

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA
DIRETORIA DE ENSINO
CENTRO DE ENSINO BOMBEIRO MILITAR-CEBM
ACADEMIA BOMBEIRO MILITAR**

DANIEL TORQUATO ELIAS

**ESTUDO SOBRE OS LÍQUIDOS GERADORES DE ESPUMA NO COMBATE A
INCÊNDIOS CLASSE "B": UMA AVALIAÇÃO ACERCA DOS CONHECIMENTOS
TÉCNICOS ENTRE OS BOMBEIROS DO 1º E 10º BATALHÕES DE BOMBEIROS
MILITARES DE SANTA CATARINA**

**FLORIANÓPOLIS
ABRIL 2014**

Daniel Torquato Elias

**Estudo sobre os Líquidos Geradores de Espuma no Combate a Incêndios Classe "B":
Uma Avaliação acerca dos Conhecimentos Técnicos entre os Bombeiros do 1º e 10º
Batalhões de Bombeiros Militares de Santa Catarina**

Monografia apresentada como pré-requisito
para conclusão do Curso de Formação de
Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de
Santa Catarina.

Orientador: Tenente BM Fernando Ireno Vieira

**Florianópolis
Abril 2014**

CIP – Dados Internacionais de Catalogação na fonte

- E42e Elias, Daniel Torquato
Estudo sobre os Líquidos Geradores de Espuma no Combate a Incêndios Classe "B" : Uma Avaliação acerca dos Conhecimentos Técnicos entre os Bombeiros do 1º e 10º Batalhões de Bombeiros Militares de Santa Catarina . / Daniel Torquato Elias. -- Florianópolis : CEBM, 2014.
75 f. : il.
- Monografia (Curso de Formação de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Centro de Ensino Bombeiro Militar, Curso de Formação de Oficiais, 2014.
Orientador: Tenente BM Fernando Ireno Vieira.
1. Líquido Gerador de Espuma . 2. Ciência do fogo . 3. Incêndio classe "B". 4. Líquidos inflamáveis. II. Título.

CDD 363.375

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Luciana, esposa e companheira, sempre bela e graciosa a qual me acompanhou nessa jornada que foi o Curso de Formação de Oficiais Bombeiros Militar.

A minha mãe que nunca deixou de me apoiar. Sem ela a jornada teria sido muito mais difícil.

A todos os amigos e colegas do curso de formação de oficiais que de alguma maneira me ajudaram a crescer como pessoa.

Ao amigo, cujo coração não cabe no peito, Marcelo Pereira, que no início da formação gentilmente me dava carona para a Academia Bombeiro Militar, apesar de ter que desviar de seu caminho.

Aos amigos Guilherme Cesário Müller Pereira, Guilherme Bisol e Michel Pires de Araújo com os quais desenvolvi uma afinidade especial com o passar do tempo.

Ao meu orientador, Fernando Ireno Vieira, que apesar de comandar uma Companhia Bombeiro Militar ainda no posto de 2º tenente, aceitou me orientar e ainda arrumou tempo para tal.

Ao Capitão BM George de Vargas Ferreira, pelo aconselhamento em diferentes etapas desse trabalho.

Aos bombeiros militares que gentilmente preencheram os formulários de pesquisa possibilitando a coleta de dados;

E, finalmente, a todos que participaram, direta ou indiretamente, desta conquista.

“Algumas pessoas sentem a chuva, outras apenas se molham.”

Roger Miller

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de levantar dados sobre a ciência do fogo, sobre incêndios em líquidos inflamáveis (classe “B”) bem como o uso de líquidos geradores de espuma no combate a incêndios classe “B”. Também verificar, através da aplicação de questionário, se os bombeiros do 1º e 10º Batalhões de Bombeiros Militares de Santa Catarina, possuem os conhecimentos técnicos para a aplicação dos líquidos geradores de espumas em incêndios classe “B”. Foi realizado um levantamento bibliográfico onde se consultaram apostilas, revistas, manuais, dissertações.

Para obtenção de dados para a pesquisa foi aplicado um questionário de 15 questões de múltipla escolha, num total de 174 participantes.

Na conclusão foi feita uma reflexão acerca dos resultados dos dados coletados, onde percebeu-se que o bombeiros militares necessitam de mais qualificação quanto ao uso de LGE. Finalmente faz sugestões Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina com base nos resultados obtidos.

Palavras chave: Líquido Gerador de Espuma (LGE). Ciência do fogo. Incêndio classe “B”. Líquidos inflamáveis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tetraedro do fogo.....	17
Figura 2 - Mecanismo de ignição do combustível sólido.....	18
Figura 3 - Mecanismo de ignição de combustível líquido.....	18
Figura 4 - Mecanismo de ignição de combustível gasoso.....	18
Figura 5 – Representação gráfica das classes de incêndios.....	22
Figura 6 – Forma geométrica de como as espumas se arranjam.....	32
Figura 7 - Estrutura de uma espuma.....	33
Figura 8 – Tetraedro da espuma.....	34
Figura 9 – Esquema do funcionamento da espuma no combate a incêndios classe “B”.....	36
Figura 10 - Espuma atuando em solvente polar.....	41
Figura 11 – Taxa de expansão de uma espuma.....	42
Figura 12 – Aplicação de espuma na forma anteparo.....	43
Figura 13 - Aplicação de espuma na forma rolagem.....	44
Figura 14 - Aplicação de espuma na forma dilúvio.....	45
Figura 15 – Aplicação de espuma diretamente sobre o fogo.....	46
Figura 16 – Bombeiro usando o Pro Pak.....	47
Figura 17 - Esquema do entrelinhas e sucção pelo princípio Venturi.....	48
Figura 18 - Proporcionalador instalado entre duas linhas de mangueiras.....	49
Figura 19 – Esguicho proporcionalador de espuma.....	50
Figura 20 – Esguicho proporcionalador de espuma para canhão monitor.....	51
Figura 21 – Esguicho proporcionalador de espuma.....	52
Figura 22 – Esguicho para média expansão.....	53
Figura 23 - Extintor de espuma.....	54
Gráfico 1 – Sabe o que é LGE e para que ele serve?	59
Gráfico 2 – Já recebeu instrução sobre o uso de LGE?	60
Gráfico 3 – Tem conhecimento de que existe um LGE específico para o tipo de líquido que está em chamas (polar ou apolar)?	61
Gráfico 4 – Tem conhecimento de que existem tipos e classes de LGE?	62
Gráfico 5 – Sabe o porque não se deve lançar água no combate a líquidos inflamáveis?.....	63

Gráfico 6 – Tem conhecimento sobre as formas de aplicação das espumas (rolagem, dilúvio ou utilizando anteparo)?.....	64
Gráfico 7 – Se houvesse a oportunidade participaria de treinamento para combate a incêndio em líquidos inflamáveis com utilização de espuma?.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de líquidos inflamáveis e combustíveis, NBR 17505-1.....	26
Tabela 2 – Os sete tipos de LGE, NBR 15511.....	28
Tabela 3 – Número de participantes por posto ou graduação.....	56
Tabela 4 – Distribuição do tempo de serviço por graduação ou posto.....	57
Tabela 5 – Experiência profissional versus cursos e atualizações.....	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos.....	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
1.2 Metodologia.....	14
1.3 Estrutura do trabalho	15
2 CIÊNCIA DO FOGO	16
2.1 Conceitos de fogo e incêndio	16
2.2 Tetraedro do fogo	16
2.2.1 Combustível.....	17
2.2.1.1 Combustível sólido	17
2.2.1.2 Combustível líquido.....	18
2.2.1.3 Combustível gasoso	18
2.2.2 Comburente	19
2.2.3 Calor	19
2.2.4 Triângulo e tetraedro do fogo e reação em cadeia.....	20
2.3 Classificação dos incêndios	21
2.3.1 Incêndio classe “A”	21
2.3.2 Incêndio classe “B”	21
2.3.3 Incêndio classe “C”	21
2.3.4 Incêndio classe “D”	22
2.3.5 Incêndio classe “K”	22
2.4 Controle dos incêndios	22
2.4.1 Métodos de extinção.....	23
2.4.1.1 Retirada do material combustível.....	23
2.4.1.3 Abafamento.....	23
2.4.1.4 Quebra da reação em cadeia.....	24
2.5 Incêndios em líquidos inflamáveis	24
2.5.1 Aspectos técnicos dos líquidos inflamáveis	25
2.5.1.1 Diferença entre líquido inflamável e líquido combustível e suas classificações ..	25
3 LÍQUIDOS GERADORES DE ESPUMA	28

3.1 Classes de LGE	28
3.2 Tipos de LGE	28
3.3 Dados que devem constar na embalagem de qualquer LGE vendido no Brasil.....	30
3.4 Compatibilidade	30
3.5 A espuma: estrutura e comportamento	30
3.6 Tetraedro da espuma	33
3.7 Espuma de combate a incêndio	34
3.8 Espuma química versus espuma mecânica	34
3.9 Como funciona a espuma no combate a incêndios	35
3.10 Vantagens no uso das espumas.....	37
3.10.2 Aumento da eficiência da água como agente de absorção de calor.....	37
3.10.3 Biodegradabilidade da espuma	38
3.10.4 Proteção do fogo de estruturas que estejam no seu caminho	38
3.10.5 Desnecessidade de rescaldo.....	38
3.11 Classificação das espumas segundo sua composição química	38
3.12 Taxa de expansão das espumas	41
3.13 Forma de aplicação das espumas	42
3.14 Equipamentos para uso da espuma	46
3.14.1 Pro Pak.....	46
3.14.2 Proporcionadores	47
3.14.3 Esguichos para uso de LGE.....	49
3.14.4 Extintor de espuma	53
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS	55
4.1 Caracterização dos participantes do estudo.....	55
4.2 Conhecimentos sobre combate a incêndio, cursos e atualizações	56
4.3 Conhecimentos técnicos acerca do LGE.....	58
4.4 Treinamento para combate a incêndios em líquidos inflamáveis com uso de espumas	64
5 CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICE A - Questionário.....	73

1 INTRODUÇÃO

Incêndios ainda são um problema nos dias atuais, apesar de toda a prevenção feita pelos corpos de bombeiros do mundo inteiro, eles inevitavelmente acontecem e quase sempre trazem alguns danos ao patrimônio público e privado, ao meio ambiente e, principalmente, a vida humana.

Não é a toa que engenheiros, bombeiros e outros profissionais qualificados ao redor do mundo se preocupam em estudar e compreender os mecanismos de funcionamento dos incêndios e disso brotam inúmeras formas de combate, novas tecnologias, materiais e equipamentos, dentre os quais podemos destacar os produtos químicos, como é o caso dos líquidos geradores de espuma (LGE) os quais foram desenvolvidos para ajudar no combate a incêndios em líquidos inflamáveis (como gasolina, álcool, diesel, dentre outros), estes tipos de incêndios são classificados como incêndios classe “B”. De acordo com Conroy (2002), essa classe de incêndio é notoriamente difícil de ser combatida.

O LGE é um líquido que ao ser adicionado na água gera espuma, através de um processo de aeração. Esta espuma, por sua vez, quando aplicada sobre um líquido inflamável em chamas faz com que, através de diversos mecanismos, o incêndio seja controlado com mais facilidade, oferecendo assim, menos perigo aos combatentes. Kidde (2008) afirma que bombeiros têm encarado um número cada vez maior de incêndios e acidentes causados por líquidos inflamáveis e vapores de alto risco em várias situações, tais como: acidentes de trânsito, desastres de trem, incêndios em plataformas, tanques de armazenagem, acidentes industriais, entre outros. Para sustentar a afirmação de Kidde segue abaixo breve histórico de algumas ocorrências de incêndios em líquidos inflamáveis (classe “B”) ocorridas no Brasil.

Vazamento de gasolina (Cubatão-SP, 1984)

Noticiado por Previdelli (2013, p. 1), “Centenas de litros de gasolina foram espalhados no mangue próximo a uma favela em Cubatão por conta de um vazamento. Pouco tempo depois, uma ignição causou o incêndio do material e matou vários moradores. Segundo os números oficiais, foram 93 mortes.”

Incêndio na empresa Oldflex (Embu-SP, 29 de junho de 2011)

Segundo Vargas (2011), um incêndio de grandes proporções destruiu a empresa de produtos químicos Oldflex, na cidade de Embu, na grande São Paulo. Cinco tanques cheios de substâncias inflamáveis entraram em combustão emitindo grande quantidade de calor. O muro da empresa chegou a ruir devido a alta temperatura atingida no incêndio. O fogo atingiu também a mata e chegou à beira da rodovia Régis Bittencourt, o que fez com que o trânsito fosse interrompido por uma hora. A grande dificuldade dos bombeiros ao chegar no local, foi devido as altas temperaturas geradas pela combustão, superiores a 1000 °C. Cada tanque tem capacidade de armazenar 100000 litros de álcool e solventes. A prioridade dos bombeiros foi resfriar esses tanques, pois a água, nessas condições, não consegue atingir a base do fogo, evapora antes.

Incêndio em tanque de uma usina de álcool (Ourinhos-SP, 6 de janeiro de 2013)

Esse incêndio foi vinculado no portal globo.com e relata que no início da tarde do domingo (6 de janeiro de 2013) um incêndio de grandes proporções atingiu um tanque de combustível em uma usina em Ourinhos (SP). O Corpo de Bombeiros informou que nas primeiras 30 horas já haviam utilizado mais de dez milhões de litros de água na tentativa de efetuar o resfriamento e a contenção do fogo. O fogo foi causado por centelha elétrica advinha de um raio que caiu no local. Cerca de cinco milhões de litros de álcool foram consumidos pelo incêndio. Com a explosão, a tampa do tanque foi arremessada a mais de 15 metros. As chamas e a fumaça puderam ser vistas a quilômetros de distância. Ninguém ficou ferido.

Incêndio na refinaria REPLAN (Paulínia-SP, 8 de janeiro de 1993)

Figueredo, Ribeiro e Sabadini (1998), fazem um histórico de como se sucedeu o maior incêndio classe “B” do Brasil. Relatam que um tanque com 15 milhões de litros de óleo diesel, foi atingido por um raio que provocou a ignição do líquido, seguida de explosão dos gases inflamáveis. As chamas atingiram uma área de 4.300 m², e chegaram a mais de 40 metros de altura, produzindo fumaça com cerca de 50 quilômetros de extensão. Havia o risco de que o fogo se alastrasse e atingisse os tanques adjacentes, provocando ainda mais prejuízos. Foram necessárias 12 horas para o controle e extinção do fogo, sendo utilizados

37000 litros de LGE para combater o fogo que consumiu cerca 4 milhões de litros de óleo diesel, totalizando num prejuízo de cerca de US\$ 1.900.000,00. Aproximadamente 100 bombeiros, dentre civis e militares, trabalharam para combater o incêndio.

No Estado de Santa Catarina também podemos citar alguns acidentes envolvendo líquidos inflamáveis.

Fogo em metalúrgica (Tubarão-SC, 30 de setembro de 2013)

Notícia trazida por SulinFoco (2013) narra que no município de Tubarão, no sul do Estado de Santa Catarina, materiais de pintura e solventes (inflamáveis) de uma metalúrgica, entraram em combustão, no dia 30 de setembro de 2013, próximo as 16 horas. Para o combate ao fogo foram gastos cerca de 5000 litros de água para que o mesmo fosse controlado.

Caminhão pega fogo na BR-101 (Sangão-SC, 26 de abril de 2011)

Reportagem publicada por Diário Catarinense (2011, p. 1),

Um caminhão carregado de tinta e solvente pegou fogo na tarde desta terça-feira no Km 362 da BR-101, em Sangão, no Sul do Estado. O incêndio começou por volta de 18h e foi controlado por bombeiros cerca de uma hora depois.

O acidente provocou congestionamento na rodovia no sentido Sul - Norte, já que o caminhão só começou a ser retirado da pista por volta das 20h. O motorista do veículo saiu ileso.

A pista foi totalmente liberada pela Polícia Rodoviária Federal (PRF-SC) às 21h.

Recentemente um caminhão carregando querosene tombou na rodovia Via Expressa Sul na cidade de Florianópolis, capital do Estado de Santa Catarina. Não houve fogo nesse acidente, contudo, é possível imaginar os perigos e transtornos que seriam causados caso o incêndio ocorresse. A ocorrência aconteceu no dia 2 de março de 2014, conforme narra Lessa (2014, p. 1),

O caminhão-tanque que tombou no fim da Via Expressa Sul, em Florianópolis, na manhã deste domingo (02 [2 de março de 2014]), deverá ser retirado ainda hoje. O veículo levava 20 mil litros de querosene, segundo a empresa responsável pelo transporte. Houve vazamento do combustível no local, mas o impacto ambiental deve ser pequeno, conforme a FATMA [Fundação Estadual do Meio Ambiente].

O acidente aconteceu pouco depois das 10h, a aproximadamente 200 metros da entrada do elevado do Trevo da Seta, em direção ao Sul da Ilha de Santa Catarina. Equipes do Corpo de Bombeiros, da Polícia Militar Rodoviária (PMRV) e da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FATMA) foram acompanhar os trabalhos.

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) é o órgão competente para combater a incêndios dentro do território catarinense, a base legal para isso é o artigo 108, inciso I, da Constituição do Estado de Santa Catarina (2013, grifo nosso):

Art. 108 — O Corpo de Bombeiros Militar, órgão permanente, força auxiliar, reserva do Exército, organizado com base na hierarquia e disciplina, subordinado ao Governador do Estado, cabe, nos limites de sua competência, além de outras atribuições estabelecidas em lei:

I - realizar os serviços de prevenção de sinistros ou catástrofes, de **combate a incêndio** e de busca e salvamento de pessoas e bens e o atendimento pré-hospitalar;

Segundo Vieira (2011), o CBMSC emprega homens e materiais para o atendimento das ocorrências de incêndio, entretanto, nas ocorrências de maior amplitude, exige-se uma demanda de muitos bombeiros para a obtenção de êxito no combate, deixando desguarnecidas as Organizações de Bombeiro Militar (OBM) da região. Produtos como os líquidos geradores de espumas inserem-se nesta realidade como tecnologias que visam potencializar a ação da água utilizada em combate, possibilitando a otimização dos recursos disponíveis, além de preservar, sob certo ponto de vista, a integridade física do combatente.

