

# **Relatório Técnico: Estudo sobre a eficácia do protótipo de líquido gerador de espuma desenvolvido pelo CBMDF (LGE-CBMDF).**

---

**Cad. Rodrigo César Alaby**



**Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal  
Departamento de Ensino, Pesquisa, Ciência e Tecnologia  
Diretoria de Ensino  
Academia de Bombeiro Militar**

**RT 001/2019**

# **Relatório Técnico: Estudo sobre a eficácia do protótipo de líquido gerador de espuma desenvolvido pelo CBMDF (LGE-CBMDF).**

**Cad. QOBM/Comb. Rodrigo César Alaby**

Academia de Bombeiro Militar

**Cap. QOBM/Comb. Alisson Bernadi de Barros**

Centro de Formação e Aperfeiçoamento de Praças

**Novembro, 2019**

**Corpo De Bombeiros Militar do Distrito Federal**

*Cel. QOBM/Comb. Carlos Emilson Ferreira dos Santos*

**Departamento de Ensino, Pesquisa, Ciência e Tecnologia**

*Cel. QOBM/Comb. Francisco Roberto de Matos Guedes*

**Diretoria de Ensino**

*Ten-Cel. QOBM/Comb. Célio Wilson Rodrigues*

**Academia de Bombeiros Militar**

*Ten-Cel. QOBM/Comb. Flávio da Costa Portela*

© 2019 Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial. Venda proibida. Distribuição gratuita. A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é dos autores.

Certas entidades comerciais, equipamentos e materiais podem ser identificados neste documento com o propósito de descrever procedimentos experimentais ou conceitos adequadamente. Tais identificações não constituem ou implicam em recomendações ou aval por parte do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. RT 001/2019: Estudo sobre a eficácia do protótipo de líquido gerador de espuma desenvolvido pelo CBMDF (LGE-CBMDF). Brasília: CBMDF, 2019.**

## SUMÁRIO

|     |                                           |    |
|-----|-------------------------------------------|----|
| 1   | ESCOPO.....                               | 5  |
| 2   | JUSTIFICATIVA.....                        | 5  |
| 3   | OBJETIVO DO RELATÓRIO .....               | 6  |
| 4   | NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....   | 7  |
| 5   | INFORMAÇÃO SOBRE O OBJETO EM ESTUDO ..... | 7  |
| 6   | METODOLOGIA .....                         | 9  |
| 7   | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....              | 10 |
| 7.1 | LGE-CBMDF a 0,7% .....                    | 10 |
| 7.2 | BIO FOR C a 0,5% .....                    | 11 |
| 7.3 | Água .....                                | 12 |
| 8   | CONCLUSÃO .....                           | 12 |
| 9   | RECOMENDAÇÕES PARA O CBMDF .....          | 13 |

# **1 ESCOPO**

O objeto deste estudo foi verificar a eficácia do protótipo de LGE institucional, classe A (LGE-CBMDF) desenvolvido pela Diretoria de Investigação de Incêndio (DINVI) do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF).

O desenvolvimento de um protótipo institucional trará a possibilidade da Corporação tornar-se autossuficiente em relação ao acesso do LGE (Líquido Gerador de Espuma) classe A. Dessa forma será possível proporcionar aos militares treinamentos mais reais e com menor custo.

Os dados necessários para elaboração deste trabalho foram colhidos a partir de testes padronizados de queima com o objetivo de comparar a eficiência do protótipo de LGE institucional com o LGE comercial (BIO FOR C) e a água.

Este estudo não verificou a eficiência do protótipo institucional em incêndios de médio e grande porte sendo necessários outros testes para se analisar o desempenho do LGE-CBMDF quando aplicada outros materiais combustíveis e maiores cargas de incêndio.

# **2 JUSTIFICATIVA**

Conforme previsto na Lei 8.255/1991, em seu artigo 2º, uma das competências do CBMDF é realizar pesquisas técnico-científicas, com vistas à obtenção de produtos e processos, que permitam o desenvolvimento de sistemas de segurança contra incêndio e pânico.

