém, a Espuma Mecânica possui diversas classificações quanto a sua composição química. Esta diversidade traz conseqüências importantes, tanto para o combate como para a validade da espuma.

2.11.1 Espuma Química

A espuma química é formada com a liberação de dióxido de carbono pela reação entre sulfato de alumínio e bicarbonato de sódio em solução aquosa, que contém proteínas hidrolisadas como agentes espumantes. São espumas densas, viscosas e resistentes ao calor, mas, como se espalham lentamente, tem baixo poder de extinção, ficando restritas, atualmente, ao uso em extintores portáteis. Entretanto, até nestas aplicações, está sendo substituída atualmente pelos extintores e carretas de espuma mecânica com AFFF. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

De acordo com o manual do Ministério da Aeronáutica, (1992), a fórmula química da espuma química é: $6\text{NaHCO}_3 + \text{Al}_2(\text{SO})_3 \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{SO} + 6\text{CO}_2$.

2.11.2 Espuma Mecânica

Espumas mecânicas são geradas através da introdução de ar, por ação mecânica, em soluções preparadas a partir de “líquidos geradores de espuma” (LGE). Esses concentrados contêm surfactantes específicos e outros aditivos que conferem alta estabilidade às espumas extintoras. O desenvolvimento da espuma mecânica, mais econômica e de aplicabilidade mais fácil, tem substituído largamente o uso da espuma “química”, largamente utilizada no meio do século. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

A produção de espuma mecânica é realizada em dois estágios, que são proporcionamento e formação. Durante o proporcionamento, o extrato é introduzido no fluxo de água com dosagem controlada. Concentrados de LGE (AFFF) são geralmente aplicados a 3% (volume de líquido gerador de espuma/volume de água) para incêndios em hidrocarbonetos e 6% para solventes polares, ou seja, para cada 6 litros de líquido gerador de espuma, adicionam-se 94 litros de água. A formação da espuma ocorre apenas no estágio final, quando ocorre a introdução de ar no esguicho. Diferentes equipamentos hidráulicos podem ser usados na produção da espuma, a grande maioria apresenta tanto a introdução do LGE como a do ar

ocorrendo através de tubos do tipo Venturi, a formação de espuma. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

2.12 Classificação das Espumas Mecânicas quanto á sua Composição Química

2.12.1 Espuma Proteínica Comum

Utilizada em baixa expansão, esta espuma é obtida pela hidrólise de proteínas de origem animal. Podem ser usados como matéria-prima proteínas extraídas de chifre de boi, casco de boi e feijão de soja, dentre outras, as quais produzem um concentrado com livre ação na formação de espuma estável e resistente ao fogo. Aos extratos protéicos são adicionados alginatos, pectinas, etc., servindo para estabilizar a espuma, inibir a corrosão e o crescimento bacteriano e abaixar o ponto de congelamento. (MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA, 1992)

Este tipo de espuma é utilizado em combate a incêndio envolvendo líquidos inflamáveis que não se misturam com água (líquidos não polares). Possui razoável resistência a temperaturas elevadas e proporciona boa cobertura. Não se presta ao combate a incêndio em solventes polares (álcool, acetona) porque é dissolvido por eles. (MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA, 1992)

Devido a sua contaminação pelos combustíveis sobre os quais são lançados, devem ser aplicados suavemente sobre os líquidos em chama (aplicação tipo I – N.F.P.A.) ou sobre anteparos, quando possível. (MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA, 1992)

De acordo com o mesmo autor, a espuma protéica comum apresenta as seguintes características:

- Baixa velocidade de extinção;
- Baixo tempo de vida em estoque;
- Em geral, não são compatíveis com o pó químico;
- Possuem alto grau de sedimentação.

2.12.2 Espuma Fluoroproteica

Derivada da proteínica comum, exceto (pela adição de um surfactante fluorado) quanto a sua formulação. O surfactante melhora a fluidez da espuma nas superfícies de líquidos inflamáveis, além de torná-lo mais resistente ao fogo e à reiginição, não formando, entretanto, o filme aquoso. Proporciona uma extinção bem mais rápida do fogo que a espuma proteínica comum. Também não deve ser utilizado no combate a incêndios envolvendo solventes polares. (MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA, 1992)

Segundo o autor acima citado, esta espuma foi produzida com o objetivo de se obter uma espuma de base protéica, cuja extinção, mais rápida, fosse compatível com o uso de pó químico, principalmente para o atendimento das exigências dos Aeroportos. Entretanto, até 1983, a NFPA e a ICAO (International Civil Aviation Organization) não reconheceram as vantagens em usar a espuma fluoroproteínica em aeroportos.

O mesmo autor ainda confirma que, as diferenças mais importantes em relação à espuma proteínica comum são conseqüências da adição de surfactantes fluorados, porém o custo/kg é maior. As diferenças mais importantes em relação à espuma de proteínica comum são:

- Maior velocidade de extinção do incêndio;
- Maior tempo de vida em estoque.