Conforme Emmanuelli (2012, p. 12) “Emprega-se atualmente no Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina (CBMSC) para combate a incêndios, principalmente de classe “B”, produtos comerciais geradores de espuma, conhecidos como líquido gerador de espuma (LGE).”, Sendo assim, o conhecimento técnico desses produtos é fundamental para melhorar a efetividade do combate a incêndios classe “B” dentro do CBMSC, pois atualmente, vive-se um momento no qual busca-se combater incêndios com inteligência, utilizando-se de materiais, equipamentos e produtos que otimizem e potencializem a ação dos bombeiros nestas ocorrências, visando menos desgastes dos combatentes, assim como evitando os danos causados pelo fogo, sejam eles materiais, ambientais ou a própria vida humana.

Desta forma, é de suma importância conhecer os aspectos técnicos que envolvem os líquidos geradores de espuma, os tipos, as técnicas e os materiais necessários para seu emprego no combate a incêndio classe “B”, assim como, verificar se os bombeiros militares que fazem uso desta tecnologia no CBMSC tem conhecimentos sobre a correta utilização do produto.

Neste trabalho encontram-se conceitos fundamentais sobre fogo e seus elementos essenciais, suas formas de propagação e extinção e sua classificação quanto ao tipo de materiais envolvidos no incêndio. O texto aborda, ainda, aspectos científicos sobre as espumas de forma geral, para posteriormente entrar na espuma gerada pelo LGE. Sobre os

líquidos geradores de espuma, serão abordadas suas principais especificidades técnicas, seus tipos, as formas de aplicação e os materiais necessários para sua aplicação em incêndios classe “B”. Será aplicado, também, um questionário aos bombeiros militares do CBMSC, por amostragem, com a intenção de verificar o conhecimento dos mesmos no que tange aos líquidos geradores de espumas e sua correta aplicação.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Reunir dados sobre a ciência do fogo, sobre incêndios em líquidos inflamáveis (classe “B”) e sobre o uso de líquidos geradores de espuma no combate a incêndios classe “B”.

Identificar se os bombeiros militares do 1º e 10º Batalhões de Bombeiros Militares possuem conhecimentos técnicos para a aplicação dos líquidos geradores de espumas em incêndios classe “B”.

1.1.2 Objetivos Específicos

-Levantar referencial teórico sobre ciências do fogo, combate a incêndio, incêndio em líquidos inflamáveis e sobre o uso de líquidos geradores de espuma em incêndios classe “B”;

-Elencar os conhecimentos que os bombeiros militares do CBMSC possuem sobre o uso de líquidos geradores de espuma no combate a incêndio classe “B”.

1.2 Metodologia

O método científico adotado foi o dedutivo, e como método de procedimento, o monográfico que conforme narram Motta e Leonel (2007) diz respeito ao estudo detalhado e contextualizado de certos sujeitos, profissões, condições, instituições, grupos ou comunidades, com o intento de obter generalizações.

Este trabalho apresenta o tipo de pesquisa, quanto aos objetivos, uma pesquisa exploratória, e apresenta dois tipos de procedimentos técnicos. O primeiro se trata de uma fundamentação teórica através de pesquisa bibliográfica e o segundo de uma pesquisa através de questionário. Pesquisa bibliográfica “é aquela que se desenvolve tentando explicar um problema a partir das teorias publicadas em diversos tipos de fontes: livros, artigos, manuais, enciclopédias, anais, meios eletrônicos, etc.” (MOTTA; LEONEL, 2007, p. 112).

Questionário, para Marconi e Lakatos (2010), é um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondida sem a presença do pesquisador.

1.3 Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado em cinco seções, são elas, introdução, o desenvolvimento, líquidos geradores de espuma, apresentação e análise dos dados coletados e por último, considerações finais.

Na introdução, apresenta-se um relato geral sobre o LGE e justificação da necessidade de conhecer sobre seu uso, mostrando casos reais que foram noticiados na mídia sobre incêndios envolvendo líquidos inflamáveis no Brasil e em Santa Catarina. Na sequência é abordada a competência legal do CBMSC no combate a incêndio de forma geral.

O desenvolvimento, intitulado Ciência do Fogo, está dividido em cinco capítulos, onde se discorre sobre diversos aspectos técnicos relacionados ao fogo e ao incêndio, fornecendo ao leitor uma base conceitual para o melhor entendimento do trabalho.

A terceira seção, Líquidos Gerados de Espuma, é dividida em quatorze capítulos que trazem diversos conhecimentos técnicos acerca do LGE, inclusive os equipamentos utilizados.

Na quarta seção trata da exposição e análise dos dados coletados entre os bombeiros do 1º e 10º Batalhões de Bombeiros Militares.

Finalizando, temos a quinta seção onde foram feitas as considerações finais do trabalho como um todo.

2 CIÊNCIA DO FOGO

O fogo é algo que existe intrinsecamente ligado à existência humana, é impossível imaginar o desenvolver da humanidade sem pensar nele, dessa forma, é natural que tentemos compreender sua maneira de se desenvolver, como controlá-lo e utilizar ao máximo seu potencial. Segundo Oliveira (2005, p. 14),

A teoria básica do desenvolvimento do fogo, seu efetivo controle e extinção requerem um entendimento da natureza físico-química do fogo e isso inclui informações sobre elementos essenciais do fogo, fontes de calor, composição e características dos combustíveis, mecanismos de transferência do calor e as condições necessárias para a ocorrência da combustão.

2.1 Conceitos de fogo e incêndio

A NBR 18860 conceitua fogo como “processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz”, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, p. 6), todavia, Tuve (1976 apud MADUREIRA, 2009, p. 1), traz um conceito mais amplo “o fogo pode ser conceituado como um processo (reação química) de oxidação rápida, autossustentável, acompanhada pela produção de luz e calor em intensidades variáveis.”

O incêndio nada mais é que o fogo em descontrole assim como narra Madureira (2009). Zarzurela e Aragão (1999) destacam que o incêndio é a propagação do fogo capaz de provocar lesão corporal à integridade física do indivíduo e produzir danos ao patrimônio público ou privado.

Em linhas gerais, “o fogo é considerado um evento controlável pelo homem, distinguindo-se do incêndio, o qual constitui qualquer combustão fora do controle do homem podendo danificar ou destruir bens e lesionar ou ceifar vidas.” (SARTE, 2009, p. 37).

2.2 Tetraedro do fogo

Para que o fogo ocorra são necessários quatro elementos que se combinam para formar o tetraedro do fogo (figura 1): Combustível, Comburente, Calor e Reação em Cadeia conforme Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (2003):

Figura 1 - Tetraedro do fogo



Fonte: Adaptado de Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (2003)

2.2.1 Combustível

De acordo com Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (2003) “É toda a matéria susceptível à combustão, existente na natureza nos estados sólido, líquido e gasoso [...]”. Vamos agora descrever os três estados supracitados, conforme no narra Seito et al (2008, p. 37).

2.2.1.1 Combustível sólido

Quando exposto a um determinado nível de energia (calor ou radiação) sofre um processo de decomposição térmica, denominado pirólise, e desenvolvem produtos gasosos (gás e vapor), que, com o oxigênio do ar, forma a mistura inflamável (ou mistura explosiva). Essa mistura na presença de uma fonte de energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama.

Caso o nível de energia incidente sobre o sólido for suficiente para manter a razão da pirólise para formar a mistura inflamável, haverá a continuidade da combustão.

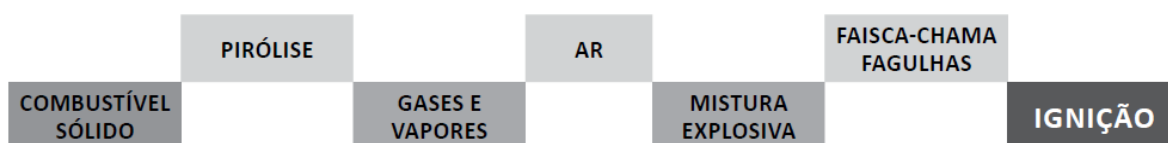
A continuidade da combustão ocorre, na maioria dos casos, pelo calor da própria chama do material em combustão.

Pós de material orgânico e de alguns metais estão sujeitos à combustão instantânea ou explosão, quando em suspensão no ar, portanto seu mecanismo não é a pirólise.

Os materiais pirofóricos, que são sólidos, não acompanham o mecanismo apresentado.

Os materiais pirofóricos conhecidos são: magnésio (Mg), alumínio (Al), urânio (U), sódio (Na), potássio (K), lítio (Li), zircônio (Zr), cálcio (Ca), titânio (Ti).

Figura 2 - Mecanismo de ignição do combustível sólido



Fonte: Seito et al (2008, p. 37)

2.2.1.2 Combustível líquido

Quando exposto a um determinado grau de calor, não sofre decomposição térmica, mas, sim, o fenômeno físico denominado evaporação, que é a liberação dos vapores, os quais, em contato com o oxigênio do ar, forma a mistura inflamável (ou mistura explosiva). Essa mistura na presença de uma fonte de energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama.

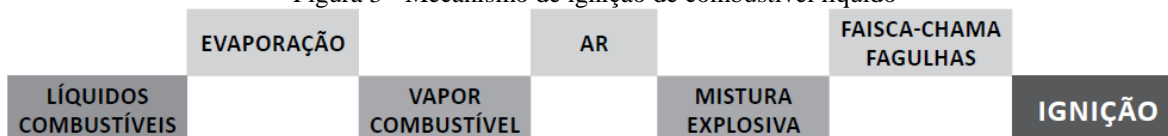
A queima terá continuidade caso o líquido atinja a sua temperatura de combustão.

Os combustíveis líquidos são na sua maioria derivados de petróleo, que são denominados hidrocarboneto.

As substâncias oleígenas retiradas de plantas e gorduras animais têm mecanismo semelhante, na ignição, aos derivados de petróleo.

A taxa de evaporação dos líquidos é diretamente proporcional ao seu aquecimento, sendo uma propriedade intrínseca do líquido. Nos líquidos inflamáveis ou combustíveis, essa propriedade permite determinar os seus pontos de fulgor e ponto de combustão.

Figura 3 - Mecanismo de ignição de combustível líquido



Fonte: Seito et al (2008, p. 37)

2.2.1.3 Combustível gasoso

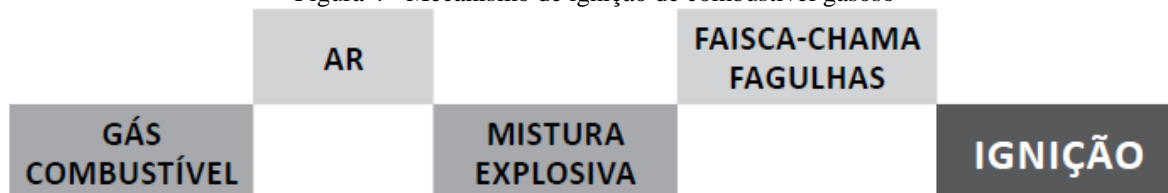
Assim considerado quando se apresenta em forma de gás ou vapor na temperatura do ambiente.

Esse combustível em contato com o oxigênio do ar forma a mistura inflamável (ou mistura explosiva), que na presença de uma energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama.

Os combustíveis gasosos são, na maioria, as frações mais leves do petróleo.

Outros gases combustíveis mais conhecidos que não derivam do petróleo são: hidrogênio, o monóxido de carbono, amônia, dissulfeto de carbono.

Figura 4 - Mecanismo de ignição de combustível gasoso



Fonte: Seito et al (2008, p. 38)

2.2.2 Comburente

São todos os elementos químicos capazes de alimentar o processo de combustão conforme narra o Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (2003) ele tem a capacidade de se reduzir (ganho de elétrons) no processo da combustão, o que cientificamente, é conhecido como agente oxidante.

Dentre os comburentes o oxigênio se destaca como o mais importante, por ser o comburente obtido de forma natural no ar atmosférico que respiramos, o qual é composto em volume por 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de outros gases assim escreve o Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (2003). No entanto, o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2010, p. 6) diz que há casos de combustões em que o comburente é o cloro (Cl_2) ou o bromo (Br_2). O flúor (F_2) também é um comburente e seu manuseio é muito perigoso.

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2010, p. 8) ainda faz a seguinte afirmação,

A combustão irá consumir o oxigênio do ar num processo contínuo e gradativo, diminuindo a porcentagem do mesmo no ambiente. Quando a porcentagem de oxigênio do ar do ambiente diminuir de 21% para a faixa compreendida entre 16% e 8%, a queima tornar-se-á mais lenta, onde surgirão brasas e não mais chamas. A partir do momento que o oxigênio contido no ar do ambiente atingir concentrações menores que 8% é muito provável que a combustão deixe de existir.

Quando as concentrações de oxigênio ultrapassam os 21%, dizemos que a atmosfera está enriquecida com oxigênio. Nessas condições, os materiais que entrariam em combustão nos níveis normais de oxigênio, se queimam muito mais rapidamente e podem incendiar-se mais facilmente [...]. Um aumento de 3% na concentração de oxigênio ofertado a combustão provocará um aumento de 100% na taxa de combustão de um produto.

2.2.3 Calor

Calor é energia em trânsito, isto é, no tetraedro do fogo ele é o componente energético. O calor se comporta de modo especial conforme nos narram Incropera et al (2008, p. 2) “é energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperaturas no espaço”. Devemos perceber que o termo espaço usado na definição pode ser entendido em seu sentido amplo, ou seja, o calor pode se propagar tanto num meio material como um sólido ou fluido tanto quanto no vácuo.

Segundo o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2010, p. 9) “fonte de calor pode ser qualquer elemento que faça com que o combustível sólido ou líquido

desprenda gases combustíveis e venha a se inflamar. Na prática, pode ser uma chama, uma fagulha (fáisca ou centelha) ou ainda uma superfície aquecida.”

2.2.4 Triângulo e tetraedro do fogo e reação em cadeia

No passado acreditava-se que para existir fogo bastava a existência de três elementos que formavam o triângulo do fogo eram eles: combustível, comburente e calor. Sabemos que parte do conceito de fogo envolve a reação de oxidação rápida autossustentável isso conforme Madureira (2009) se traduz em dizer que a reação de combustão continuará como se fosse uma reação em cadeia, que deve continuar com suficiente rapidez para produzir suficiente energia, desprender luz e calor e, continuar a desenvolver-se. O autor continua afirmando que essa combinação entre os termos rapidez e reação de oxidação autossustentável deu lugar a um quarto elemento que é a reação em cadeia. A adição desse elemento converteu o conhecido triângulo do fogo em tetraedro do fogo.

Um mecanismo de funcionamento da reação em cadeia é proposto pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (2003) da seguinte maneira,

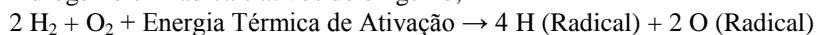
A combustão é uma reação que se processa em cadeia, que após a partida inicial, é mantida pelo calor produzido durante o processamento da reação.

A cadeia de reações, formada durante a combustão, propicia a formação de produtos intermediários instáveis, principalmente radicais livres, prontos a se combinarem com outros elementos, dando origem a novos radicais, ou finalmente, a corpos estáveis. Consequentemente, sempre teremos a presença de radicais livres em uma combustão.

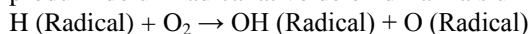
A estes radicais livres cabe a responsabilidade de transferir a energia necessária à transformação da energia química em calorífica, decompondo as moléculas ainda intactas e, desta vez, provocando a propagação do fogo numa verdadeira cadeia de reação.

Para exemplificar este processo, vamos analisar o processo de combustão do Hidrogênio no ar:

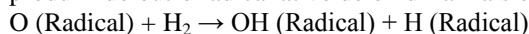
1ª Fase: duas moléculas de hidrogênio reagem com uma molécula de oxigênio, ativadas por uma fonte de energia térmica, produzindo 4 radicais ativos de hidrogênio e 2 radicais ativos de oxigênio;



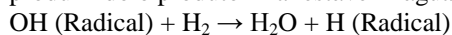
2ª Fase: Cada radical de hidrogênio se combina com uma molécula de oxigênio, produzindo um radical ativo de oxidrila mais um radical ativo de oxigênio;



3ª Fase: Cada radical ativo de oxigênio reage com uma molécula de hidrogênio, produzindo outro radical ativo de oxidrila mais outro radical ativo de hidrogênio; e



4ª fase: Cada radical ativo de oxidrila reage com uma molécula de hidrogênio, produzindo o produto final estável – água e mais um radical ativo de hidrogênio.



E assim sucessivamente, se forma a cadeia de combustão, produzindo a sua própria energia de ativação (calor), enquanto houver suprimento de combustível (hidrogênio).

2.3 Classificação dos incêndios

Os incêndios podem ser classificados em cinco classes de acordo com a NFPA 10, National Fire Protection Association (2002), são elas: “A”, “B”, “C”, “D” e “K”. Essa classificação é feita com base no material combustível que está a arder e também é útil para a escolha correta do agente extintor a ser usado.

Os materiais combustíveis considerados seguem conforme a NFPA 10: sólidos comuns, líquidos inflamáveis (derivados de petróleo e solventes em geral, gases inflamáveis), equipamentos elétricos energizados, materiais pirofóricos, óleos e gorduras (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2002).

2.3.1 Incêndio classe “A”

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (2003) traz,

São aqueles cujo combustível queima em superfície e profundidade, deixando resíduos sólidos após a queima (cinzas). São os mais frequentes, e por queimarem em profundidade, requerem um rescaldo¹ bastante cuidadoso. Como exemplos, poderíamos citar os combustíveis sólidos (madeira, papel, palha, tecido, etc.).

2.3.2 Incêndio classe “B”

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (2003) narra,

São aqueles que queimam apenas em superfície, como por exemplo, os líquidos inflamáveis (gasolina, álcool, querosene, óleo diesel, tintas, etc), os gases inflamáveis (acetileno, gás liquefeito de petróleo - GLP, etc) e os colóides (combustíveis pastosos, como graxas, etc).