Além disso, conforme publicado em portaria do CBMDF nº 34 de 01 de novembro de 2017, em seu artigo 18º, inciso XI, estabelece que entre as atribuições da DINVI encontra-se: "órgão executor de programas de pesquisas técnico-científicas, com vistas à obtenção e desenvolvimento de produtos e processos voltados para a segurança contra incêndio e pânico, motivados por análises de pós-sinistro de incêndio".

No ano de 2018, a DINVI iniciou testes com o protótipo desenvolvido em laboratório próprio o qual mostrava bons resultados do uso do substrato durante as operações de combate a incêndio. Porém, o estudo necessitava de outras etapas para a comprovação da eficácia do LGE institucional, sendo este o objeto desta pesquisa.

A visão da DINVI é ser referência nacional e internacional no estudo da ciência do fogo por meio da perícia, investigação, pesquisa, desenvolvimento e inovação, retroalimentando os sistemas de informação sobre incêndio e pânico.

Dessa forma, é possível tornar o CBMDF referência no desenvolvimento de protótipos e na inovação em pesquisa de segurança contra incêndio e pânico. Assim é viável que outras corporações tenham acesso a essa tecnologia e também possam utilizar em seus treinamentos reduzindo o uso do LGE comercial para este tipo de situação.

Diante do contexto supracitado, este relatório técnico se justifica pela importância da pesquisa técnico-científica no âmbito institucional. Visto que uso de tecnologia própria (LGE-CBMDF) reduz os gastos com produto químico que depende de licitação e importação. Assim, essa pesquisa contribui para o atingimento do princípio da eficiência do uso dos recursos públicos e naturais.

O uso da espuma nas operações de combate a incêndio torna a operação mais efetiva e utiliza menos água. Além disso, proporciona maior tempo de vida útil dos equipamentos e viaturas reduzindo a necessidade de manutenção dos mesmos bem como proporciona menor desgaste dos militares durante as atividades.

### **3 OBJETIVO DO RELATÓRIO**

O estudo visa verificar a eficiência do protótipo institucional a partir de testes de queima padronizados como forma de comparar este ao LGE comercial (BIO FOR C) e a água.

Além disso, este relatório visa apresentar os dados coletados durante os testes padronizados de queima mostrando a eficácia do protótipo desenvolvido pela corporação tornando possível seu uso em treinamentos operacionais.

Outrossim, o desenvolvimento de estudos como este busca o fomento à pesquisa e o desenvolvimento de protótipos e inovação de pesquisa de segurança contra incêndio e pânico.

## **4 NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

Para a realização deste estudo foram utilizados os seguintes documentos como referência:

- ABNT-NBR 15.511/2008 – Líquido gerador de espuma (LGE), de baixa expansão, para combate a incêndios em combustíveis líquidos;
- ABNT-NBR 9.442/2002 – Extintor de incêndio classe A – Ensaio de fogo em engradado de madeira;
- Trabalho de Conclusão do Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais (CAO) da Ten-Cel. Helen no ano de 2007 sobre o tema: O estudo da espuma como agente extintor de incêndios classe A.

## **5 INFORMAÇÃO SOBRE O OBJETO EM ESTUDO**

A água é um recurso natural finito e caro e por isso deve ser utilizado de forma racional. O CBMDF tem a missão não só de proteção de vidas e patrimônio, mas também do meio ambiente. Neste sentido, a Corporação vem buscando aprimorar suas técnicas, táticas, equipamentos e rotinas operacionais a fim de atingir sua missão institucional.

Desde o início das civilizações a água é o principal recurso utilizado no combate a incêndio, porém novas tecnologias surgiram tornando possível a extinção das chamas de forma mais eficiente e com menor emprego deste recurso. A espuma mecânica é formada a partir da mistura de água e LGE associados à injeção de ar comprimido e agitação mecânica para que a espuma seja formada.

O principal objetivo da espuma mecânica é formar uma manta de bolhas sob a superfície do material combustível em chamas como forma de abafar e resfriar o mesmo. Essas são as duas principais formas de extinção das chamas com uso da espuma mecânica.