2.12.3 Espuma Proteínica Resistente a Solventes Polares

Obtida a partir de proteínas que são misturadas a produtos especiais que aumentam a estabilidade da espuma contra solventes polares. Pode ser usado tanto em incêndios em líquidos polares como não polares. Por este motivo é chamado de “polivalente”. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

As espumas resistentes a Álcool e a Solventes Polares de base proteínica podem também ser utilizadas para a formação de tapete de espuma para

aterisagem forçada de aeronaves, porém, a técnica de formação de tapete de espuma não é mais utilizada em função da relação custo/benefício não serem satisfatórios. (MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA, 1992)

2.12.4 Espuma Sintética Comum

Produzida a partir de substâncias sintéticas. Pode ser usada em baixa expansão, média expansão, alta expansão e também como água molhada. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

2.12.5 Espuma Sintética de Baixa Expansão

Espuma pesada e resistente, para incêndios intensos e para locais não confinados. É a maneira de aplicação mais rápida e eficiente da espuma sintética comum. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996).

2.12.6 Espuma Sintética de Média Expansão

Mais leve que a baixa expansão e mais resistente que a espuma de alta expansão. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996).

2.12.7 Espuma Sintética de Alta Expansão

Caracteriza-se por sua grande expansão, por causar um mínimo de danos, não ser tóxica e necessitar de pouca água e pressão para ser formada. É ideal para inundação de ambientes confinados (porões, navios, hangares). Nestes locais, deve haver ventilação para que a espuma se distribua de forma adequada. Sem ventilação, a espuma não avança no ambiente. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

O uso da espuma de alta expansão em espaços abertos é eficiente, mas depende muito da velocidade do vento no local. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

A espuma não é tóxica, mas a entrada do bombeiro dentro dela é perigosa, pela falta total de visibilidade. Não se deve esquecer que a espuma produzida próxima ao local do fogo pode estar com ar contaminado pelas substâncias tóxicas geradas pela combustão. Assim, o bombeiro deve usar aparelhos de respiração autônoma para entrar na espuma, bem como um cabo guia.

Quanto maior a taxa de expansão, mais leve será a espuma e menor será sua capacidade de resfriamento. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

2.12.8 Espuma Sintética “Água Molhada”

Trata-se de uma espuma com LGE em proporção de 0,1 a 1% na pré-mistura, aplicado com esguicho regulável ou universal. É um agente umectante. Nesta proporção, há baixa tensão superficial (menor distância entre as moléculas da água), permitindo maior penetração em incêndios classe A. Outra aplicação para a espuma sintética “água molhada” se dá como agente emulsificador, para remoção de graxas e óleos (lavagem de pista, por exemplo). (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

2.12.9 Espuma Sintética “Água Leve” (AFFF)

O AFFF (Filme Aquoso Formador de Espuma) é uma espuma sintética, composta por surfactantes fluoretados sintéticos, agentes espumantes e estabilizadores usados principalmente em baixa expansão. Forma uma película aquosa que permanecerá sobre a superfície do combustível, apagando o fogo e impedindo a reignição. O AFFF tem uma tensão superficial excepcionalmente baixa. Isto lhe dá possibilidade de molhar a superfície de combustíveis hidrocarbonetos. Se esta for aplicada na superfície desses combustíveis, espalha-se formando uma camada que embora seja invisível, é, contudo, eficiente na redução de vapor inflamável dissipado, e na retenção de combustível. Aplicada como espuma de baixa expansão, o AFFF desliza na superfície do combustível de maneira adequada para a formação da película. A espuma também pode ser aplicada de uma forma um pouco mais espessa, deste modo cada área da espuma sobre o combustível atua como um núcleo a partir do qual a película pode espalhar-se. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

É compatível com o pó químico, isto é, pode haver ataque a incêndio utilizando os dois agentes extintores ao mesmo tempo. O AFFF (água leve) não se presta à alta ou média expansão. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

Segundo o mesmo autor, as principais diferenças em relação às espumas de proteína e fluoroproteica são:

- Velocidade de extinção altíssima;
- Tempo de vida em estoque superior a 20 anos;
- Total compatibilidade com pó químico;
- Testados e aprovados para uso em injeção subsuperficial;
- Não apresentam sedimentação;
- Maior eficiência em incêndios de classe “A”.

2.12.10 Espuma Sintética Resistente a Álcool e outros Líquidos Solventes Polares

Por serem solúveis em água, espumas normais, baseada em água, desfazem-se quando são descarregadas na superfície desses líquidos. As espumas resistentes a álcool e outros líquidos solventes polares superam esta dificuldade, mediante a incorporação de um material que serve para formar uma barreira insolúvel entre as bolhas de espuma e a superfície do líquido inflamável. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

Para o autor acima citado, esta espuma presta-se para o combate a incêndio envolvendo líquidos polares e não polares.