2.3.3 Incêndio classe “C”

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (2003) aborda,

São os incêndios que ocorrem em aparelhos elétricos energizados. Estes incêndios, após ser retirado o agente energizador, podem ser combatidos como outra classe de incêndio (geralmente classe “A”). Todavia, devemos ter cuidado com aparelhos que possuem acumuladores (capacitores e aparelhos de TV, por exemplo), que mesmo após desligados continuam energizados.

¹ Rescaldo é uma operação que evita a reignição do fogo depois de controlado o incêndio. (informação oral obtida na aula de combate a Incêndio Estrutural do CBMSC)

2.3.4 Incêndio classe “D”

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (2003) coloca que,

São aqueles que ocorrem em ligas metálicas combustíveis (metais pirofóricos). Para tais incêndios se faz necessária a utilização de agentes extintores específicos. Como exemplos de combustíveis encontrados em incêndios desta classe podemos citar: as ligas de magnésio, sódio, potássio, zinco, alumínio em pó e outros.

2.3.5 Incêndio classe “K”





O CBMSC assim como a NFPA 10, adota uma quinta classe de incêndio, a classe “K”, que segundo a NFPA 10, pode ser conceituada como “incêndios em aparelhos de cozinha que envolvem meios combustíveis de cocção (óleos vegetais ou animais e gorduras).” (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION 2002, p. 12, tradução nossa)

Segundo Marques (2012, p. 27),

[...] essa classificação ocorre com o objetivo de enfatizar os riscos e a necessidade da prevenção de incêndios por meio de campanhas educativas específicas e desenvolvimento de agentes extintores adequados, uma vez que é causa comum de incêndios nos Estados Unidos.

A figura 5 traz um quadro mostrando a identificação gráfica das classes de incêndios apresentadas.

Figura 5 – Representação gráfica das classes de incêndios

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe K
				
Identificação: Triângulo verde com a letra A no centro.	Identificação: Quadrado vermelho com a letra B no centro.	Identificação: Círculo azul com a letra C no centro.	Identificação: Estrela amarela de cinco pontos com a letra D no centro.	Identificação: Quadrado preto com a letra K no centro.

Fonte: (CLASSIFICAÇÃO..., 2011)

2.4 Controle dos incêndios

Agora que sabemos os elementos do fogo através do tetraedro do fogo e também a maneira de classificar os incêndios, vamos então discorrer sobre as maneiras de extingui-

los.

Devemos ter em mente que suprimir o fogo é atuar para eliminar pelo menos uma das faces do tetraedro do fogo, uma vez que, conforme Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2010, p. 7) a reação química do fogo autossustentável permanecerá até que:

- Todo o combustível disponível seja consumido;
- O combustível e/ou o oxigênio seja eliminado;
- A temperatura seja reduzida por resfriamento; ou
- Quantidade de radicais livres seja reduzida e se quebre a reação em cadeia.

2.4.1 Métodos de extinção

São quatro os métodos de extinção do fogo assim como um tetraedro tem quatro faces.

2.4.1.1 Retirada do material combustível

Dantas (2013) relata,

Alguns estudiosos citam que a “Retirada do Material” é mais um método de extinção, outros preferem falar que a “Retirada do Material” apenas limita o incêndio, evitando que tome proporções maiores. O fato é que essa forma de combater baseia-se na retirada do material combustível, ainda não atingido, da área de propagação do fogo, interrompendo a alimentação da combustão.

Método ou forma (ou como queiram chamar) é também denominado corte ou remoção do suprimento do combustível.

Ex.: fechamento de válvula ou interrupção de vazamento de combustível líquido ou gasoso, retirada de materiais combustíveis do ambiente em chamas, realização de aceiro², etc.

2.4.1.2 Resfriamento

Dantas (2013) traz,

É o método mais utilizado. Consiste em diminuir a temperatura de ignição do material combustível que está queimando, diminuindo, conseqüentemente, a liberação de gases ou vapores inflamáveis. A água é o agente extintor mais usado, por ter grande capacidade de absorver calor e ser facilmente encontrada na natureza.

A redução da temperatura está ligada à quantidade e à forma de aplicação da água (jatos), de modo que ela absorva mais calor que o incêndio é capaz de produzir.

É inútil o emprego de água onde queimam combustíveis com baixo ponto de combustão (menos de 20°C), pois a água resfria até a temperatura ambiente e o material continuará produzindo gases combustíveis.

2.4.1.3 Abafamento

² Aceiro é a remoção de vegetação ainda não atingida em um incêndio florestal com a intenção de barrar a progressão do incêndio (informação oral obtida no Curso de Combate a Incêndio Florestal do CBMSC).

Dantas (2013) aborda,

Consiste em diminuir ou impedir o contato do oxigênio com o material combustível. Não havendo comburente para reagir com o combustível, não haverá fogo. Como exceção estão os materiais que têm oxigênio em sua composição e queimam sem necessidade do oxigênio do ar, como os peróxidos orgânicos e o fósforo branco.

A diminuição do oxigênio em contato com o combustível vai tornando a combustão mais lenta, até a concentração de oxigênio chegar próxima de 8%, onde não haverá mais combustão. Colocar uma tampa sobre um recipiente contendo álcool em chamas, ou colocar um copo voltado de boca para baixo sobre uma vela acesa, são duas experiências práticas que mostram que o fogo se apagará tão logo se esgote o oxigênio em contato com o combustível.

2.4.1.4 Quebra da reação em cadeia

Dantas (2013) coloca que,

Atualmente vem sendo considerado um novo processo de extinção de incêndios, em que determinadas substâncias são introduzidas na reação química da combustão com o propósito de inibi-la. Neste caso não há abafamento ou resfriamento. Apenas é criada uma condição especial (por um agente que atua em nível molecular) em que o combustível e o comburente perdem, ou têm em muito reduzida, a capacidade de manter a cadeia da reação.

Esse método de extinção é sem dúvida o mais complexo de ser entendido e parece que ainda não foi muito bem compreendido pelos estudiosos do assunto, referente a esse aspecto Goodfire (2010) apresenta algumas informações que jogam uma luz que vem esclarecer um pouco mais esse processo químico.

Atualmente agentes extintores modernos (hallogenados [*sic*], pós químicos, etc.) têm ação extintora efetiva, pois a extinção se faz agindo na área desse novo método de extinção, como extinção química, uma ação extintora química. A ação altamente eficiente na extinção de incêndio, com alto fator de inibição do fogo com determinados agentes extintores, produzidos por compostos hallogenados e sais alcalinos, nunca foi exatamente explicado pela ação e método de abafamento, quer através da ação física de cobertura do próprio agente ou pelos produtos resultantes de sua combustão (como no caso do bicarbonato de sódio). Assim chegamos a conclusão de que a única teoria capaz de explicar a ação dos referidos agentes é a extinção de natureza química. Portanto, a eficiência dos agentes extintores hallogenados e dos sais alcalinos só é aplicada através de uma reação química desses agentes com os produtos intermediários e derivados da cadeia de reação da combustão (radicais ativos e livres). Esta reação química na cadeia de combustão interrompe e revoluciona a reação em cadeia do fogo e conseqüentemente, fazendo cessar a combustão química, apagando o fogo.

2.5 Incêndios em líquidos inflamáveis

“Líquidos inflamáveis servem a várias finalidades, mas também representam sérios riscos de incêndio. Quando inflamados, podem gerar fogo intenso que se alastra com rapidez, tornando-se, quase sempre, incontrolável.” (ACIDENTES..., 2009)

O mesmo autor descreve que,

A maioria dos líquidos inflamáveis ou melhor, de seus vapores é facilmente inflamado mesmo por fontes fracas de ignição, como a eletricidade estática. Os líquidos inflamáveis queimam rápido, liberando muito calor, o que explica o seu potencial explosivo. Seus vapores agem também como fluidos; em geral, são mais pesados do que o ar e podem ficar ao nível ou próximo ao nível do solo. Se inflamados, as chamas irromperão diretamente de volta à fonte de liberação.

No Brasil a Norma Regulamentadora número 20 (NR 20) do Ministério do Trabalho e Emprego e a NBR 17505 tratam sobre aspectos ligados a segurança sobre no armazenamento e manuseio de líquidos inflamáveis.

2.5.1 Aspectos técnicos dos líquidos inflamáveis

Abordaremos agora alguns aspectos técnicos relacionados aos líquidos inflamáveis.

2.5.1.1 Diferença entre líquido inflamável e líquido combustível e suas classificações

Precisamos fazer uma diferenciação entre líquido inflamável e líquido combustível.

a) Líquido combustível

O conceito da NBR 17505-1 é “qualquer líquido que tenha ponto de fulgor³, em vaso fechado, igual ou superior a 37,8 °C.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 10)

b) Líquido inflamável

Pela NBR 17505-1 “qualquer líquido que tenha ponto de fulgor, em vaso fechado, abaixo 37,8 °C e pressão de vapor Reid⁴ não exceda a pressão absoluta de 276 kPa (40 psi) à temperatura de 37,8 °C.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS

³ “Menor temperatura corrigida para uma pressão barométrica de 101,3 kPa (760 mmHg), na qual a aplicação de uma fonte de ignição faz com que os vapores da amostra de inflamem, porém não mantendo a combustão sob condições específicas de ensaio.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 13)

⁴ “A pressão de vapor Reid (RVP) é a pressão absoluta exercida por uma mistura a 100°F (37.8°C) e com uma taxa de volume de vapor / líquido de 4/1.” (TAKESHITA, 2006, p. 21)

TÉCNICAS, 2013, p. 10)

c) A NBR 17505-1, classifica os líquidos inflamáveis e combustíveis em diversas classes conforme exposto na tabela na tabela 1.

Tabela 1 – Classes de líquidos inflamáveis e combustíveis⁵, NBR 17505-1

Líquidos	Ponto de fulgor PF	Ponto de ebulição PE
Inflamáveis		
Classe I	PF < 37,8 °C e PV < 275,7 kPa	
Classe IA	PF < 22,8 °C	PE < 37,8 °C
Classe IB	PF < 22,8 °C	PE ≥ 37,8 °C
Classe IC	22,8 °C ≤ PF < 37,8 °C	–
Combustíveis		
Classe II	37,8 °C ≤ PF < 60 °C	–
Classe IIIA	60 °C ≤ PF < 93 °C	–
Classe IIIB	PF ≥ 93 °C	–
NOTA PV é a pressão de vapor.		

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013, p. 19)

Quando comparamos as definições associadas aos líquidos inflamáveis e combustíveis vemos que o principal ponto de diferenciação entre eles é o ponto de fulgor. Se procurarmos entender de maneira mais simples a definição desse conceito em comparação a definição já apresentada, podemos fazê-lo da seguinte maneira: ponto de fulgor é a menor temperatura em que um líquido libera vapor suficiente para formar uma mistura capaz de se inflamar quando uma fonte de ignição (como um isqueiro ou faísca) está presente, porém, retirada esse fonte a processo de combustão se encerra.

Entendido bem o conceito de ponto de fulgor, fica fácil perceber que quanto menor o ponto de fulgor de uma substancia maior é a tendência de ela liberar vapores em

⁵ Pressão de vapor é “pressão na qual um líquido e seu vapor coexistem em equilíbrio a uma determinada temperatura” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 13).

Ponto de Ebulição é “temperatura em que a pressão de vapor do líquido é igual a pressão atmosférica ao redor” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 13).

quantidade suficiente para que em presença de uma fonte de ignição inicie-se a combustão do líquido.

Para concluir resgatamos a informação de que um líquido combustível tem ponto e fulgor igual ou superior a 37,8 °C, enquanto o líquido inflamável abaixo 37,8 °C, isto é, líquidos inflamáveis tem a tendência de liberarem vapores inflamáveis fácil facilmente que os combustíveis, representando então um maior perigo.

3 LÍQUIDOS GERADORES DE ESPUMA

No Brasil a NBR 15511, regula os aspectos técnicos dos LGE é dela que retiramos o conceito de LGE “líquido que, quando diluído em água e aerado, gera espuma para prevenção e extinção de incêndios em combustíveis líquidos”, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008, p. 2)

3.1 Classes de LGE

A NBR 15511, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008) narra a existência de três classes de LGE:

- a) HC: extinção de incêndios em hidrocarbonetos⁶;
- b) AV: extinção de incêndios em hidrocarbonetos em áreas de aeroportos;
- c) AR: extinção incêndios em solventes polares⁷

As siglas HC, AV e AR representam respectivamente o seguinte: hidrocarboneto, aviação e álcool resistente, conforme (LOPES, 2014).

3.2 Tipos de LGE

Segundo a NBR 15511, são apontados sete tipos de LGE conforme tabela 2 abaixo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008):

⁶ “Hidrocarbonetos são compostos que contêm unicamente carbono e hidrogênio” [são exemplos: o metano propano, querosene e gasolina] (RUSSEL, 1981, p. 764)”

⁷ Solventes polares: “combustíveis líquidos miscíveis com água como álcool, acetona e éter” NBR 15511 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008, p. 2).

Tabela 2: Os sete tipos de LGE, NBR 15511

Tipo	Classe de LGE		
	HC	AV	AR
1	X		
2		X	
3	X	X	
4			X
5	X		X
6		X	X
7	X	X	X

O LGE pode ser fornecido em diversas dosagens para uso. As mais usuais são 1 %, 3 % e 6 %.

Para LGE polivalente, a dosagem de uso para hidrocarbonetos pode ser diferente da dosagem de uso para solventes polares.

NOTA 1 Os tipos 5, 6 e 7 são conhecidos como polivalentes.

NOTA 2 A disponibilidade de determinados tipos depende da demanda de mercado.

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008, p. 3)

Como podemos observar da tabela 2, os tipos de LGE se dão baseados na quantidade de classes que eles se encaixam simultaneamente, por exemplo, o tipo 1 apenas serve para uso em hidrocarbonetos (classe HC) todavia, o tipo 7 é adequado para uso nas classes HC, AV e AR.

Os LGE são feitos para serem misturados com água em proporções específicas. Concentrados de 3% são misturados a uma proporção de 97 partes de água para 3 partes de LGE em volume conforme (KIDDE, 2008). A proporção volumétrica é com certeza a mais utilizada entre os fabricantes de LGE, embora não seja uma obrigação legal, contudo, devemos sempre observar as orientações do fabricante.

Segundo Kidde, (2008, p. 14),

Espumas polivalentes (resistentes ao álcool) que têm em seu rótulo dois valores de dosagem foram 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.

3.3 Dados que devem constar na embalagem de qualquer LGE vendido no Brasil

A NBR 15511, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008) estabelece que todos os LGE comercializados no Brasil devem ter no mínimo as seguintes informações em sua embalagem:

- 1- Fabricante;
- 2- Classe e tipo;
- 3- Especificação da dosagem pelo fabricante, em percentagem;
- 4- Intervalo de temperatura em graus Celsius para armazenagem;
- 5- Inscrição uso indicado com “água doce ou salgada” uso não indicado com água salgada;
- 6- Fazer menção a NBR 15511;
- 7- Lote e data de fabricação;
- 8- Volume em litros e massa bruta em quilogramas (comercialmente a expressão massa bruta é substituída por peso bruto e isso constitui prática perfeitamente aceitável);
- 9- Ficha de informação de segurança de produtos químicos (FISPQ) de acordo com a NBR 14725.

3.4 Compatibilidade

A compatibilidade diz respeito ao armazenamento de LGE de diferentes fabricantes em um mesmo recipiente. Sobre esse assunto Kidde (2008) discorre que os LGE são compatíveis quando a mistura resultante não diminui a capacidade extintora de combate a incêndio, mesmo durante armazenagem por longos períodos. Em caso de necessidade de mistura, a NBR 15511 estabelece os testes necessários para verificar a compatibilidade, testes estes, que deverão ser executados por laboratórios competentes. Deve-se então evitar a mistura de LGE de diferentes fabricantes pelo risco de afetar uma capacidade extintora.

3.5 A espuma: estrutura e comportamento

As espumas são estudadas a mais de 200 anos, constituem sistemas termodinâmicos relativamente complexos e seguem certas leis para se formarem. Figueredo, Ribeiro e Sabadini (1998, p. 126) descrevem alguns aspectos físicos das espumas:

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 surfactante⁸ difundem-se na solução em direção à interface gás líquido formando uma monocamada adsorvida que estabiliza a bolha de gás e retarda sua rápida coalescência⁹. 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.

O processo de dispersão do gás pode ser desencadeado por agitação ou batimento do líquido e por borbulhamento do gás no líquido, e influi diretamente sobre as características da espuma [...]. A uniformidade na distribuição e no tamanho de suas bolhas, grau de dispersidade, está sujeita às irregularidades do dispositivo através do qual o gás é introduzido. Entretanto, fatores como velocidade do gás e concentração de surfactante nas células e, sobretudo, a natureza química dos agentes estabilizantes são significativos na estruturação da espuma.