Ao cobrir a superfície ela impede o contato com o oxigênio presente no ar atmosférico quebrando o triângulo do fogo, isolando o comburente e, conseqüentemente, extinguindo as chamas. Já o resfriamento por sua vez retira calor do material combustível acarretando no mesmo objetivo.

Outro fator favorável ao uso da espuma nas operações de combate a incêndio é o fato de a espuma prevenir a reignição das chamas devido à supressão da liberação dos vapores inflamáveis. Esse fator se dá devido à alta viscosidade desse agente extintor tornando-a mais aderente ao material em chamas.

A manta de espuma formada aumenta a sobrevivência de vítimas presente no ambiente sinistrado, além de facilitar a operação dos bombeiros reduzindo o tempo de exposição às chamas, os efeitos nocivos do calor e o contato com gases voláteis decorrente da combustão.

Existem três variações para o emprego da espuma mecânica, são elas: Seca, Molhada e Água molhada. A espuma seca é utilizada para proteção dos materiais e áreas que ainda não foram afetadas pelas chamas. Nesse tipo de espuma, utiliza-se água em menor concentração tornando o composto mais leve aderindo com maior facilidade às superfícies.

Já a espuma molhada é empregada nas operações de combate a incêndio por meio de ataque direto as chamas. Por sua vez, a água molhada é utilizada nas operações de rescaldo.

Estas três variações são obtidas a partir de configurações realizadas pelo condutor e operador de viaturas no proporcionador do sistema CAF (*Compressed Air Foam*) das viaturas de combate a incêndio.

A proporção de extrato de LGE injetada na formulação da espuma varia de acordo com o fabricante. Para o protótipo institucional (LGE-CBMDF) as proporções são: Espuma Seca 1%, Espuma molhada 0,7% e água molhada 0,3%.

## 6 METODOLOGIA

A metodologia utilizada na pesquisa buscou a produção de dados para análise e comparação entre o LGE-CBMDF, o LGE comercial e a água a partir de testes padronizados de queima em engradados de madeira (*pallets*).

A carga de incêndio utilizada nos testes consistiu em três *pallets* dispostos verticalmente um sobre o outro sendo submetidos a uma pré-queima de 5 minutos.

Pequenas porções de estopa embebidas com 200 mL de líquido inflamável (gasolina) foram utilizadas como agente ignitor para o início das chamas com a finalidade de se obter a generalização do incêndio nos *pallets*.

Após o término do tempo de pré-queima, foi realizado o combate por ataque direto em forma de Z na parte superior do material combustível bem como na lateral dos mesmos. Para a aplicação da espuma foi empregada à bomba MACAW da fabricante Intelagard.

A bomba MACAW utiliza cilindro de ar comprimido para formação da espuma final. Possui reservatório de 19 litros e, segundo o fabricante, opera com cerca de 6,9 bar. Cabe ressaltar que, apesar de portátil, esta é menos eficiente que o sistema CAF das viaturas de combate a incêndio. Assim, esperam-se melhores resultados quando o LGE-CBMDF for empregado nas viaturas equipadas com esse sistema.

A aplicação dos agentes extintores se deu ao total por quarenta segundos sendo que fora coletado o tempo até o término das chamas em cada teste. Após o término

das chamas aguardou-se um novo tempo de dez minutos com intuito de verificar se haveria reignição do material combustível.

Em cada teste foi mensurado o tempo até o término das chamas e o volume residual presente na bomba MACAW após o combate. A partir desses dados coletados, os agentes extintores foram comparados.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada agente extintor (LGE-CBMDF, LGE comercial e água) foram realizados quatro testes conforme apresentados nos itens abaixo.