2.13 Aplicação da Espuma

A melhor maneira de aplicar a espuma é lançá-la contra uma superfície sólida (anteparo, borda do tanque, parede oposta ou outro obstáculo) de maneira que a espuma escorra, cobrindo o líquido em chamas. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

Se o líquido estiver derramado no solo (poças), deve-se, inicialmente, fazer uma camada de espuma à frente do fogo, empurrando-a em seguida, o jato deve atingir toda a extensão da largura do fogo, em movimentos laterais suaves e contínuos. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

Não se deve jogar “espuma contra espuma”, porque a cobertura será destruída e não se deve jogar espuma diretamente contra a superfície de um líquido que esteja se incendiando, porque o calor e o fogo irão destruí-la. Para se aplicar a espuma eficientemente, deve-se formar uma camada com pelo menos 8 cm de altura sobre o líquido inflamado. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

Para o mesmo autor, afim de que haja uma boa formação e utilização da espuma, algumas regras básicas devem ser obedecidas:

- Usar o LGE adequado ao combustível que está queimando;

- Quanto mais suave for a aplicação da espuma, mais rápida será a extinção e menor a quantidade de LGE necessária;
- As faixas de pressão de trabalho dos dispositivos de dosagem e formação deverão ser observadas. Normalmente os esguichos trabalham a uma pressão de 5 kg/cm²;
- A espuma deve ser considerada idêntica à água quando usada em incêndios em equipamentos energizados e em substâncias que reajam violentamente com a água;
- A espuma deve cobrir toda a superfície do combustível, fazendo uma vedação perfeita, especialmente nos combustíveis altamente voláteis e nos solventes polares;
- A dosagem da pré-mistura (proporção água-LGE) deve obedecer às especificações do LGE;
- O esguicho utilizado deve ser compatível com o proporcionador. A vazão nominal do proporcionador não pode ser maior que a do esguicho e nem menor;
- Antes de iniciar o trabalho, deve-se ter certeza de que há LGE e água suficientes.

2.14 Técnicas de Aplicação da Espuma

Existem várias técnicas para a aplicação de espumas em incêndios, são elas:

- a) Usando um anteparo;
- b) Rolagem;
- c) Dilúvio.

2.14.1 Usando um Anteparo

Deve-se tomar o cuidado de se aplicar a espuma de forma suave. Para um jato sólido, a espuma deve ser direcionada a um anteparo (como um muro, por exemplo) antes de chegar às chamas, a fim de se reduzir sua velocidade. (GUIA DE

ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007)

2.14.2 Rolagem

A espuma também pode rolar para a superfície do combustível fazendo com que o jato atinja o chão antes de chegar ao derramamento. Isso faz com que a espuma se acumule e em seguida role para o incêndio. (GUIA DE ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007)

2.14.3 Dilúvio

O esguicho de espuma é lançado para cima até que atinja sua altura máxima e se desfaça em várias gotas. O operador do esguicho deve ajustar a altura do jato, para que a espuma caia em cima da área do derramamento. Essa técnica pode extinguir o incêndio rapidamente. (GUIA DE ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007)

2.15 Direcionamento do Jato de Espuma

Nunca deve-se direcionar o jato de espuma diretamente contra a chama, pois, pode fazer com que o combustível se espalhe. Se existir uma cobertura de espuma, o jato direto pode quebrá-la, permitindo que gases inflamáveis escapem. Isso geralmente resulta na propagação do incêndio, ou numa reignição do combustível, ou ainda, que as chamas aumentem. Geralmente, o fogo irá diminuir ou se apagar assim que o jato direto ao foco do incêndio foi interrompido. (GUIA DE ESPUMA

PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007)

Se o esguicho é do tipo jato regulável, o jato neblina deve ser usado para produzir uma aplicação mais suave e reduzir a mistura da espuma com o combustível. (GUIA DE ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007)

Para o mesmo autor, somente como último recurso, um jato sólido e direto deve ser aplicado no centro do derramamento. Nessas condições, a eficiência da espuma será de 1/3 ou menos, em relação aos demais métodos recomendados. Evite usar jatos de água de forma que possam quebrar uma cobertura de espuma. O jato de água pode ser usado na refrigeração das áreas próximas, ou no jato neblina para diminuição do calor irradiado pelas chamas. Porém, não direcione o jato de água para onde uma cobertura de espuma foi feita ou está sendo aplicada.

2.16 Dosagem de Líquido Gerador de Espuma para Fazer a Mistura

Os LGE's são feitos para serem misturados com água em proporções específicas.