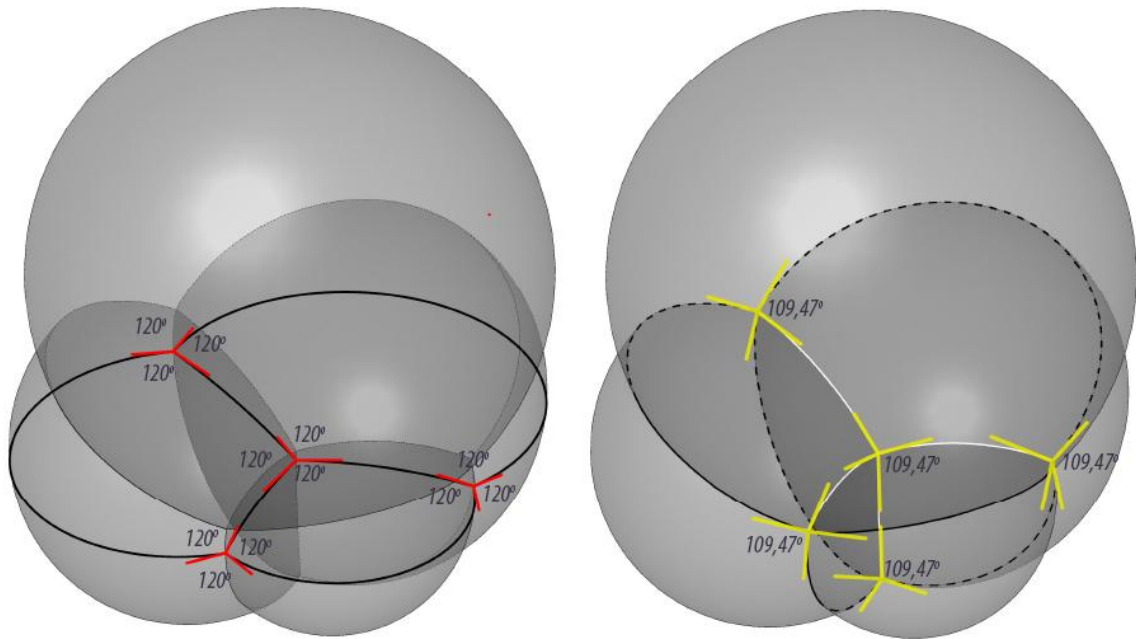
O arranjo das bolhas geralmente segue as leis postuladas por Plateau¹⁰, governadas pela tendência à minimização de sua área superficial. Segundo essas leis, três filmes adjacentes encontram-se ao longo de uma linha curva com ângulos de 120° [figura 6] entre eles, ou quatro linhas, cada uma formada pela intersecção de três filmes, encontram-se em um ponto, com ângulos de 109°28'16" [aproximadamente 109,47°] (ângulo tetraédrico) [figura 6] entre cada par de linhas adjacentes. Quando ocorre a ruptura de um filme da espuma, as bolhas rearranjam-se de modo a manter essa conformação. As colunas de líquido formadas pelo encontro dos filmes, os chamados canais de Plateau [figura 7], assemelham-se a um triângulo de faces curvas. Esses canais estão interconectados pelos filmes, estruturando a rede que constitui a fase líquida da espuma. A partir do momento de formação de uma espuma, três processos podem ocorrer simultaneamente: 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 progressão desses processos determina o tempo de vida da espuma.

⁸ Surfactante: substância química que baixa a tensão superficial de um líquido. (informação oral obtida no curso de Engenharia Química na disciplina de Fenômenos de Superfície da Universidade Federal de Santa Catarina).

⁹ União de partes que se achavam separadas; aglutinação (DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS, 2014).

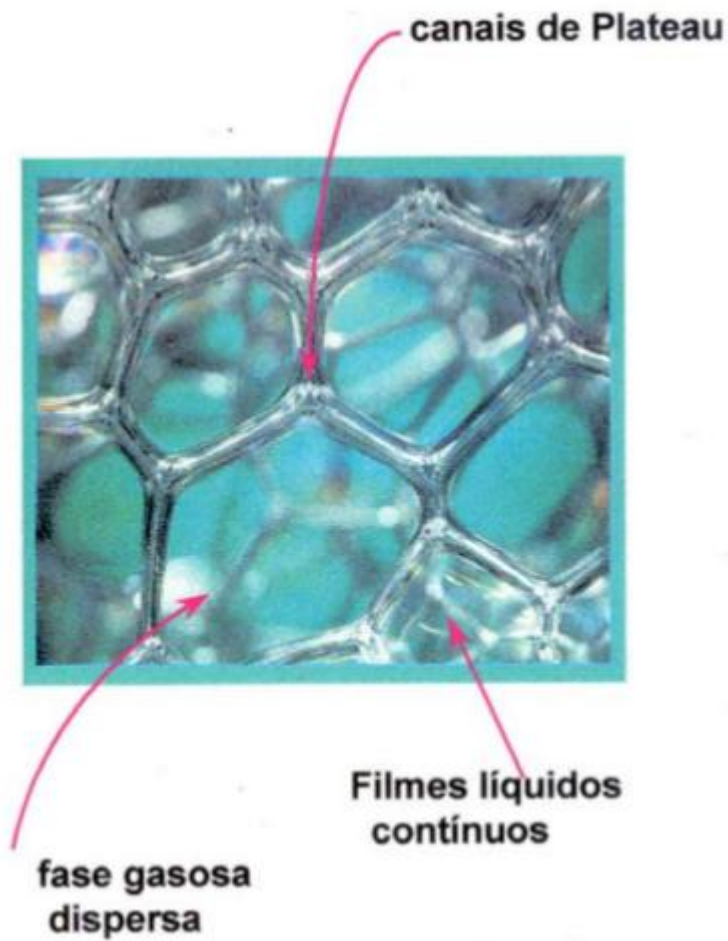
¹⁰ Joseph Plateau, cientista belga nascido em 1801. Além de estudar a geometria das bolhas, interessou-se também pelo efeito da luz sobre os olhos humanos, Sautoy (2013).

Figura 6 – Forma geométrica de como as espumas se arranjam



Fonte: WeWantToLearn.net (2014)

Figura 7 - Estrutura de uma espuma



Fonte: Sabadini (2014, p. 6)

3.6 Tetraedro da espuma

Assim como o fogo a espuma precisa de quatro elementos para se formar conforme narra Cunha (2000), esses quatro elementos formam o tetraedro da espuma, de forma que qualquer elemento estiver ausente, a espuma não se formará ou sua quantidade será afetada a ponto de perder sua efetividade.

Figura 8 – Tetraedro da espuma



Fonte: Kidde (2008, p. 5)

3.7 Espuma de combate a incêndio

A NBR 15511, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008, p. 5) descreve espuma para combate a incêndio como: “é um agregado de bolhas preenchidas com ar, proveniente de uma solução aquosa, e possui densidade menor do que qualquer líquido inflamável, por mais leve que seja.”

Um outro conceito um pouco mais amplo é nos fornecido por Kidde (2008, p. 5),

A espuma de combate a incêndio é uma massa de bolhas pequenas de densidade menor que a de muitos líquidos inflamáveis e menor que a densidade da água. Trata-se de um agente que cobre e resfria, produzido através da mistura do ar com uma solução que contém água e espuma mecânica.

3.8 Espuma química versus espuma mecânica

Espuma química e espuma mecânica são termos que aparecem com certa frequência na literatura relacionada ao assunto, é preciso então fazer a diferenciação entre ambas, Figueredo, Ribeiro e Sabadini, (1998) discorrem que atualmente são usadas as espumas mecânicas as quais contêm surfactantes e outros aditivos conferindo as mesmas, estabilidade e alto poder de extinção, assim sendo, devido também ao fato da espuma mecânica ser mais barata e fácil de aplicar. A espuma química que foi muito usada no início do século fica restrita a extintores portáteis. Formada pela a liberação de dióxido de carbono

proveniente da reação entre sulfato de alumínio e bicarbonato de sódio em solução aquosa, a espuma química, contém proteínas hidrolisadas¹¹ como agentes espumantes. As espumas químicas são densas, viscosas e resistentes ao calor, porém, espalham-se lentamente e tem baixo poder de extinção ainda de acordo com os mesmos autores.

3.9 Como funciona a espuma no combate a incêndios

As espumas agem de quatro maneiras para extinguir um incêndio em líquidos inflamáveis, de acordo com Kidde (2008, p. 5) são elas:

1- Exclui o ar dos vapores inflamáveis,

Por isso devemos combater incêndio, em líquidos inflamáveis com espuma, pois devido sua baixa densidade se depositam na superfície do líquido inflamável e criam uma separação mecânica entre o ar atmosférico e líquido combustível eliminando um dos elementos do tetraedro do fogo, o comburente, que neste caso é o oxigênio do ar atmosférico interrompendo a combustão.

2- Elimina os vapores da superfície do combustível;

De maneira semelhante ao item 1, a espuma mecanicamente impede que os vapores liberados pelo líquido inflamável se difundam para a atmosfera onde encontrarão o oxigênio necessário para a combustão.

3- Separa a chama das superfícies combustíveis;

Cria uma barreira mecânica que não só elimina as chamas que se encontram na superfície do líquido, mas também impede que chamas vizinhas atinjam o líquido facilitando o controle do incêndio.

4- Resfria a superfície combustível e as superfícies em volta

Aumenta o poder de resfriamento da água absorvendo o calor das vizinhanças adjacentes.

Cabe ressaltar ainda as informações acerca da espuma de combate a incêndio

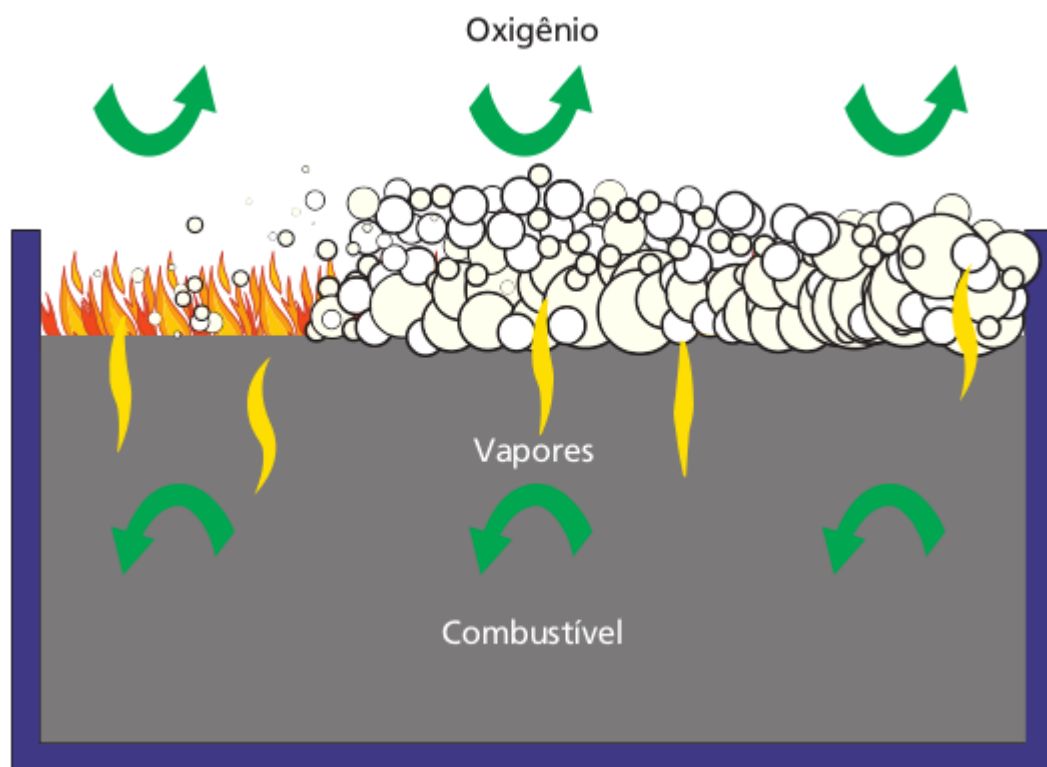
¹¹ “Os hidrolisados podem ser definidos como proteínas que são clivadas química ou enzimaticamente em peptídeos de vários tamanhos” (SKANDERBY 1994, p. 141, apud MARTINS; COSTA; HERNÁNDEZ, 2010, p. 62).

trazidas pela NBR 15511, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2008, p. 6),

Ela é capaz de formar um consistente colchão de espuma sobre a superfície de combustíveis líquidos, com densidade menor que a da água. Sua ação principal consiste em prevenir ou extinguir um incêndio por abafamento e, secundariamente, promover resfriamento do combustível. A espuma também previne a reignição por supressão dos vapores inflamáveis. A espuma formada possui também a propriedade de aderir às superfícies verticais adjacentes à área em chamas. As espumas podem ser usadas como um agente para prevenção, controle ou extinção de incêndios em combustíveis líquidos.

Na figura 9 abaixo temos ilustrado como a espuma age em líquidos inflamáveis ou combustíveis. Nela podemos visualizar a barreira mecânica (espuma) que exclui o oxigênio dos vapores inflamáveis e que também elimina os vapores da superfície do combustível impedindo os mesmos de se difundirem ao oxigênio atmosférico. Além disso é possível observar as chamas sendo suprimidas da superfície em que está a arder.

Figura 9 – Esquema do funcionamento da espuma no combate a incêndios classe “B”



Fonte: Kidde (2008, p. 5)

3.10 Vantagens no uso das espumas

O uso da espuma traz consigo algumas vantagens, Ferreira (2007) expõem algumas delas:

- 1- Diminui a tensão superficial da água¹²;
- 2- Aumenta a eficiência da água como agente de absorção de calor;
- 3- Não agride o meio ambiente por ser biodegradável;
- 4- Protege do fogo as estruturas que estejam no seu caminho;
- 5- Torna praticamente desnecessário o rescaldo do incêndio.

3.10.1 Diminuição da tensão superficial da água

A água devido sua alta tensão superficial, tem certa dificuldade em penetrar em alguns materiais dificultando seu resfriamento o que gera alguns problemas de acordo com Figueredo, Ribeiro e Sabadini, (1998, p. 128),

A alta tensão superficial da água dificulta a molhabilidade da superfície em chamas e a penetração no material, e sua baixa viscosidade provoca escoamento rápido pelas superfícies, dificultando a atuação da água sobre elas, principalmente as superfícies verticais. Além disso, os jatos de água podem provocar transbordamento de um líquido em chamas [Boil Over], levando à propagação do incêndio.

A adição de LGE na água diminui a tensão superficial da mesma, e isso facilita a penetração e espalhamento da água e por consequência uma melhor umectação do material em chamas.

3.10.2 Aumento da eficiência da água como agente de absorção de calor

A água é o agente extintor mais utilizado pelo CBMSC, e isso não é por acaso, “a eficiência da água em incêndios deve-se ao efeito refrigerador provocado pelo seu calor de vaporização (40,66 kJ.mol⁻¹), o qual remove calor do processo de combustão e resfria o

¹²É uma propriedade que os líquidos têm a qual advém de um desequilíbrio de forças atrativas entre as moléculas que ficam na superfície do líquido, isso faz com que insetos possam caminhar sobre a água ou até mesmo um clip de papel metálico possa ficar apoiado sobre a água sem afundar. (informação oral obtida no curso de Engenharia Química na disciplina de Fenômenos de Superfície da Universidade Federal de Santa Catarina).

material em chamas.” (FIGUEREDO; RIBEIRO; SABADINI, 1998, p. 128). Os mesmos autores ainda afirmam que vapor de água, também tem a capacidade reduzir a concentração de oxigênio no ar.

Para Ferreira (2007, p. 56) “se comparado com o calor de vaporização provocado pela água, a espuma AFFF¹³ 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.”

3.10.3 Biodegradabilidade da espuma

O fato das espumas terem uma composição química em grande parte composta por surfactantes a base de hidrocarbonetos confere a elas biodegradabilidade de acordo com (COLLETI, 2014). Isso faz que com ela possa ser usada em qualquer ambiente sem que se preocupe com a poluição ambiental.

3.10.4 Proteção do fogo de estruturas que estejam no seu caminho

Para Kidde (2008, p. 21),

Pode-se criar uma barreira contra incêndios cobrindo uma estrutura que esteja no caminho do fogo. Isso previne que essa estrutura chegue ao ponto de pegar fogo. Essa cobertura também é capaz de prevenir que brasas transportadas pelo vento iniciem um novo incêndio.

3.10.5 Desnecessidade de rescaldo

Por Figueredo, Ribeiro e Sabadini (1998, p. 128),

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 como o resfriamento do material em chamas, pelo líquido presente na espuma, previnem a reignição.

3.11 Classificação das espumas segundo sua composição química

a) Espuma proteica comum

¹³ É uma espécie de espuma formada por LGE que será, mais a frente, abordada em detalhes.

Esta espuma é obtida pela hidrólise de proteínas de origem animal. Esse hidrolisado tem a capacidade de formar uma espuma estável e resistente ao fogo, a qual ainda possui em sua composição outras substâncias que lhe conferem a capacidade de inibir a corrosão e o crescimento bacteriano assim como abaixar a temperatura de congelamento segundo relata (BRASIL, 1992 apud FERREIRA, 2007).

O mesmo autor ainda esclarece que este tipo de espuma é utilizado em combate a incêndios envolvendo líquidos inflamáveis apolares, não devendo ser usada em líquidos polares pelo fato de ser solúvel nesse meio.

Para finalizar o autor supracitado afirma que essa espuma conta com as seguintes características:

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

b) Espuma fluoroproteica

Essa espuma para Kidde (2008, p. 10) pode ser descrita com as seguintes informações,

Possui surfactantes fluorquímicos [*sic*] com grande ganho de performance para a rápida extinção e compatibilidade com pó químico seco. Utilizado em combustíveis de hidrocarboneto e aditivos selecionados de combustíveis oxigenados. Tem excelente resistência ao calor e resistência à reignição [...]. Deve ser aspirado adequadamente e não deve ser utilizado com esguichos que não contenham estrutura para aspiração. É produzido através da mistura de surfactantes fluorquímicos com concentrado proteínico [*sic*], resultando em uma melhor fluidez e enriquecendo as propriedades do concentrado proteínico comum, tendo como resultado uma excelente tolerância aos combustíveis e maior poder de extinção.

Complementando, (BRASIL, 1992 apud FERREIRA, 2007) aponta que, as diferenças mais importantes em relação à espuma proteica comum são consequências da adição de surfactantes e acrescenta o fato de que o custo por quilograma é maior, no entanto, o tempo de vida do produto é também maior. Ainda existe uma subdivisão dessa espuma especialmente projetada para também atuar, sem perder estabilidade, em líquidos polares.

c) Espuma sintética comum

É uma espuma obtida através de mistura de agentes espumantes sintéticos e estabilizadores. Essa espuma é utilizada em incêndios classe “A”, dessa forma foge ao escopo desse trabalho, assim sendo, não será dado mais profundidade a ela.

d) Espuma do tipo AFFF

Os concentrados conhecidos como AFFF (*aqueous film-forming foam*, ou em tradução livre espuma formadora de filme aquoso) são descritos por Figueredo, Ribeiro e Sabadini, (1998, p. 129) da seguinte maneira,

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 [sic]. Os concentrados, conhecidos como AFFF (*aqueous film-forming foam*), produzem espumas que formam um fino filme aquoso sobre a superfície em chamas, o qual 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 reigñição 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 utilizada.