### 7.1 LGE-CBMDF a 0,7%

As queimas foram realizadas a 25°C e com umidade relativa do ar de 41%. Devido à proporção definida, foram utilizados 133 mL de LGE-CBMDF visto a capacidade máxima da bomba MACAW. Os dados coletados na atividade são apresentados abaixo:

**Tabela 1: Dados coletados com protótipo de LGE a 0,7%.**

| Teste | Quantidade de LGE | Tempo total de combate | Reignição | Vol. utilizado no combate (±0,5ml) | Tempo para término das chamas |
|-------|-------------------|------------------------|-----------|------------------------------------|-------------------------------|
| 1     | 133 ml            | 40s                    | Não       | 9.5l                               | 19.8s                         |
| 2     | 133 ml            | 40s                    | Não       | 8.5l                               | 20.9s                         |
| 3     | 133 ml            | 40s                    | Não       | 8.0l                               | 22.1s                         |
| 4     | 133 ml            | 40s                    | Não       | 8.5l                               | 20.2s                         |

Fonte: Autor.

Em todos os testes não houve nenhuma reignição do material combustível mostrando assim a principal vantagem do uso da espuma que retira o calor e abafa o material combustível evitando assim o contato com o ar atmosférico.

Em apenas um dos testes houve uma pequena chama após três minutos e vinte e dois segundos do término do combate. Porém, a chama não chegou a crescer e a reignir o material combustível e rapidamente se autoextinguiu.

O tempo médio para cessar as chamas foi de 20,7 segundos. Já a média de consumo utilizado para o combate foi de 8,6 litros de mistura.

## 7.2 BIO FOR C a 0,5%

Este agente extintor utiliza uma proporção menor que o LGE-CBMDF tendo em vista sua melhor eficiência e tecnologia. Nesse sentido, e visando constituir o tipo de espuma molhada, seguiu-se a orientação do fabricante a cerca da proporção a ser utilizada.

Foram empregados 95 mL de extrato de BIO FOR C para a capacidade total da bomba MACAW. Os testes foram realizados a 25°C e 51% de umidade relativa do ar. Os dados coletados estão elencados na tabela abaixo.

**Tabela 2: Dados coletados com BIO FOR C a 0,5%.**

| Teste | Quantidade de LGE | Tempo total de combate | Reignição | Vol. utilizado no combate (±0,5ml) | Tempo para término das chamas |
|-------|-------------------|------------------------|-----------|------------------------------------|-------------------------------|
| 1     | 95 ml             | 40s                    | Não       | 9,5l                               | 16,5s                         |
| 2     | 95 ml             | 40s                    | Não       | 8,0l                               | 18,2s                         |
| 3     | 95 ml             | 40s                    | Não       | 8,5l                               | 17,8s                         |
| 4     | 95 ml             | 40s                    | Não       | 8,5l                               | 17,4s                         |

Fonte: Autor

Durante os quatro testes não houve nenhum tipo de reignição do material combustível sendo o tempo médio de combate de 17,4 segundos e consumo médio da mistura de 8,6 litros.

Cabe ressaltar que o consumo entre os extratos foram os mesmos, porém o tempo empregado no combate às chamas para o LGE comercial foi menor visto sua melhor tecnologia e desenvolvimento.

Em um dos testes houve um aumento fora do comum das chamas que pode ter sido causada pelos ventos que, neste momento em específico, ficaram mais fortes aumentando assim o aporte de oxigênio na queima. A fim de se manter o padrão das queimas este teste foi descartado.

### 7.3 Água

Por último, o combate foi efetuado apenas com o uso de água, todavia com os mesmos parâmetros e equipamentos empregados nos outros testes. A queima foi realizada a uma temperatura ambiente de 25°C e umidade relativa do ar de 51%.

**Tabela 3: Dados coletados com água.**

| Teste | Quantidade de mistura | Tempo total de combate | Reignição | Vol. utilizado no combate (±0,5ml) | Tempo para término das chamas |
|-------|-----------------------|------------------------|-----------|------------------------------------|-------------------------------|
| 1     | -                     | 40s                    | Sim       | 7,5l                               | 29,7s                         |
| 2     | -                     | 40s                    | Não       | 8,0l                               | 22,9s                         |
| 3     | -                     | 40s                    | Não       | 9,0l                               | 23,5s                         |
| 4     | -                     | 40s                    | Sim       | 18,5l                              | 28,3s                         |

Fonte: Autor

O tempo médio para o término das chamas foi de 26,1 segundos e com o consumo de água de 10,7 litros.