Concentrados de 6% são misturados a uma proporção de 94 partes de água para 6 partes de LGE. Uma "pré-mistura" de líquido gerador de espuma com água, para fazer 100 litros de solução de espuma, mistura-se 6 litros de LGE, com 94 litros de água. Quando estiver utilizando a espuma de 3 %, mistura-se 3 litros de LGE com 97 litros de água. Uma vez misturada proporcionalmente com água, as soluções de espuma resultantes de 3% e 6% são virtualmente as mesmas. Entretanto, a solução de espuma de 3% é mais concentrada que a de 6%, e por esse motivo, requer menos solução para produzir o mesmo resultado. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

A tendência natural das organizações de Bombeiro Militar e das indústrias é a redução ao máximo da dosagem dos LGE's, ou seja, utilizar a menor quantidade de concentrado possível para o mesmo volume de água. (GUIA DE ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007)

Diminuir essa porcentagem permite que o usuário necessite de um espaço menor para armazenar o LGE. Alterando de 6% para 3%, pode-se até dobrar a capacidade de combate a incêndio carregando o mesmo volume, ou ainda, cortar o suprimento de espuma pela metade sem comprometer a capacidade de combate. Diminuir a proporção ainda permite que seja reduzido o custo dos componentes do sistema de espuma e o transporte de LGE. (GUIA DE ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007)

Espumas polivalentes (resistentes ao álcool) que tem em seu rótulo dois valores de dosagem fora criadas para serem misturadas em qualquer uma das proporções. Por exemplo, um LGE 3% x 6% pode ser usado em combustíveis de hidrocarbonetos a 3% e em solventes polares a 6%. Isso ocorre devido à quantidade de ingrediente ativo que cria uma cobertura de espuma com resistência ao álcool. (GUIA DE ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007)

Os agentes umidificantes e os LGE's classe A são misturas menos complexas, de ingredientes que tem proporções menores que 1%, tipicamente de 0,1% a 1,0%. Uma mistura com a proporção de 0,5% corresponde a meio litro de LGE adicionado a 99,5 litros de água. (GUIA DE ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007)

2.17 Equipamentos

A qualificação dos recursos humanos do Corpo de Bombeiros é de extrema importância para a eficiência e a eficácia nos serviços prestados, mas somente isto não basta. Para o uso das espumas no combate e extinção de incêndios, sem os equipamentos essenciais para a geração de espumas, torna-se impossível realizar o trabalho com a utilização de espumas.

2.17.1 Pro Pak

O Pro Pak, fabricado pela empresa americana Task Force Tips é um “dosador” de LGE das classes A e B indistintamente, nas proporções que variam de 0,1 a 6 %. Equipado com três tipos distintos de esguichos: tronco cônico para maior alcance, de média expansão para formar parcialmente a espuma e o de alta expansão. Pode trabalhar com pressões variando de 2 a 40 bar. Em relação a pressão de entrada, esta poderá estar entre 40 e 500 psi (275,862 a 3448,275 kPa), enquanto que a vazão nominal a 100 psi (689,655 kPa) é de 12 gpm (45,456 litros por minuto).

Figura 02



Figura 03



Figura 04



2.17.2 Proporcionador “Entrelinhas”

Colocado numa linha de mangueira para adicionar o LGE à água para o combate a incêndio. O proporcionador “entrelinhas” dispõe de dispositivo “venturi”, que succiona o LGE e possui válvula dosadora, com graduação variando de 1 a 6%, para ser usada conforme o tipo de LGE. Pode ser usado entre dois lances de mangueiras, diretamente da expedição da bomba ou junto ao esguicho. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

Quando for feita a utilização do equipamento, deve-se observar a diferença de altura e a distância entre ele e o equipamento formador de espuma. Os equipamentos não devem estar em desnível superior a 4,5m e a uma distância superior a 45m. Sob pena de prejudicar a formação da espuma, a pressão de entrada no proporcionador deve ser 100 psi (7 kgf/cm²) e nunca inferior a 75 psi (5 kgf/cm²). (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

Figura 05



2.17.3 Esguicho Lançador de Espuma

O esguicho gera espuma de baixa expansão, possui um dispositivo que arrasta o ar para o seu interior, adicionando-o à pré-mistura. Esta mistura irá sofrer um batimento que dará como resultado a espuma. Para fazer a pré-mistura, é necessário um proporcionador compatível com o esguicho, ou seja, a vazão do proporcionador deve ser igual a do esguicho. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

Figura 06



(CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996).

2.17.4 Esguicho Proporcionalizador de Espuma

O esguicho já possui o proporcionador em seu corpo. Possui dois dispositivos “venturi”, um para sucção do LGE e outro para aspiração do ar. Gera espuma de baixa expansão. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

Figura 07



(CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996).

2.17.5 Esguicho Monitor

A característica mais marcante do esguicho monitor é sua grande vazão, acima de 800 litros por minuto, de pré-mistura e é abastecido por duas ou mais linhas siamesas. Normalmente encontra-se montado na viatura. Produz espuma de baixa expansão. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1997)

Figura 08



(CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996).