As espumas AFFF são compatíveis com o pó químico e também podem ser aplicadas em incêndios classe A (madeira, tecido, plástico,...), pois a baixa tensão superficial do líquido drenado (até cerca de 15 dyn.cm^{-1} [para efeito de comparação a água a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ tem uma tensão superficial de 72 dyn.cm^{-1}]) possibilita a umectação do material incendiado, penetrando sob as superfícies expostas e extinguindo os focos de fogo.

Para aplicação em solventes polares foram formulados concentrados AFFF contendo um polissacarídeo¹⁴ solubilizado que, conforme a espuma drena, produz uma membrana polimérica devido à pequena solubilidade desse componente no solvente [figura 10].

Essa membrana protege o filme aquoso e a espuma da destruição pelo solvente, resultando em maior tempo de resistência à reigñição do combustível. A formulação desses extratos é muito importante no Brasil, devido ao grande volume de etanol estocado, e também é eficiente no combate a incêndios envolvendo derivados de petróleo [...].

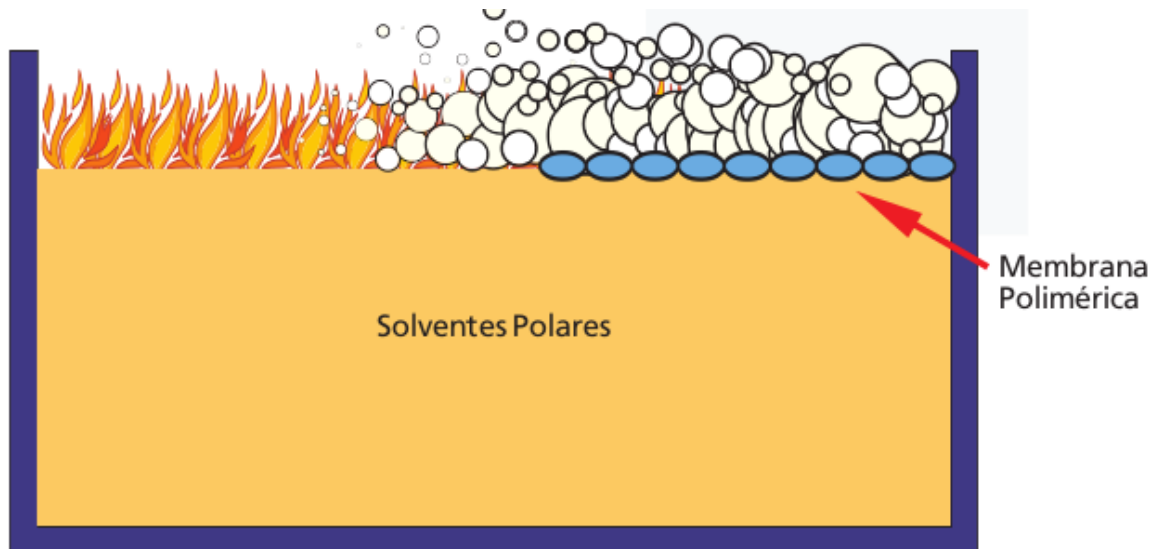
A eficiência de espumas geradas com extratos do tipo AFFF deve-se fundamentalmente à estrutura molecular dos surfactantes presentes em sua formulação. Surfactantes perfluorados de fórmula geral $\text{CF}_3\text{-(CF}_2\text{)}_n\text{-hidrocarboneto-X}$, sendo $6 < n < 10$ e X um grupo hidrofílico, são usualmente encontrados na composição de LGE. Através de análises para a caracterização do extrato AFFF com o qual estudamos, observamos que a estrutura básica do surfactante é constituída por uma cadeia carbônica fluorada ($6 \leq m \leq 10$) e por um grupo sulfonato:

$\text{CF}_3\text{-(CF}_2\text{)}_m\text{-(CH}_2\text{)}_m\text{-SO}_3\text{-K}^+$ Essa estrutura molecular, através das ligações C-F e do

¹⁴ São moléculas de altíssimo peso molecular (polímeros) insolúveis em água, são exemplos o amido e a celulose. (informação oral obtida no curso de Engenharia Química na disciplina de Introdução a Engenharia Bioquímica da Universidade Federal de Santa Catarina).

grupo sulfonato, atribui alta estabilidade térmica e química ao surfactante. A natureza aniônica do surfactante confere propriedades particulares à interface dos filmes da espuma, atribuindo um efeito estabilizante, através do componente eletrostático, às forças de estabilização existentes na lamela.

Figura 10 – Espuma atuando em solvente polar



Fonte: Kidde (2008, p. 8)

3.12 Taxa de expansão das espumas

Para Kidde (2008, p. 6) “Taxa de expansão é a proporção final de espuma produzida a partir de um volume de solução de espuma depois de expandida por um gerador de espuma.” A NFPA 11 classifica os concentrados de espuma em três tipos de taxa de expansão, aqui descritos por Kidde (2008, p. 6),

Baixa expansão - Taxa de expansão até 20:1. Espuma para líquidos inflamáveis. Esse tipo de espuma provou ser uma solução eficiente para controle e extinção de incêndios causados por líquidos inflamáveis de classe B. Também é utilizada com sucesso nos incêndios classe A, onde o resfriamento e o efeito penetrante da solução da espuma são importantes.

Média expansão - Taxa de expansão de 20:1 a 200:1. Espumas de média expansão podem ser usadas para abafar a vaporização de químicos perigosos. A espuma com expansão entre 30:1 e 55:1 produz uma cobertura perfeita para o vapor mitigante ou químicos altamente reativos quando em contato com água [...].

Alta expansão - Taxa de expansão acima de 200:1. Espumas de alta expansão são utilizadas para incêndios em espaços confinados. É um tipo de espuma sintética, detergente, utilizada em espaços fechados como porões, minas e navios. A aplicação deve ser feita utilizando-se de um gerador de espuma adequado.

Figueredo, Ribeiro e Sabadini, (1998, p. 129) complementam,

As espumas produzidas com concentrados AFFF são de baixa expansão, com

coeficiente de até 20. Para incêndios em ambientes fechados e de difícil acesso, como minas de carvão, foram desenvolvidos LGE de tensoativos sintéticos que produzem espumas de alta expansão, apropriadas para provocar inundações. Seu coeficiente de expansão está entre 200 e 1000, e seu uso tem sido restrito a áreas fechadas, pois são espumas de densidade baixa e sua eficácia pode ser comprometida pelas condições climáticas. Elas podem ser aplicadas tanto em incêndios classe A como classe B, mas cuidados devem ser tomados quando estão envolvidos ambientes pequenos, pois o ar proveniente da espuma pode elevar a concentração de oxigênio e, caso a mistura com o vapor combustível exceda a concentração limite para ignição, pode inevitavelmente provocar uma explosão.

A figura 11 apresenta uma representação visual das taxas de expansão.

Figura 11 – Taxa de expansão de uma espuma



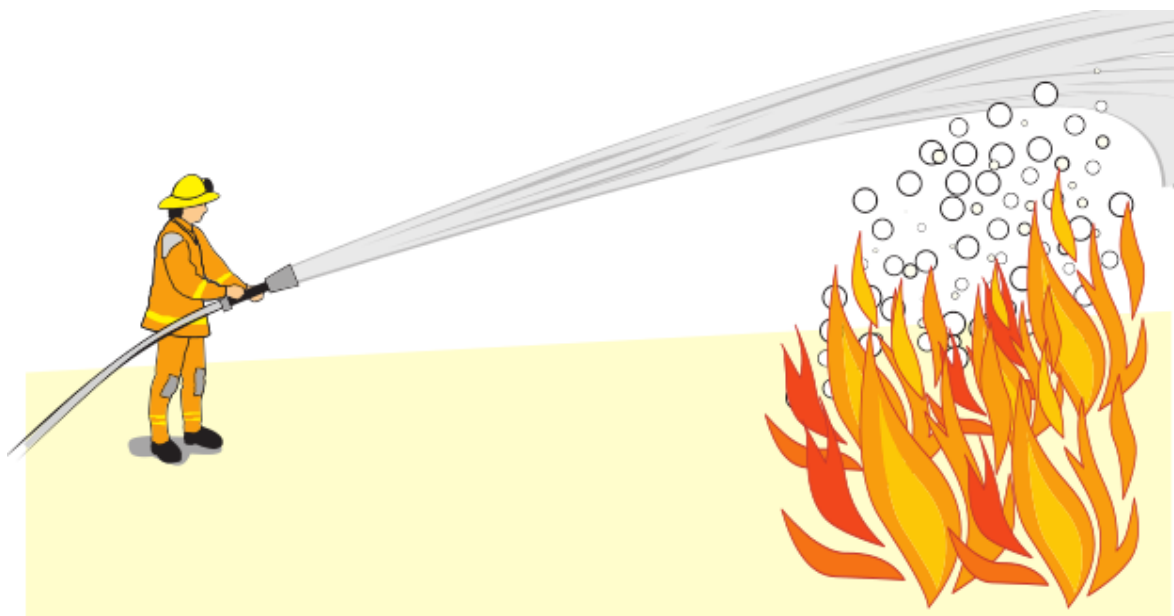
Fonte: Kidde (2008, p. 6)

3.13 Formas de aplicação das espumas

a) Anteparo

Quando esguichos de espuma são usados, 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 conforme figura 12.

Figura 12 – Aplicação de espuma na forma anteparo

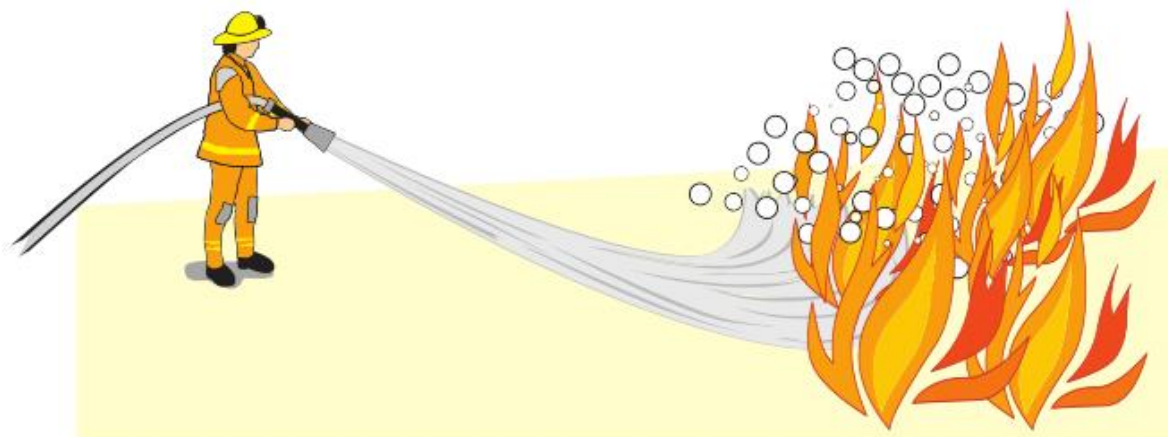


Fonte: Kidde (2008, p. 12)

b) 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 de acordo com a figura 13.

Figura 13 - Aplicação de espuma na forma rolagem

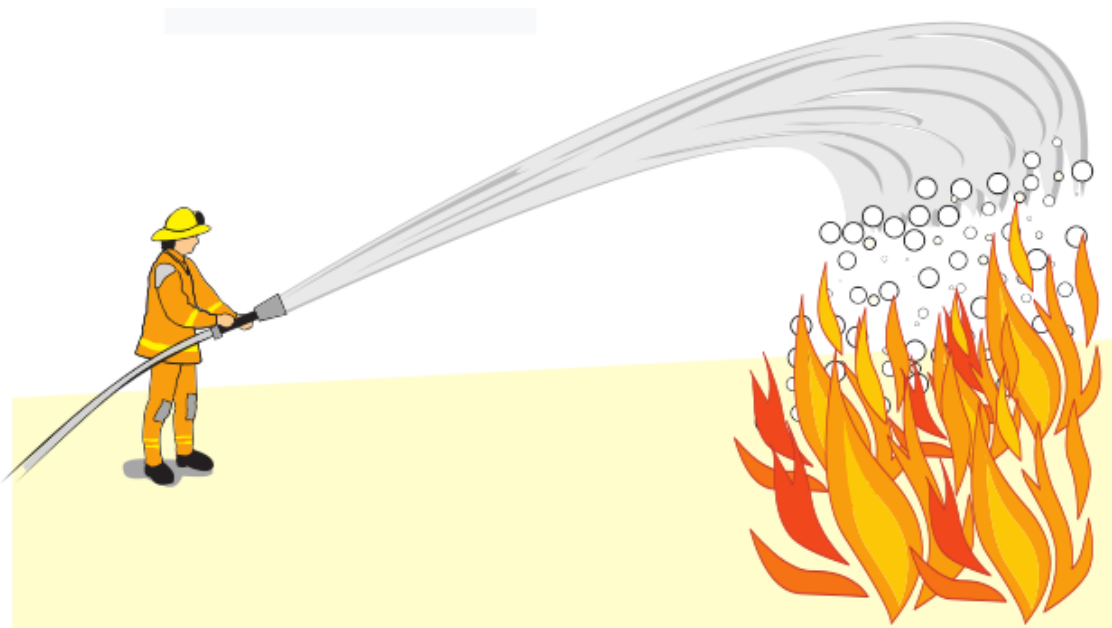


Fonte: Kidde (2008, p. 12)

c) 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 mais rapidamente em comparação com as outras. Entretanto, se o combustível estiver queimando há um certo tempo, com a formação de uma coluna térmica, ou se as condições climáticas não são favoráveis (como ventos fortes), esse método não deve ser utilizado. Esse método pode ser visualizado na figura 14.

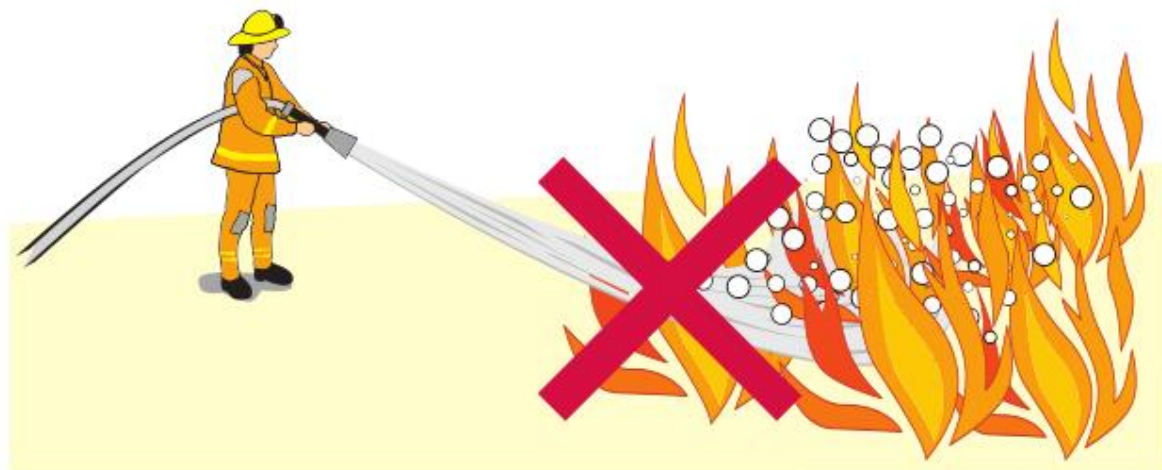
Figura 14 - Aplicação de espuma na forma dilúvio



Fonte: Kidde (2008, p. 13)

Kidde (2008) chama atenção para o fato que nunca devemos direcionar o jato de espuma diretamente para o fogo (figura 15), pois se existir uma cobertura de espuma, o jato direto pode quebrá-la, permitindo que gases inflamáveis escapem e isto geralmente resulta na propagação do incêndio, ou numa reignição do combustível, ou aumento, das chamas. O fogo em regra, irá diminuir ou se extinguir assim que o jato direcionado ao foco do incêndio for cessado.

Figura 15 – Aplicação de espuma diretamente sobre o fogo



Fonte: Kidde (2008, p. 13)

3.14 Equipamentos para uso da espuma

Existem diversos equipamentos que devem ser utilizados para aplicação das espumas, sobre isso Ferreira (2007, p. 44) diz “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 espuma.”

3.14.1 Pro Pak

O Pro Pak é um equipamento portátil para produção de espuma. Pode ser usado para incêndio classe “A” ou “B” pois consegue fazer dosagens que vão de 0.1 a 6%. Ele pode gerar espuma de baixa, média ou alta expansão dependendo do esguicho acoplado a saída. Podemos visualiza-lo na figura 16.

Uma desvantagem desse equipamento é seu jato de baixo alcance, fazendo com que o bombeiro combatente tenha que se expor mais diretamente ao incêndio.