Durante a execução dos testes, dois dos quatro tiveram reignição. Assim, fica comprovado o papel da espuma em evitar a reignição dos materiais combustíveis após seu combate facilitando as operações de rescaldo.

## 8 CONCLUSÃO

Após o termino dos testes pôde-se perceber a principal vantagem do uso da espuma nas operações de combate a incêndio. Devido suas propriedades, principalmente abafamento e resfriamento, a espuma proporciona maior vantagem no combate quando comparado à água.

A tabela 4 apresenta a média das quatro queimas realizadas para cada agente extintor onde os principais fatores em análise foram o tempo para término das chamas e o consumo, em litros, de agente extintor testado.

**Tabela 4: Comparativo da média das quatro queima.**

| Fator                                         | Protótipo CBMDF | BIO FOR C | Água |
|-----------------------------------------------|-----------------|-----------|------|
| Término das chamas (segundos)                 | 20,7            | 17,4      | 26,1 |
| Consumo de agente extintor em litros (±0,5ml) | 8,6             | 8,6       | 10,7 |

Fonte: Autor

Percebe-se aqui que o tempo empregado para término das chamadas é menor no composto comercial tendo em vista os aspectos já mencionados neste trabalho. Porém, o tempo para extinção das chamadas no LGE-CBMDF foi cerca de 18% maior que no LGE comercial e 26% menor que na água.

Já quando comparado com o consumo de agente extintor, verificou-se que ambos os extratos consumiram a mesma quantidade de mistura sendo esses cerca de 24% menor que o volume utilizado quando apenas água no combate.

O emprego do extrato gerador de espuma em treinamentos operacionais tem muito a contribuir para a formação e aperfeiçoamento dos militares da tropa. Treinamentos constantes levam a maior maleabilidade e melhores resultados quando necessário durante o combate em ocorrências reais.

Cabe ressaltar que o LGE-CBMDF custa cerca R\$ 400,00 (preço de varejo) enquanto o LGE comercial custa, em média, R\$1.200,00, tendo em vista a última aquisição por meio de licitação. Essa redução de 70% na aquisição apresenta melhor custo-benefício desse tipo de agente extintor.

Assim, torna-se possível o uso do LGE-CBMDF com maior frequência em práticas simuladas. Dessa forma, traz diversas vantagens para Corporação, não só na maior efetividade no uso das técnicas e maior eficiência nas operações de combate, mas também possibilitando o investimento em outras áreas e novas pesquisas institucionais.

Quando empregado no sistema CAF das viaturas de combate a incêndio, é esperado um melhor resultado do LGE-CBMDF visto que esse sistema é mais adequado para a formação da espuma mecânica que a bomba MACAW utilizada nos testes de queima padronizada.

## **9 RECOMENDAÇÕES PARA O CBMDF**

Sugere-se que sejam efetuados novos testes com maior carga de incêndio além do uso em outros materiais combustíveis como forma de avaliar a eficácia do LGE-CBMDF em incêndios de grande e médio porte.

Sugere-se testar o protótipo a partir do sistema CAF vislumbrando melhores resultados e onde se almeja que seja utilizado, futuramente, durante as atividades de treinamento e capacitações.

Sugere-se que o LGE-CBMDF seja empregado no sistema CAF visto que muitas bombas vêm apresentando problemas devido a não utilização desse sistema em virtude da escassez do LGE comercial. Assim, o sistema poderia ser empregado mais vezes reduzindo os custos de manutenção.

Sugere-se que a Comunicação Social (CECOM) disponibilize e divulgue a versão pública deste Estudo Técnico Normativo às mídias sociais, às revistas, aos jornais e a outros meios, de forma que as demais Corporações tenham amplo acesso às informações aqui fornecidas e possam utilizar tal tecnologia em suas atividades.