2.17.6 Esguicho para Média Expansão

Próprio para produzir espuma de média expansão. No interior do esguicho, ocorre o batimento através da projeção da pré-mistura contra uma tela, formando a espuma.

Figura 09



(CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996).

2.17.7 Gerador de Alta Expansão

Constituído de uma tela, onde é lançada a pré-mistura, e de uma hélice, que funciona como ventilador, projetando uma corrente de ar também sobre a tela e a pré-mistura, formando a espuma. A hélice pode ser movida hidráulicamente, ou seja, pelo próprio jato, ou movida por um motor elétrico ou à explosão. Este equipamento foi durante muito tempo utilizado pelos quartéis de Bombeiros de Aeródromo, possuía a finalidade de formar uma película de espuma sobre a pista de pouso de aeronaves em situações que as aeronaves realizassem pouso de emergência. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

Figura 10



(CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996).

2.18 Cuidados na Utilização da Espuma e LGE

Nunca utilizar espuma em extinção de incêndios classe C; jamais utilizar espuma em materiais que reajam com a água; os líquidos geradores de espumas (LGE's) diferentes não devem ser misturados, pois a mistura prejudica a formação da espuma; alguns pós químicos são incompatíveis com espuma; se forem utilizados conjuntamente, pode ocorrer a destruição da espuma; os equipamentos devem ser limpos com água, após o uso; deve-se testar periodicamente os equipamentos utilizados com espuma; o LGE deve ser armazenado em recipientes hermeticamente fechados, em ambientes que não excedam a temperatura de 45°C e não recebam raios solares diretamente; recipientes de LGE proteínicos, quando armazenados, devem ser inspecionados visualmente a cada 6 meses, e, a cada inspeção, invertidos, a fim de evitar sedimentação; quando realizar o combate a incêndios com espuma, sempre fazê-lo com o uso de equipamentos de proteção respiratória (EPR); quando realizar a compra de LGE sempre verificar as orientações do fabricante quanto ao uso e armazenagem. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996)

2.19 Espuma para Incêndios Classe “A”

Utilizada com combate a incêndios classe A, a espuma é uma mistura de agentes espumas e agentes umidificantes adicionados a um solvente não-inflamável. Comumente usada em baixas concentrações, entre 0,1% a 1% por volume de água. (GUIA DE ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007)

2.19.1 Processo de Extinção do Fogo

A espuma para incêndios classe A extingue o fogo isolando o combustível, reduzindo sua temperatura e eliminando o suprimento de oxigênio. O mais comum método de extinção é o uso de água para refrigeração e absorção do calor. Relativamente abundante, a água é fácil de utilizar, e capaz de absorver grande quantidade de calor, transformando-o em vapor. (GUIA DE ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007)

A espuma suprime incêndios classe A, através dos seguintes processos: espalha a água sobre o combustível classe A; lentamente libera água; adere a si mesma; penetra no combustível. (GUIA DE ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007)

2.19.2 Aplicação da Espuma

Espumas para combate a incêndios classe A podem ser usadas como um meio extintor, ou como barreira ao fogo. (GUIA DE ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007).

Para o mesmo autor, a espuma é um agente umidificante que age através da redução da tensão superficial da água. A elevada tensão superficial da água faz com que ela não infiltre no material em combustão e não absorva o calor. A solução de espuma reduz o problema, pois reduz a tensão superficial. Isso permite que a água penetre na superfície em chamas, absorva o calor e resfrie o ambiente muito mais rápido e com menor quantidade de água.

2.20 Vantagens da Espuma para o Combate e Extinção de Incêndios Classe “A”

Embora a nova geração de espuma para combate a incêndios classe A fosse formada originalmente em meados de 1980, a experiência prática em incêndios florestais, tem mostrado a espuma como uma valiosa ferramenta para o combate manual a outros tipos de combustíveis classe A. (COLLETI, Dominic J. Class A Foam: Q & A. Disponível em < www.haleproducts.com/Main/Downloads,342.aspx >. Acessado no dia 15 de junho de 2007).

A redução das exigências logísticas em operações e a eficiência da espuma classe A na área de incêndio, tornou seu uso praticável em operações de combate a incêndio urbano. (COLLETI, Dominic J. Class A Foam: Q & A. Disponível em < www.haleproducts.com/Main/Downloads,342.aspx >. Acessado no dia 15 de junho de 2007).

2.20.1 Pontos Positivos da Aplicação da Espuma

A utilização da espuma no combate e extinção de incêndios traz algumas vantagens que melhoram a eficiência no combate, tornando-a um forte aliado, além de não agredir ao meio ambiente.