Figura 16 – Bombeiro usando o Pro Pak



Fonte: Firehouse.com

3.14.2 Proporcionadores

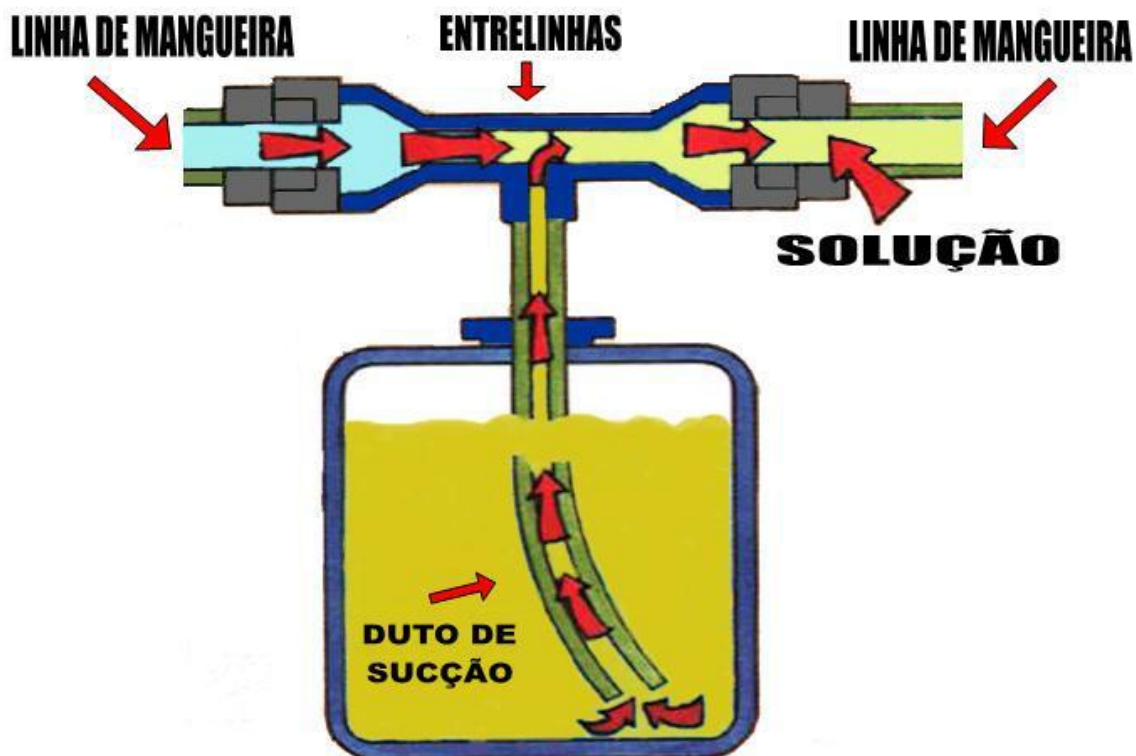
Podem ser definidos como “equipamentos ou sistemas que foram criados para fazer a dosagem correta de LGE no jato de água. Existe uma grande variedade de proporcionadores disponíveis.” (KIDDE, 2008, p. 24)

De acordo com o mesmo autor,

Eles trabalham com o princípio de Venturi. A água é introduzida, sob pressão, na entrada do proporcionador. O proporcionador reduz o orifício pelo qual a água passa, fazendo com que a velocidade da água seja maior. Isso gera uma queda de pressão que gera uma sucção na área de coleta de LGE. Enquanto o LGE é succionado, uma válvula ou um orifício fixo faz a dosagem correta a ser proporcionada ao jato de água. Na maioria dos casos, a válvula ou o orifício fixo pode ser regulado para dosagens de 1%, 3% ou 6%.

A figura 17 mostra o esquema de funcionamento de um entrelinhas, onde o extrato formador de espuma é o mesmo que líquido gerador de espuma.

Figura 17 - Esquema do entrelinhas e sucção pelo princípio Venturi



Fonte: Adaptado de (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006, p. 18)

A figura 18 traz um exemplo de um proporcionador instalado entre duas linhas de mangueiras.

O proporcionador por si só não gera espuma, devemos usá-lo em conjunto com um esguicho adequado para taxa de expansão que se deseja obter.

Figura 18 - Proporcionador instalado entre duas linhas de mangueiras



Fonte: Filho (2006)

3.14.3 Esguichos para uso de LGE

Esguichos são usados em conjunto com proporcionadores ou ainda podem juntar as duas características em um único dispositivo, isto é, serem esguichos e proporcionadores simultaneamente, nestes casos são chamados de esguichos proporcionadores. Vamos então abordar alguns tipos de esguichos.

a) Esguicho proporcionador

Ele é dotado de dois dispositivos Venturi, um para sucção do LGE e outro para aspiração do ar e gera espuma de baixa expansão (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006, p. 20). Na figura 19 temos um exemplo desse dispositivo.

Figura 19 – Esguicho proporcionador de espuma



Fonte: (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006, p. 20)

b) Esguicho proporcionador de espuma para canhão monitor

Para o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2006, p. 23),

Reúne o proporcionador e o esguicho lançador de espuma de baixa expansão em uma única peça ou corpo. Possui dois dispositivos de sucção, um para o EFE e outro para aspiração do ar.

Possui um dispositivo que arrasta o ar para o seu interior, adicionando-o a solução, que se expande ao sofrer batimento, tornando-se espuma. Possui válvula dosadora calibrada para 3 e 6%. [outros fabricantes podem oferecer outras opções de dosagem]

É conectado em canhões monitores que normalmente são fixos em viaturas, embora existam também canhões monitores portáteis.

Podemos observá-lo na figura 20.

Figura 20 – Esguicho proporcionador de espuma para canhão monitor



Fonte: (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006, p. 23)

c) Esguicho proporcionador de espuma com vazão regulável

Segundo o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2006, p. 22),

Reúne o proporcionador e o esguicho lançador de espuma de baixa expansão em uma única peça ou corpo. Possui dois dispositivos de sucção, um para o EFE e outro para aspiração do ar.

Possui um dispositivo que arrasta o ar para o seu interior, adicionando-o a solução, que se expande ao sofrer batimento, tornando-se espuma. Possui válvula dosadora calibrada para 3 e 6%. É um esguicho pequeno e leve, pode operar em jato pleno ou neblina, possuindo dispositivo que pode variar e regular a vazão.

O Dispositivo em questão encontra-se na figura 21.

Figura 21 – Esguicho proporcionalizador de espuma



Fonte: Bucka.com.br

d) 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. (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006, p. 26). Podemos visualizá-lo na figura 22.

Figura 22 – Esguicho para média expansão



Fonte: (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006, p. 26)

3.14.4 Extintor de espuma

Extintor de incêndio portátil, com carga de espuma mecânica, próprio para o combate de incêndio em hidrocarbonetos ou líquidos polares. Temos um exemplar na figura 23.

Figura 23 -Extintor de espuma



Fonte: Bucka.com.br

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Para melhor responder o objetivo de verificar se os bombeiros militares do CBMSC do 1º e 10º Batalhões de Bombeiros Militares possuem ou não conhecimentos técnicos em relação ao uso de líquidos geradores de espumas no combate a incêndio classe “B”, optou-se por aplicar um questionário de 15 perguntas de múltipla escolha entre os bombeiros dos batalhões acima citado. Para organização das informações obtidas, apresentação dos dados e as respectivas análises escolheu-se por: primeiramente apresentar a caracterização dos participantes do estudo e, e em seguida, mostrar as categorias que surgiram das respostas apresentadas no questionário. Portanto foram criadas três grandes categorias. A primeira categoria é conhecimento sobre combate a incêndio, cursos e atualizações: procura identificar se os participantes possuem o curso de Combate a Incêndio e assim como atualizações. A segunda categoria é os conhecimentos técnicos acerca do LGE: busca averiguar os conhecimentos que os participantes têm sobre o LGE e sua correta utilização. A terceira categoria é treinamento para combate a incêndios em líquidos inflamáveis com uso de espumas: visa mensurar o interesse que os participantes possuem em realizar treinamento para combater incêndios em líquidos inflamáveis usando espumas.

4.1 Caracterização dos participantes do estudo

Participaram do estudo 174 bombeiros militares, houve uma predominância de praças em relação aos oficiais, o que era de se esperar, pois existe uma forte disparidade numérica entre essas classes a qual é consequência direta da maneira como qualquer organização militar é estruturada, isto é, de um lado temos os praças que são os quais desempenham, ao natural, atividades operacionais, ou seja, o atendimento as ocorrências propriamente dito, Compreendendo as seguintes graduações, do mais modernos ao mais antigos: soldados (Sd), cabos (Cb), sargentos (Sgt) e subtenentes (ST), e do outro lado temos os oficiais que são elementos de planejamento, organização e liderança: tenentes (Ten), capitães (Cap), majores (Maj), tenentes coronéis (Ten Cel) e coronéis (Cel). É preciso frisar que os oficiais não tem graduações e sim postos.

O período de atuação profissional dos que participaram da pesquisa variou entre menos de cinco e mais de trinta anos. Os participantes do estudo permanecem anônimos em todos os aspectos, sendo apenas identificado o posto ou graduação.

4.2 Conhecimentos sobre combate a incêndio, cursos e atualizações

Para caracterização desta categoria foram levadas em conta as perguntas de número 1 a 8 do questionário exposto no apêndice A.

Para pergunta de numero 1, qual seu posto/graduação, a tabela 3, mostra os seguintes resultados:

Tabela 3 – Número de participantes por posto ou graduação

Posto ou Graduação	Sd	Cb	Sgt	ST	Ten	Cap	Maj	Ten Cel	Cel
Número de participantes	77	38	38	2	15	1	3	0	0
Percentual relativo ao total (%)	44,25	21,83	21,83	1,15	8,62	0,574	1,72	0	0

Fonte: o próprio autor

Como podemos notar a participação foi majoritariamente de praças com 89,06% do total contra 10,94% dos oficiais, o que não poderia deixar de ser dado como a estrutura militar é composta.

Quando distribuimos os participantes entre postos e graduações percebemos que 77 eram soldados, o que representa um resultados lógico pois essa é a primeira graduação que um praça ganha ao terminar sua formação. Pensamento igual se aplica aos tenentes, maioria entre os oficiais. Soma-se a isso o fato de que nos últimos anos houve uma grande inclusão de praças nas fileiras do CBMSC. Os cabos somaram 38 participantes, os sargentos o mesmo número, os subtenentes apenas 2, os tenentes 15, 1 capitão e 3 majores.

A pergunta número 2, qual seu tempo de serviço, pode ser distribuída segundo a tabela 4, da seguinte maneira:

Tabela 4 – Distribuição do tempo de serviço por graduação ou posto

Posto ou graduação	Sd	Cb	Sgt	ST	Ten	Cap	Maj
menos que 5	26	0	0	0	6	0	0
de 5 a 10	22	3	0	0	9	0	0
de 11 a 15	3	0	0	0	0	1	0
de 16 a 20	21	6	0	0	0	0	1
de 21 a 25	4	26	12	1	0	0	2
de 26 a 30	0	3	11	1	0	0	0
mais que 30	1	0	15	0	0	0	0

Fonte: o próprio autor

Pode-se notar que em todas as faixas de tempo ocorreram participantes, exaltando a diversidade de experiências dos participantes.

Tabela 5 – Experiência profissional versus cursos e atualizações

Posto ou graduação	Sd	Cb	Sgt	ST	Ten	Cap	Maj
Fez o curso	71	33	34	1	15	1	3
Não fez o curso	6	5	4	1	0	0	0
Não fez o curso mas recebeu treinamento diverso	4	3	3	0	0	0	0
Recebeu aperfeiçoamento em combate a incêndio	25	27	32	1	1	1	0
Não Recebeu aperfeiçoamento em combate a incêndio	52	11	6	1	14	0	3
Recebeu instrução para combate em incêndios classe “B”	54	29	33	1	13	0	1
Não recebeu instrução para combate em incêndios classe “B”	23	9	5	1	2	1	2
Combateu incêndio em líquidos inflamáveis	34	25	29	1	10	1	0
Não combateu incêndio em líquidos inflamáveis	43	13	9	1	5	0	3

Fonte: o próprio autor

Prosseguindo através da tabela 5, podemos analisar a experiência profissional versus cursos e atualizações onde podemos observar que 158 participantes possuem o curso de Combate a Incêndio o que totaliza 90,80% dos participantes contra apenas 16 participantes sem o curso, todavia, destes, 10 participantes têm pelo menos algum treinamento na área de combate a incêndio, o que nos deixa com somente 6 participantes sem nenhum tipo de instrução em combate a incêndio isso assinala apenas 3,45% do total dos participantes. Podemos então concluir que a tropa, em tese, encontra-se instruída sobre o combate a incêndio de maneira geral, contudo, não se pode confirmar a qualidade desse

conhecimento. Também foi possível observar que 50% dos participantes além de terem feito o curso de Combate a Incêndio receberam ainda algum tipo de aperfeiçoamento no assunto, evidenciando a preocupação do CBMSC em treinar seus combatentes.

Quando voltamos nossa atenção especificamente a instrução sobre combate a incêndio classe “B” foi constatado que 131 participantes (75,29%) receberam esse conhecimento por parte do CBMSC contra apenas 43 participantes (24,71%) que não o receberam.

Fica muito difícil pensar em qualquer instrução de combate a líquidos inflamáveis sem que seja abordado o assunto LGE, prova disso pode ser obtida com a análise dos resultados alcançados, na pergunta: já recebeu instrução sobre o uso de LGE, onde 82,18% do total dos participantes afirmam ter recebido alguma instrução sobre o uso de LGE mesmo que ela tenha sido fraca ou insuficiente.

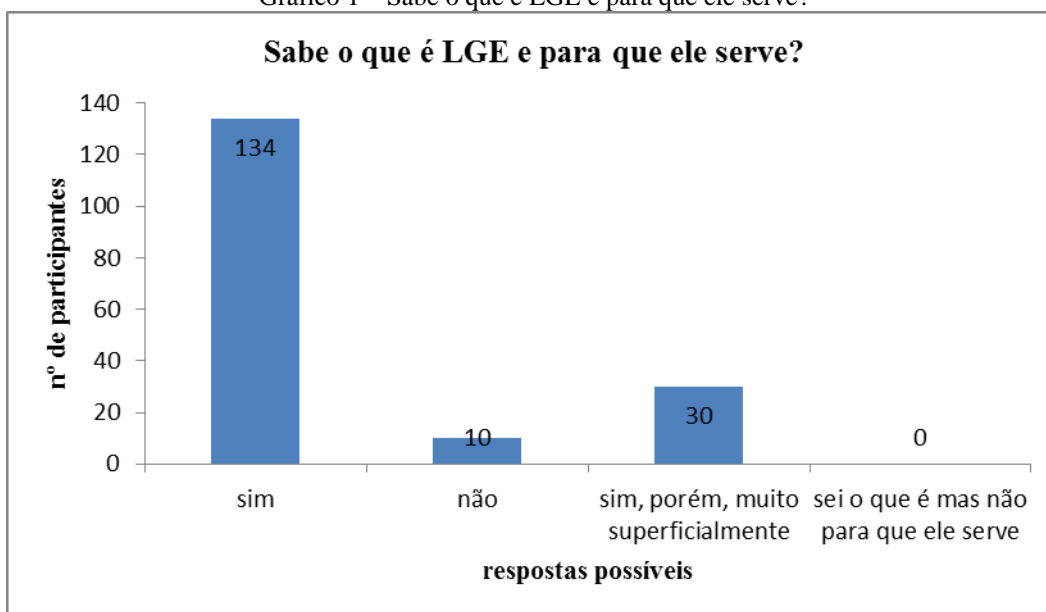
Indo além, verificou-se que 100 participantes (57.47%) combateram incêndio em líquidos inflamáveis, isto é, mais da metade. Esse número evidencia a necessidade de que a corporação invista em treinamento sobre o LGE.

4.3 Conhecimentos técnicos acerca do LGE

Para caracterização desta categoria foram levadas em conta as perguntas de número 9 a 14 conforme questionário exposto no apêndice A.

Nessa categoria optou-se pela construção de gráficos, para melhor visualização dos dados coletados referentes aos conhecimentos que os participantes têm sobre o LGE e sua correta utilização.

Gráfico 1 – Sabe o que é LGE e para que ele serve?

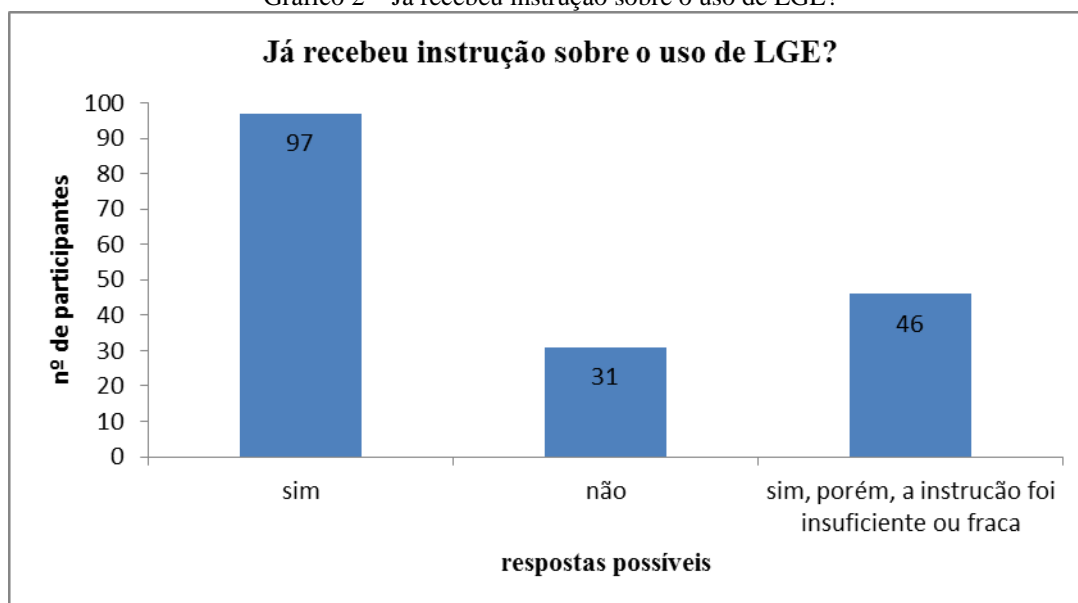


Fonte: o próprio autor

Analisando o gráfico 1, vemos que 134 participantes afirmam saber o que é o LGE, isso representa 77,02% do total. Desses 53 eram soldados, 31 cabos, 32 sargentos, 2 subtenentes, 12 tenentes, 1 capitão e 3 majores. Interessante perceber que se 90,80% dos participantes tem o Curso de Combate a Incêndio, 13,78% dos participantes que fizeram o curso, porém, não sabem o que é LGE ou afirmam saber muito superficialmente.

Saber o que é e para que serve o LGE não implica que se conheçam todas as facetas desse produto muito menos que os participantes sabem como utiliza-lo de forma correta, e é justamente isso que as próximas perguntas buscam averiguar.