Entre as vantagens estão:

- a) Diminui a tensão superficial da água;
- b) Aumenta a eficiência da água como agente de absorção de calor;
- c) Não agride o meio ambiente por ser biodegradável;
- d) Reduz o tempo de combate e extinção do incêndio;
- e) Protege do fogo estruturas que estejam no seu caminho;
- f) Torna desnecessário o rescaldo do incêndio.

2.20.1.1 Redução da Tensão Superficial da Água

A água possui limitações inerentes em refrigerar combustíveis classe A através da penetração, devido a sua alta tensão superficial. (COLLETI, Dominic J. Class A Foam: Q & A. Disponível em < www.haleproducts.com/Main/Downloads,342.aspx >. Acessado no dia 15 de junho de 2007).

Se comparado com a água, que possui uma tensão superficial de 72 dina/cm, a espuma, se estiver a uma concentração de 1.0%, possui uma tensão superficial de 23.99 dina/cm, estando em uma concentração de 0.3%, a tensão superficial será de 25.13dina/cm. (MAGFOAM, LLC. Advantage, Class A Foam Concentrate Product Data Sheet. Disponível em < <http://www.robwen.com/advantagespecs.htm> >. Acessado no dia 15 de junho de 2007).

Para Figueredo, Ribeiro, Sabadini (1998), espumas do tipo AFFF podem ser aplicadas em incêndios classe A, pois a baixa tensão superficial do líquido drenado, cerca de 15 dina/cm, possibilita a umectação do material incendiado, penetrando sob as superfícies expostas e extinguindo os focos de fogo.

2.20.1.2 Melhor Eficiência da Água como Agente de Absorção de Calor

A espuma para incêndios aumenta a eficiência da água, agente fundamental para a formação da espuma, absorve 3 vezes mais calor do que a água. (GUIA DE ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007).

A eficiência da água em incêndios esta diretamente relacionada ao seu efeito refrigerador, para Figueredo, Ribeiro, Sabadini (1998), o calor de vaporização provocado pela água é de 40,66 kJ.mol⁻¹, o qual remove o calor do processo de combustão e resfria o material em chamas.

Se comparado com o calor de vaporização provocado pela água, a espuma AFFF provoca um calor de vaporização de 121,98 kJ.mol⁻¹, a remoção do calor do

processo de combustão e resfriamento do material em chamas tem um ganho significativo quando comparado.

2.20.1.3 A Espuma é Biodegradável, Não Agredindo ao Meio Ambiente

Um outro ponto positivo das espumas para incêndios classe A é que, como se sabe tecnicamente, a espuma é um surfactante formado por hidrocarbonetos, e quanto misturado com a água nas relações recomendadas, é biodegradável, não agredindo o meio ambiente. Por ser um surfactante formado por hidrocarbonetos, a espuma também tem afinidade com o carbono e faz com que a espuma penetre facilmente nos combustíveis de madeira. (COLLETI, Dominic J. Class A Foam: Q & A. Disponível em < www.haleproducts.com/Main/Downloads,342.aspx >. Acessado no dia 15 de junho de 2007)

2.20.1.4 Redução do Tempo de Combate ao Incêndio

A maior parte dos sinistros atendidos pelas organizações de bombeiro, quando relacionadas a incêndios, correspondem a incêndios da classe A. Partindo desse ponto de vista, métodos corretos de aplicação da espuma melhoram a capacidade de combate e extinção de incêndios.

Se aplicada corretamente, a espuma torna-se uma ferramenta eficaz, diminuindo o tempo do combate ao fogo e conseqüente a exposição do combatente ao incêndio. Com isto, alguns benefícios podem ser atingidos como: aumento da segurança do bombeiro que realiza o combate, aumento da eficiência na operação e redução dos danos materiais. (COLLETI, Dominic J. Class A Foam: Q & A. Disponível em < www.haleproducts.com/Main/Downloads,342.aspx >. Acessado no dia 15 de junho de 2007)

Na maioria das ocorrências, usar a água com eficiência significa reduzir o tempo total de extinção, e como efeito principal, diminuir o stress causado ao bombeiro devido ao tempo de exposição ao calor, outra conseqüência é a

diminuição dos produtos tóxicos gerados pela combustão. (COLLETI, Dominic J. Class A Foam: Q & A. Disponível em < www.haleproducts.com/Main/Downloads,342.aspx >. Acessado no dia 15 de junho de 2007)

O mesmo autor complementa ainda que, devido a um controle mais rápido das chamas, menos água pode ser necessária para extinguir o incêndio ao usar espuma. Isto pode ajudar a reduzir os danos totais do fogo e da água, conseqüentemente, reduz também o impacto ambiental e financeiro do incêndio à comunidade.

2.20.1.5 Proteção de Estruturas que Estejam no Caminho do Fogo

Em situações de incêndio, evitar que o mesmo se propague para outros compartimentos torna-se uma tarefa de grande importância, afim de diminuir possíveis prejuízos. Aliado a necessidade de evitar a propagação das chamas, a espuma também pode ser utilizada para frear o incêndio.

Uma vantagem ligada a utilização da espuma é a capacidade da espuma em cobrir estruturas que estejam no caminho do fogo. Isso previne que a estrutura chegue ao ponto de pegar fogo. Essa cobertura é capaz de prevenir que brasas transportadas pelo vento iniciem um novo incêndio. Devido à capacidade da espuma de aderir a superfícies, mesmo que verticais, esta técnica pode ser utilizada para frear o incêndio cobrindo estruturas antes que o fogo chegue. Esta cobertura tem a capacidade de aumentar a umidade de uma área, impedindo que o fogo se alastre. (GUIA DE ESPUMA PARA BOMBEIROS E BRIGADISTAS, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007)

2.20.1.6 Desnecessidade do Rescaldo do Incêndio

Quando a espuma é utilizada de forma adequada, cobrindo todo o fogo e o material que queima, faz-se desnecessário o rescaldo do sinistro, pois a umidade da espuma evita a necessidade desta tarefa. (SECCO, 1982)

2.20.2 Custos da Utilização da Espuma

A espuma é geralmente utilizada a uma concentração de 0.3% a 0.5% quando usada para ataques diretos, ou seja, para tanques de 5000 litros (comum em viaturas do tipo auto bomba tanque), quando a mistura for de 0.5%, faz-se necessário somente 25 litros de líquido gerador de espuma. Esta relação, proporcionalmente baixa quando comparada com a utilização da espuma no combate a incêndios classe B, e a eficiência em tornar a água um agente mais eficaz no combate a incêndios, tornam a espuma vantajosa. (COLLETI, Dominic J. Class A Foam: Q & A. Disponível em <www.haleproducts.com/Main/Downloads,342.aspx>. Acessado no dia 15 de junho de 2007)

Para o mesmo autor, cada unidade deve preparar um estudo dos custos requeridos na execução/operação (preparo das equipes que forem usar as espumas, através de equipamentos adequados, e o efetivo uso da espuma). Estes custos devem então ser pesados de encontro aos benefícios potenciais, à operação total de extinção do fogo e à comunidade atendida.

Durante o projeto e execução do trabalho monográfico, pesquisas foram feitas com a finalidade de verificar o custo do líquido gerador de espuma (L.G.E.). Devido a inúmeras variedades de marcas de L.G.E., o preço varia muito, ficando entre R\$ 200,00 à R\$300,00, para a compra de um galão de 20 litros.

3. METODOLOGIA

3.1 Perspectiva do Estudo

O presente trabalho caracterizou-se como sendo uma pesquisa bibliográfica de cunho qualitativo e de natureza exploratória. (LUCIANO, 2001)

No desenvolvimento dessa pesquisa buscou-se os mais diversos meios de consultas, extraindo e interpretando cuidadosamente os materiais bibliográficos e matérias publicadas, bem como, na internet através de sites que se relacionam ao tema escolhido.

Compreende-se que o objetivo foi atingido no tocante da curiosidade exposta em relação as vantagens da espuma quando utilizada para o combate e extinção de incêndios da classe A, no entanto, devido ao restrito número de autores e empresas que escrevem sobre o assunto, o trabalho não contou com um elevado número de referencias.

3.2 Delimitação da Pesquisa

Em nenhum momento fez-se necessário a readequação da monografia, apesar de todas às dificuldades encontradas no decorrer da elaboração da pesquisa.

Tipos de dados: foram dados secundários; Forma de coleta: pesquisa bibliográfica; Análise dos dados: interpretação dos dados qualitativamente.

3.3 Limitações da Pesquisa

Tratando-se de um assunto novo, a maior dificuldade encontrada foi a falta de bibliografias sobre o mesmo. Sendo uma pesquisa estritamente bibliográfica, o instrumento de coleta através de pesquisa de campo não foi utilizado.

A pesquisa teve seu tempo hábil para a conclusão do assunto, não ficando prejudicada em virtude do tempo, embora, as bibliografias referentes ao assunto na atualidade consistem em artigos nacionais e internacionais, revista técnicas, manuais de empresas interessadas na venda do produto e bibliografias de autores que trabalham com a área de combate a incêndios.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como tema **Espuma de combate a incêndio: análise das vantagens da espuma no combate a incêndios classe A**, onde desta forma este capítulo tem como propósito responder a questão problema e realizar a confirmação do objetivo geral e específicos.