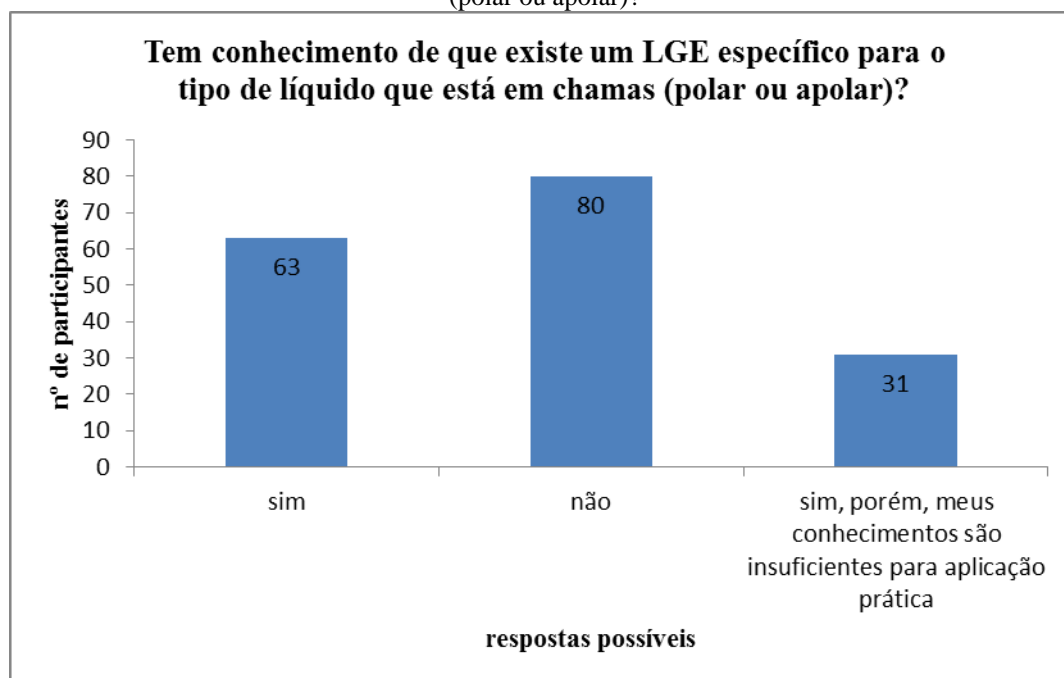
Gráfico 2 – Já recebeu instrução sobre o uso de LGE?



Fonte: o próprio autor

Avaliando o gráfico 2, percebe-se que 97 participantes relatam que receberam alguma instrução acerca do uso do LGE isso representa 55,74% do total. Distribuindo o primeiro valor entre postos e graduações ficamos com 37 soldados, 20 cabos, 29 sargentos, 1 subtenente, 8 tenentes, 1 capitão e 1 major. Dando procedimento a análise, 31 participantes narram não terem recebido qualquer instrução sobre o assunto e 46 comentam a instrução foi fraca ou insuficiente. Fazendo as contas notamos que 82,18% do total dos participantes afirmam ter recebido alguma instrução sobre o uso de LGE mesmo que ela tenha sido fraca ou insuficiente. Esse índice de 82,18%, no mínimo demonstra que o LGE é um assunto que está sendo debatido dentro das instruções do CBMSC.

Gráfico 3 – Tem conhecimento de que existe um LGE específico para o tipo de líquido que está em chamas (polar ou apolar)?



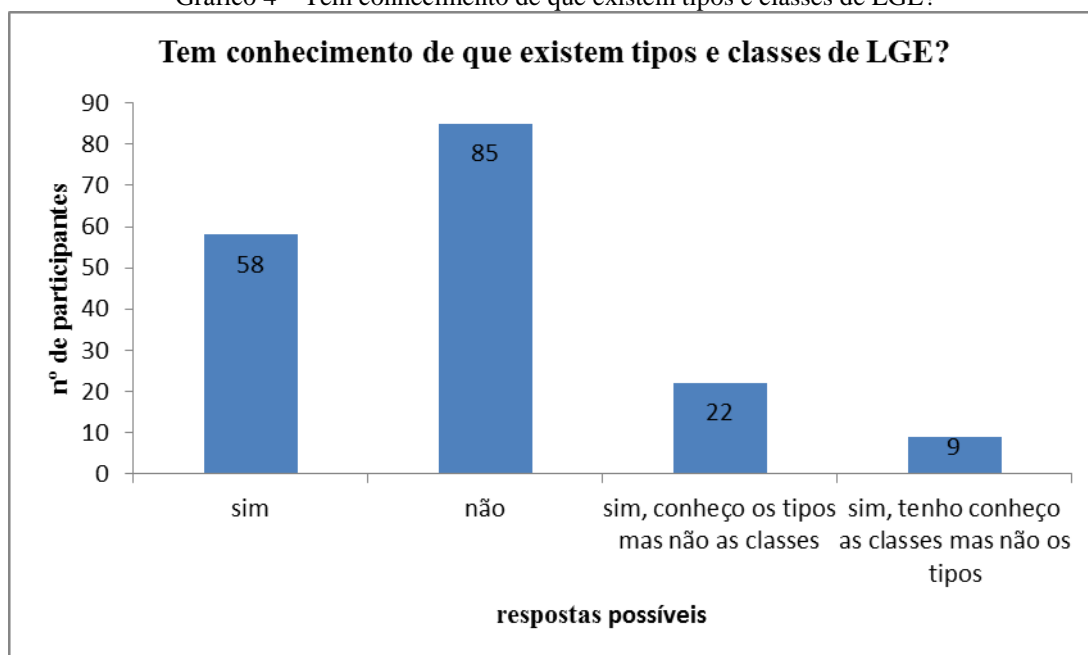
Fonte: o próprio autor

Aqui procurou-se verificar se os participantes sabem que existe um LGE específico para a polaridade do líquido que está a arder em chamas, isto é, se poderiam escolher o LGE correto baseado na polaridade do líquido inflamável.

Observando-se o gráfico 3, nota-se que, 36,21% dos participantes têm ciência do LGE correto a escolher, 45,98% não tem esse conhecimento e 17,81% possuem conhecimentos, todavia, consideram que eles são insuficientes para aplicação na prática. No total 63,79% dos participantes não são capazes de escolher de modo adequado o LGE baseado na polaridade do líquido, isso demonstra que polaridade de líquidos não é um assunto bem trabalhado dentro das instruções de combate a incêndio classe “B”.

Frisa-se que quando não se tem conhecimento sobre a polaridade de LGE para o combate acaba-se, por vezes, utilizando o LGE inadequado ou em concentração diferente da recomendada, o que por consequência, gera um combate menos eficiente além de desperdício de material.

Gráfico 4 – Tem conhecimento de que existem tipos e classes de LGE?



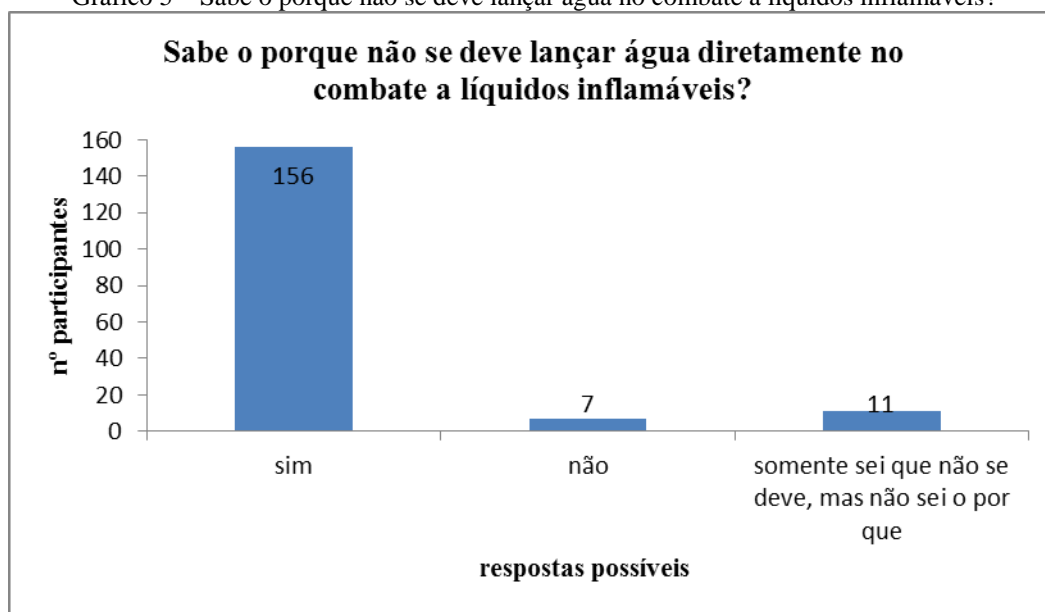
Fonte: o próprio autor

Os resultados mostrados no gráfico 4 demonstram que 33,34% dos participantes sabem da existência dos tipos e classes do LGE. Não possuem nenhum conhecimento sobre o tópico 48,85%, conhecem os tipos e não as classes 12,64% e finalmente 5,17% dos participantes conhecem as classes, mas não os tipos.

Se somarmos as percentagens das ocorrências obtidas nas respostas com algum tipo de negativa temos que 66,66% dos participantes têm conhecimentos nulos ou incompletos sobre classes e tipos de LGE.

Podemos notar que esse assunto não vem sendo abordado, ou não tem se dado ênfase, dentro das instruções as quais a tropa é exposta. Ter esse conhecimento implica em escolher corretamente o tipo de LGE a ser usado em um incêndio, em outras palavras ter sucesso ou não no combate.

Gráfico 5 – Sabe o porque não se deve lançar água no combate a líquidos inflamáveis?

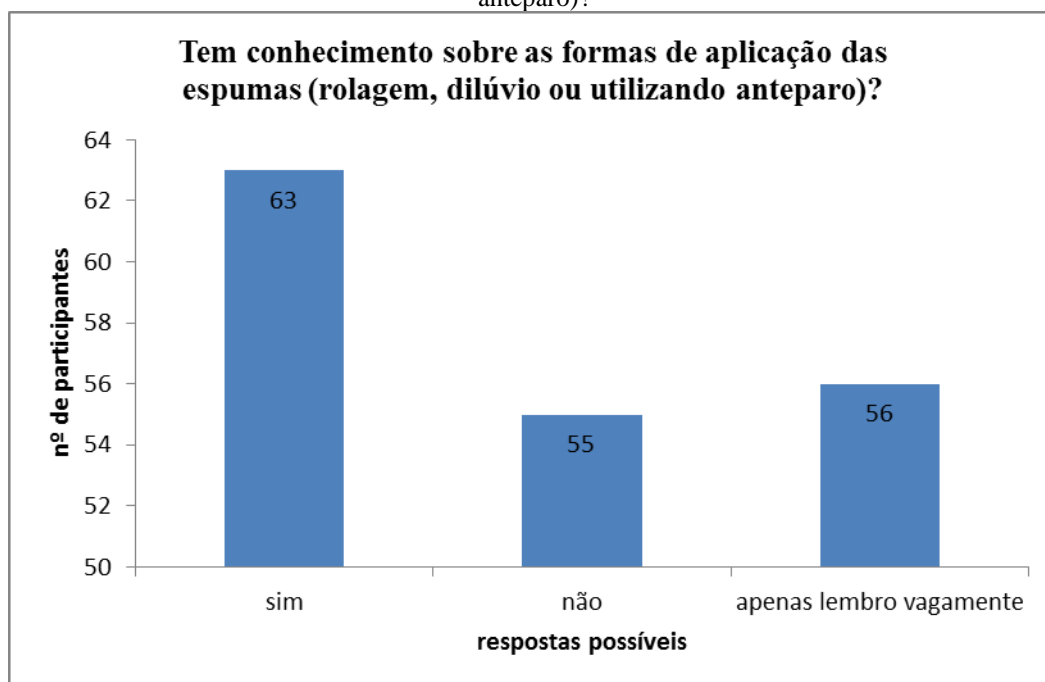


Fonte: o próprio autor

Ainda analisando os conhecimentos técnicos pertinentes ao LGE, quando questionados sobre o motivo pelo qual não se deve lançar água diretamente sobre incêndio em líquidos inflamáveis, a maioria 89,65% afirma que sabe o motivo, enquanto 4,03% responderam que desconhecem a razão. Outros 6,32% narram saber que sabe não deve lançar água, mas desconhecem o motivo. Esses números foram obtidos com base no gráfico 5.

A resposta a essa pergunta diz respeito a fenômenos que acontecem em um incêndio, como o *Boil Over* e outros fenômenos que são abordados dentro de qualquer curso de Combate a Incêndio básico. O fato de 89,65% dos participantes afirmarem saber o motivo vem ao encontro de que 90,80% dos participantes terem feito o curso de Combate a Incêndio como já afirmado anteriormente. Confirma-se então a qualidade deste curso, neste quesito, assim como, que este aspecto sobre o uso do LGE está quase que praticamente dominado pela tropa. Ainda, reforça essa afirmação o fato de que 6,32% dos participantes pelo menos responderam que apesar desconhecem o motivo, pelo menos sabem que não se deve lançar água diretamente sobre um incêndio classe “B”, restando assim apenas 4,03% de desconhecimento total. Esse pequeno percentual de 4,03% não deixa de ser, no entanto, preocupante uma vez que, feri gravemente uma regra básica de segurança no combate a incêndio classe “B”, podendo vir a causar sérios acidentes, que por vezes, pode até serem fatais.

Gráfico 6 – Tem conhecimento sobre as formas de aplicação das espumas (rolagem, dilúvio ou utilizando anteparo)?



Fonte: o próprio autor

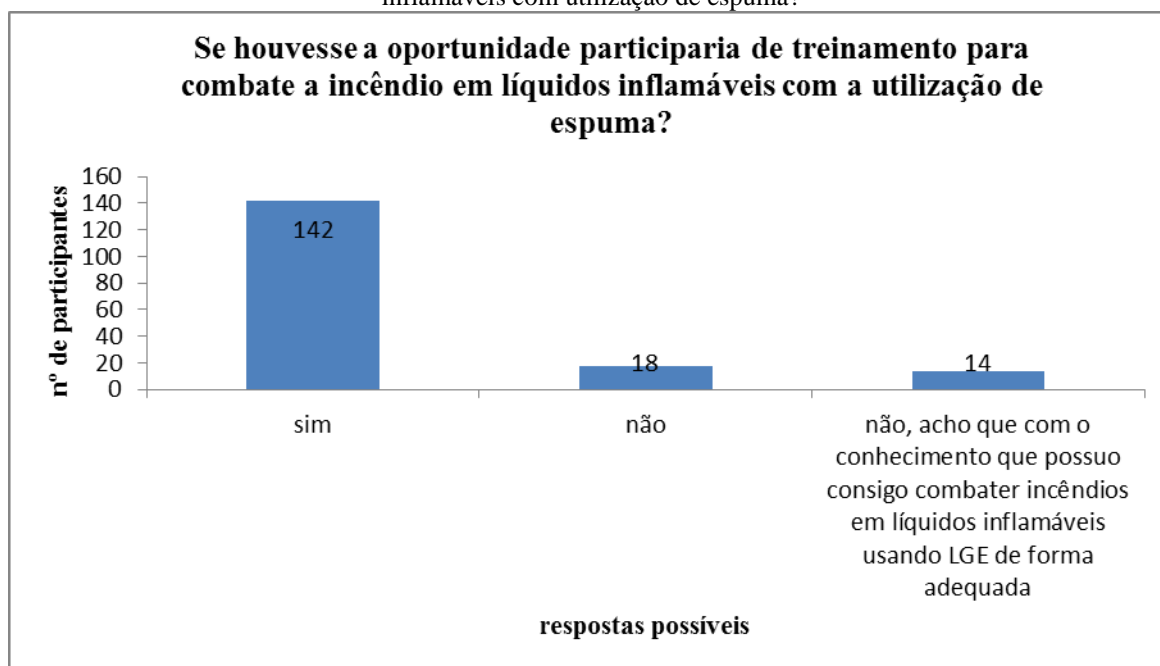
Finalmente encerrando a análise dessa classe temos o gráfico 6, onde fica exposto que 36,21% possuem conhecimentos acerca das formas de aplicação das espumas. Quando analisamos os participantes que responderam de forma negativa obtemos 31,61% do total e que apenas lembram vagamente totalizam 32,18%.

Devemos considerar que apenas lembrar vagamente esses métodos não é suficiente em uma atividade arriscada como o combate a incêndio classe “B”. Conclui-se então, que existe uma falha relativa a esse conhecimento, onde 63,79% dos participantes não conseguem efetuar de forma adequada a aplicação das espumas.

4.4 Treinamento para combate a incêndios em líquidos inflamáveis com uso de espumas

Nessa categoria o foco foi avaliar a vontade que os participantes têm de participar de treinamento de combate a incêndio usando LGE.

Gráfico 7 – Se houvesse a oportunidade participaria de treinamento para combate a incêndio em líquidos inflamáveis com utilização de espuma?



Fonte: o próprio autor

Relativo a vontade dos participantes de tomarem parte em treinamento de combate a incêndio em líquidos inflamáveis usando LGE, o gráfico 7, demonstra que 81,61% dos participantes têm esse desejo. Continuando 10,43% não manifestaram qualquer interesse em participar de treinamento, em contraponto 8,05% acreditam que com os conhecimentos que possuem neste momento conseguem combater incêndios classe “B” usando LGE de forma adequada.

A pequena percentagem de negativas indica que a estruturação de um curso específico no assunto não seria uma perda de tempo por parte do CBMSC, contribuindo para o aprimoramento técnico de seus militares, uma vez, já foi mostrado que mais da metade dos participantes já combateu incêndios classe “B”.

5 CONCLUSÃO

A primeira parte desse trabalho teve como objetivo a construção de referencial teórico sobre a ciência do fogo, incêndio em líquidos inflamáveis e sobre o uso de LGE no combate ao incêndio classe “B”. Com isso, chegou-se a algumas conclusões: o fogo pode ser conceituado como um processo (reação química) de oxidação rápida, autossustentável, acompanhada pela produção de luz e calor em intensidades variáveis. Concluiu-se que existe uma diferença entre incêndio e fogo. O incêndio nada mais é que o fogo em descontrole, sendo capaz de provocar lesão corporal à integridade física do indivíduo e produzir danos ao patrimônio público ou privado.

Mostrou-se que o tetraedro do fogo possui quatro elementos: combustível, comburente, calor e reação em cadeia.

Definiu-se as cinco classes de incêndio de acordo com a NFPA 10, são elas: “A”, “B”, “C”, “D” e “K”.