Em relação a questão problema, inicialmente no trabalho citado como: **Quais as vantagens da espuma para combate a incêndios, quando utilizada em incêndios classe A**, considerando que foi realizado todo um estudo bibliográfico, afim de verificar as mais importantes vantagens para o combate e extinção de incêndios, foram apresentadas 6 principais vantagens para as operações de combate e extinção de incêndios. Todas as vantagens apresentadas comprovam que a espuma torna a atividade de combate e extinção de incêndios mais eficaz, diminuindo principalmente o tempo total de combate quando comparada com a água, o que reduz sensivelmente os danos causados tanto pelo fogo quando pela fumaça ao sinistro.

Considerando a proposta deste capítulo, outro item a ser meditado neste momento foi o objetivo geral: **Analisar as vantagens da espuma quando utilizada para o combate e extinção de incêndios classe A**, onde foi comprovada a melhor qualidade e algumas vantagens da espuma, tanto para a mistura com a água, como para o próprio êxito do combate ao fogo. Para todas as vantagens que foram apresentadas, foi feita uma breve análise acerca de cada uma, trazendo comparações e avaliações.

Por fim, em relação aos objetivos específicos, que foram:

- Realizar uma revisão bibliográfica acerca de assuntos relacionados a espumas de combate a incêndios, em especial as espumas para combate a incêndios classe A;
- Analisar as qualidades da espuma no combate a incêndios classe A;
- Propor sugestões, a partir da análise dos dados obtidos, para a utilização da espuma na rotina de combate e extinção de incêndios classe A.

Relacionando com os objetivos específicos, foi possível avaliar que toda a bibliografia analisada apresentou dados que conferem a eficiência da espuma

quando comparada a água, além de conseguir transmitir com satisfação todos os objetivos específicos.

4.1 Sugestões e Recomendações

Conforme dados obtidos durante o estudo:

- Os benefícios gerados pela utilização da espuma devem ser comparados com os custos requeridos pela operação, para somente, após uma análise completa, optar por ativar ou não a utilização da espuma no combate ao fogo;

- Após a efetiva decisão de comprar equipamentos de espuma classe A e iniciar operações de combate com espuma, um programa de treinamentos deve ser iniciado, onde estejam incluídos:

a) treinamento de operação e manutenção de equipamentos de espuma; procedimentos para a concentração ideal da espuma;

b) um procedimento operacional padrão deve ser implantado afim de detalhar quando e como a espuma de ser utilizada;

c) simulados específicos devem ser realizados;

d) treinamentos com fogo vivo devem ser realizados, seguindo os padrões da NFPA, incluindo a NFPA 1403.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Corpo de Bombeiros da PMESP. **Manual de Fundamentos do Corpo de Bombeiros**, Volumes 1, 2, 7 e 14. São Paulo: Scriptum: 1996.
2. OLIVEIRA, Marcos de. **Manual de Estratégias, táticas e técnicas de combate a incêndios estruturais**. Florianópolis: Editora Editograf, 2005.
3. LUCIANO, Fábila Liliã. **Metodologia Científica e da Pesquisa. Série Interdisciplinar**. Volume 1. Criciúma: Edição do Autor, out. 2001.
4. OLIVEIRA, Marcos de. **Estudo Sobre Incêndios de Progresso Rápido**. Monografia para obtenção do Grau de Especialista em Planejamento e Gestão em Defesa Civil, nov. 2005.
5. SECCO, Orlando. **Manual de Prevenção e Combate de Incêndios**. 3ª Edição. Volumes 1 e 2. São Paulo, 1986.
6. Ministério da Aeronáutica. **Estágio de Adaptação de Bombeiros para Aeródromos**, 1ª Edição. Rio de Janeiro, ago. 1992.
7. MENDES, Hermano M. **Espumas contra Incêndios**. Rio de Janeiro, out. 1981.
8. Wormald Resmat Parsch. **Espuma para Combate a incêndio**. Vinhedo, 1985.
9. FIGUEREDO, Rita C. R.; RIBEIRO, Fabiana A. L.; SABADINI, Edvaldo. **Ciência de Espumas – Aplicação na Extinção de Incêndios**. Campinas, 1998.
10. MAGFOAM, LLC. **Advantage, Class A Foam Concentrate Product Data Sheet**. Disponível em < <http://www.robwen.com/advantagespecs.htm> >. Acessado no dia 15 de junho de 2007.
11. COLLETTI, Dominic J. **Class A Foam: Q & A**. Disponível em < www.haleproducts.com/Main/Downloads,342.aspx >. Acessado no dia 15 de junho de 2007. 14.
12. WIKIPÉDIA, disponível em: <<http://www.wikipedia.org/>>. Acesso em: 25 junho 2007.
13. Kidde Brasil. Guia de Espuma para Bombeiro e Brigadistas, disponível em: <<http://www.kidde.com.br/>>. Acesso em: 25 junho 2007).
14. OLIVEIRA, Marcos de. Introdução à dinâmica do fogo – Parte 2. Apostila da disciplina de ciências do fogo. UNIVALI. Florianópolis, 2007.