Na sequência trabalhou-se com controle de incêndios, foi mostrado que suprimir o fogo é atuar para eliminar pelo menos uma das faces do tetraedro do fogo, uma vez que: todo o combustível disponível seja consumido; o combustível e/ou o oxigênio seja eliminado; a temperatura seja reduzida por resfriamento; a quantidade de radicais livres seja reduzida e se quebre a reação em cadeia. Dando continuidade, abriu-se um tópico dedicado aos incêndios em líquidos inflamáveis. Foi exposto os líquidos inflamáveis têm diversas finalidades, mas ao mesmo tempo representam sérios riscos de incêndio, pois, quando ardem, podem gerar fogo intenso que se alastra com rapidez, tornando-se, quase sempre, incontrolável. Dentro do tópico dedicado aos incêndios em líquidos inflamáveis foram trabalhados alguns aspectos técnicos acerca desses líquidos como: diferença entre líquido inflamável e líquido combustível e sua classificação em classes segundo a NBR 17505-1.

Conceituou-se o LGE, como líquido que quando diluído em água e aerado, gera espuma para prevenção e extinção de incêndios em combustíveis líquidos. Foram abordados os tipos e classes de LGE, os dados que devem constar em qualquer embalagem de LGE vendido em solo brasileiro, compatibilidade entre líquidos geradores de espuma, apresentou-se o conceito de tetraedro da espuma e seus componentes, conceituou-se espuma de maneira geral abordando seu conceito e suas características termodinâmicas e também sua estrutura geométrica, para então conceituarmos especificamente a espuma de combate a incêndio. Diferenciou-se a espuma química da mecânica. Para encerrar esse capítulo foi trabalhado de

forma detalhada o funcionamento da espuma no combate a incêndios e as vantagens de usá-las.

Mais adiante foram expostos diversos equipamentos relacionados com uso do LGE como: o Pro Pak, proporcionadores, esguichos diversos, extintor de espuma.

Finalizando foi apresentada a análise dos dados coletados com a intenção de responder se os bombeiros militares do CBMSC possuem ou não conhecimentos específicos em relação ao uso de líquido geradores de espumas no combate a incêndio classe “B”. Para responder essa pergunta foi aplicado um questionário de 15 perguntas de múltipla escolha em bombeiros do 1º e 10º Batalhões de Bombeiros Militares, entre praças e oficiais. Foram criadas categorias que surgiram das perguntas apresentadas no questionário, são elas: conhecimento sobre combate a incêndio, cursos e atualizações, a qual procurou identificar se os participantes possuem o curso de Combate a Incêndio, assim como, atualizações. A segunda categoria, conhecimentos técnicos acerca do LGE, buscou averiguar os conhecimentos que os participantes têm sobre o LGE e sua correta utilização. A terceira categoria buscou levantar a vontade dos participantes de realizarem treinamento para combate a incêndios em líquidos inflamáveis com uso de espumas.

Todos os resultados aqui apresentados buscaram expressar somente a verdade e para tentarmos garantir isso os questionários foram respondidos de maneira anônima e sem a presença do pesquisador na tentativa de evitar qualquer resposta falsa. Contudo, acreditamos que parte dos participantes responderam as perguntas, de certa forma, manipulando as respostas com receio de sofrer alguma retaliação, porém, o resultado final foi satisfatório. Como conclusão ficou explícito que:

- 1- A tropa afirma estar bem treinada no combate a incêndio de maneira geral, porém, sem que se confirme a qualidade desse conhecimento;
- 2- Grande parte dos militares participantes receberam instrução sobre combate a incêndio classe “B”;
- 3- Mais da metade da tropa já combateu incêndio classe “B”, evidenciando a realidade dessas ocorrências e necessidade de se investir em treinamento adequado;
- 4- Existe a necessidade de se trabalhar polaridade de líquidos inflamáveis com os militares pois a má escolha do LGE implica em combate ineficaz;
- 5- Apesar de poucos não terem conhecimentos do motivo de que não se deve lançar água diretamente em incêndios em líquidos inflamáveis, isso constitui uma grave falha, pois influencia diretamente na segurança do combatente e outras pessoas envolvidas, não

podendo então deixar de ser esclarecido junto aos bombeiros;

6- Existe outra falha relativa as formas de aplicação das espumas, com poucos participantes afirmando que possuem esse conhecimento;

7- Se disponibilizado treinamento para combate a incêndios em líquidos inflamáveis com uso de espumas, haveria um grande número de interessados em realizá-lo.

REFERÊNCIAS

ACIDENTES, Desastres, Riscos, Ciência e Tecnologia. **Zona de risco**. 2009. Disponível em: <<http://zonaderisco.blogspot.com.br/2009/11/prevencao-de-incendios-envolvendo.html>>. Acesso em: 18 mar 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 1551**: Líquido Gerador de Espuma (LGE), de Baixa Expansão, para Combate a Incêndios em Combustíveis Líquidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 23 p.

_____. **NBR 18860**: Glossário de Termos Relacionados com a Segurança Contra Incêndios. 1997. Rio de Janeiro: ABNT, 1997, 10 p.

BUCKA. **Esguichos Manuais**. 2014. Disponível em: <<http://www.bucka.com.br/esguichos/esguichos-manuais/>>. Acesso em: 18 mar 2014.

_____. **Extintor de Incêndio Portátil Espuma Mecânica**. Disponível em: <<http://www.bucka.com.br/extintores/extintores-de-incendio-portateis/extintor-de-incendio-portatil-espuma-mecanica/>>. Acesso em: 18 mar 2014.

CLASSIFICAÇÃO dos Incêndios e identificação dos Extintores. **Sirinoseg**, 29 jul 2011. Disponível em: <<http://sirinoseg.blogspot.com.br/2011/07/classificacao-dos-incendios-e.html>>. Acesso em: 18 mar 2014.

COLLETI, Dominic J. **Questions About Class A Foam In Municipal Fire Operations**. Disponível em <www.haleproducts.com/Main/Downloads,342.aspx>. Acesso em: 18 março 2014.

CONROY, Mark. **NFPA Journal Latinoamericano – Riscos de Incêndios de Líquidos inflamáveis: Vocês estão Preparados ?**. Mar 2012. Disponível em: <http://www.nxtbook.com/nxtbooks/nfpa/jla_201203-p/index.php?startid=36>. Acesso em: 11 jan 2014.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Apostila do Curso de Combate a Incêndio Estrutural nível I**. Florianópolis, 2010.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Introdução à Ciência do Fogo**. 13 dez 2003. Disponível em: <http://www.cbmerj.rj.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=42:introducao-a-ciencia-do-fogo&catid=7:Informacoes-Tecnicas&Itemid=15>. Acesso em: 11 de jan 2014.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Emprego de Espuma Mecânica no Combate a Incêndios**. 1. ed. São Paulo, 2006.

CUNHA, Pedro. **As Espumas Físicas**. Disponível em: <http://www.bvvimioso.pt/pagina/uploads/files/pdfs/documentos/documentacao/espumas_fi>

sicas.pdf>. Acesso em: 19 jan 2014.

DANTASNET. **Métodos de Extinção de Incêndio**. 2013. Disponível em: <<http://naturezadofogo.com.br/metodos-de-extincao-de-incendio/>>. Acesso em: 2 mar 2014.

DIÁRIO CATARINENSE. **Caminhão Pega Fogo na BR-101, em Sangão, no Sul de Santa Catarina**. 26 abr 2011. Disponível em: <<http://diariocatarinense.clicrbs.com.br/sc/noticia/2011/04/caminhao-pega-fogo-na-br-101-em-sangao-no-sul-de-santa-catarina-3288395.html>>. Acesso em: 4 mar 2014.

DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS. **Coalescência**. 2014. Disponível em: <<http://www.dicio.com.br/coalescencia/>>. Acesso em: 4 abr 2014

EMMANUELLI, Leandro Flores. **Estudo sobre a Viabilidade do uso de Tensoativos no Combate a Incêndio Classe “A”**. 2012. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

FERREIRA, George de Vargas. **Espuma de Combate a Incêndio**: Análise das vantagens da espuma no combate a incêndios classe A. 2007. 64 f. Monografia (Curso de Tecnólogo em Gestão de Emergências) – UNISUL, São José, 2007.

FIGUEREDO, Rita C. R; RIBEIRO, Fabiana A. L.; SABADINI, Edvaldo. **Ciência de Espumas - Aplicação na Extinção de Incêndios**, Jun 1998. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/qn/v22n1/1146.pdf>. Acesso em: 9 fev 2014.

FILHO. Oswaldo dos Santos Pinto. **Combate a incêndio com o uso de espuma tipo AFFF, ARC, LGE - Armação de linha direta com espuma - Misturados entre linhas - Vozes de Comando - Observações ao direcionar o jato de espuma**. 2012. Disponível em: <<http://bombeirosaldo.blogspot.com.br/2012/10/combate-incendio-com-o-uso-de-espuma.html>>. Acesso em: 18 mar 2014.

FIREHOUSE.COM. **TFT's New Eductor and PRO/pak Designed for Alcohol Resistant Foam Concentrate**. 2011. Disponível em: <http://www.firehouse.com/press_release/10461421/tfts-new-eductor-and-pro-pak-designed-for-alcohol-resistant-foam-concentrate>. Acesso em: 18 mar 2014.

GLOBO.COM. **Incêndio em tanque de álcool em usina de Ourinhos já dura 30 horas**. 1 jan. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2013/01/incendio-em-tanque-de-alcool-em-usina-em-ourinhos-continua-apos-24h.html>>. Acesso em: 2 mar 2014.

GOODFIRE. **Métodos de Extinção de Fogo**. 2010. Disponível em: <<http://goodfire.wordpress.com/2010/09/13/metodos-de-extincao-de-fogo/>>. Acesso em: 2 mar 2014.

INCROPERA, Frank, et al. **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa**. 6. ed. Rio de Janeiro 2008. Editora LTC, 2008.

KIDDE. **Guia de Espuma para Bombeiros e Brigadistas**. Ago 2008. Disponível em: <www.kidde.com.br/Documents/GuiaBrigadista.pdf>. Acesso em: 11 de jan 2014.

LEONEL, Vilson; MOTTA, Alexandre de Medeiros. **Ciência e Pesquisa. Disciplina na modalidade a distância, livro didático**. 2. ed. revista e atualizada. Palhoça: UnisulVirtual, 2007. 230p.

LESSA, Leandro. **Caminhão-Tanque Tombado Próximo ao Elevado da Seta deve ser Retirado neste Domingo**. 2 mar 2014. Disponível em: <<http://www.clicrbs.com.br/especial/sc/radio-cbn-diario/19,1176,4434490,Caminhao-tanque-tombado-proximo-ao-Elevado-da-Seta-deve-ser-retirado-neste-domingo.html>>. Acesso em: 4 mar 2014.

LOPES, Humberto Brotto. **FW: Kidde Brasil - Inquiry Submission** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <dnte69@gmail.com> em 28 mar 2014.

MADUREIRA, Alberto. **Unidade Didática 01 - Parte I - Características e Comportamento do Fogo**. 2009. Disponível em: <http://www.albertomadureira.com/inovaweb/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=165&Itemid=63>. Acesso em: 11 de jan 2014.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

MARCUS, Du Sautoy. **Os mistérios dos números: Uma Viagem Pelos Grandes Enigmas da Matemática**. Rio de Janeiro 2013. Jorge Zahar Editor Ltda, 2013.

MARQUES, Marcos Leandro. **Estudo Comparativo entre Extintores Classe K e Classe B em Cozinhas Industriais**. 2012. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) - CBMSC, Florianópolis, 2012, p.27.

MARTINS, Vilásia Guimarães; COSTA, Jorge Alberto Vieira Costa; HERNÁNDEZ, Carlos Prentice. **Hidrolisado Protéico de Pescado Obtido por Vias Química e Enzimática a partir de Corvina (*Micropogonias furnieri*)**. Nov 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n1/v32n1a12.pdf>>. Acesso em: 1 mar 2014

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 10: Standard for Portable Fire Extinguishers**. Minneapolis, 2002. 119 p.

OLIVEIRA, Marcos de. **Estudo Sobre Incêndios de Progresso Rápido**. 2005. 74 f. Monografia (Especialização em Planejamento e Gestão em Defesa Civil) – Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, nov 2005. Disponível em http://www.ceped.ufsc.br/sites/default/files/projetos/Monografia_Marcos.pdf Acesso em: 1 mar. 2014.

PREVIDELLI, Amanda. **Os maiores incêndios do Brasil antes de Santa Maria**. 28 jan 2013. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/os-maiores-incendios-no-brasil>>. Acesso em: 2 mar 2014.

RUSSEL, John B.. **Química Geral**. São Paulo: McGraw-Hill, 1982.

SABADINI, Edvaldo. **Espumas**. Disponível em: <<http://chipe.iqm.unicamp.br/~wloh/cursos/qp234/espumasconceitosbasicos.pdf>>. Acesso em: 1 mar. 2014.

SANTA CATARINA (Estado). Constituição (1989). **Constituição do Estado de Santa Catarina**. Disponível em: <<http://www.ale.sc.gov.br/portal/legislacao/constituicaoestadual.php>>.

SARTE, Anderson Medeiros. **Perícia de Incêndio: Uma Abordagem sobre a Coleta de Amostras Sólidas e Líquidas em Edificações Sinistradas pelo Fogo**. 2009. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências, São José, 2009.

SEITO, Alexandre Itiu, et al. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

SULINFOCO. **Incêndio Destrói Metalúrgia e Fumaça Assusta Moradores de Tubarão**. 1 out. Disponível em: <<http://www.sulinfo.com.br/incendio-destroi-metalurgia-e-fumaca-assusta-moradores-de-tubarao>>. Acesso em: 4 mar 2014.

TAKESHITA, Elaine Vosniak. **Adulteração de Gasolina por Adição de Solventes: Análise dos Parâmetros Físico-Químicos**. 2006. 102 f. Dissertação. (Pós-graduação em Engenharia Química) – UFSC, Florianópolis, 2006.

VARGAS, André. **Incêndio destrói empresa de produtos químicos em SP**. 1 jul 2011. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/incendio-destroi-fabrica-de-produtos-quimicos-em-sp>>. Acesso em: 2 mar 2014.

VIEIRA, Fernando Ireno. **Combate a Incêndio Florestal: Determinação do Índice de Eficiência Global de Retardantes Químicos de Curta e de Longa Duração e Avaliação de seus Efeitos sobre a Redução da Intensidade do Fogo em Vegetação, em Condições de Laboratório**. 2011, 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

WeWantToLearn.net. **Plateau's Laws, Soap Bubbles & Grasshopper**. 14 nov 2012. Disponível em: <<http://wewanttolearn.wordpress.com/2012/11/14/plateaus-laws-soap-bubbles-grasshopper/>>. Acesso em: 18 mar 2014.

ZARZUELA, José Lopes; ARAGÃO, Ranvier Feitosa. **Química Legal e Incêndios: Tratado de Perícias Criminalísticas**. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1999. 467 p.

APÊNDICE A - Questionário

Formulário sobre Líquido Gerador de Espuma (LGE)

Olá, respondendo esse questionário você está ajudando na elucidação do conhecimento que nós bombeiros militares temos sobre o LGE. Vale ressaltar que esse questionário será respondido de forma **TOTALMENTE ANÔNIMA** e que os resultados irão ser usados no Trabalho de Conclusão de Curso do Cad BM Daniel Torquato Elias, trabalho esse, que todos os quais que desejarem terão acesso livre. Caso queira fazer contato sintá-se livre para usar o e-mail torquato@cbm.sc.gov.br. **MUITO OBRIGADO POR COLABORAR** com esse trabalho e para construirmos uma corporação melhor!

Todas as perguntas são de múltipla escolha e obrigatórias. Somente é possível dar uma única resposta.

1- Qual seu posto/graduação?

- Soldado
- Cabo
- Sargento
- Subtenente
- Tenente
- Capitão
- Major
- Tenente Coronel
- Coronel

2- Qual seu tempo de serviço?

- menos que 5 anos
- de 5 a 10 anos
- de 11 a 15 anos
- de 16 a 20 anos
- de 21 a 25 anos
- de 26 a 30 anos
- mais que 30 anos

3- Fez o curso de Combate a Incêndio?

- sim
- não

4- Em que ano realizou o curso de Combate a Incêndio?

- entre os anos de 1980 e 1989
- entre os anos de 1990 e 1999
- entre os anos de 2000 e 2005
- entre os anos de 2006 e 2010
- entre os anos de 2010 e 2014

não realizei

5- Se não tem o curso de combate a incêndio ao menos recebeu algum treinamento envolvendo o assunto?

sim

não

não se aplica, possuo o curso de Combate a Incêndio

6- Recebeu algum tipo de aperfeiçoamento/atualização em combate a incêndio?

sim

não

7- Recebeu instrução sobre combate a incêndio em líquidos inflamáveis (classe “B”)?

sim

não

8- Já combateu incêndio em líquidos inflamáveis?

sim

não

9- Sabe o que é líquido gerador de espuma (LGE) e para que ele serve?

sim

sim, porém, muito superficialmente

sei o que é LGE mas não para que ele serve

não

10- Já recebeu instrução sobre o uso de líquido gerador de espuma (LGE)?

sim

sim, porém, a instrução foi insuficiente ou fraca

não

11- Tem conhecimento que existe um LGE certo para o tipo de líquido que está em chamas (polar (ex. álcool) ou apolar (ex. gasolina))?

sim

sim, porém, meus conhecimentos não são insuficientes para serem aplicados na prática

não

12- Tem conhecimento de que existem tipos e classes de LGE?

sim

sim, sabia dos tipos mas não das classes

- sim, sabia das classes mas não dos tipos
- não

13- Sabe o porquê não se deve lançar água diretamente no combate a líquidos inflamáveis?

- sim
- só sei que não se deve, mas não sei o porque
- não

14- Tem conhecimento sobre as formas de aplicação das espumas (rolagem, dilúvio, ou utilizando anteparo)?

- sim
- apenas lembro vagamente
- não

15- Se houvesse a oportunidade participaria de treinamento para combate a incêndio em líquidos inflamáveis com a utilização de espuma?

- sim
- não, acho que com o que eu sei consigo combater incêndios em líquidos inflamáveis usando LGE de forma adequada
- não