

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AVALIAÇÃO, EM TEMPO REAL, DA EFICIÊNCIA DA TÉCNICA DE RESFRIAMENTO DA CAMADA DE FUMAÇA, DURANTE TREINAMENTO DE COMBATE A INCÊNDIO.



George C. B. Braga
Professor Doutor –
Corpo de Bombeiros
Militar do Distrito
Federal



Vinícius N. Alencar
Corpo de Bombeiros
Militar do Distrito
Federal



**Adolfo
Bauchspiess**
Professor Doutor –
Universidade de
Brasília

Palavras-chave: Treinamento de Combate a Incêndio. Temperatura, Fluxo de calor.

1. INTRODUÇÃO

A atividade de combate a incêndio é sempre de alto risco, em especial pela exposição à temperatura e fluxo de calor e o potencial de ocorrência de comportamentos extremos do fogo. De 1987 a 2001 houve uma queda de 31% no número de incêndios estruturais nos Estados Unidos da América. Com essa diminuição, houve uma preocupação que as novas gerações de bombeiros poderiam ter uma menor experiência com situações reais de incêndio em relação as gerações anteriores, levando a uma maior dificuldade em identificar comportamentos extremos do fogo e outras situações de grande risco [1].

Por conta disso, a partir de 2005, o CBMDF procurou, com apoio de agências financiadoras de pesquisa Federais e do Distrito Federal, como a Fundação de Amparo à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) do Ministério da Ciência, Tecnologia e inovação, o desenvolvimento de projetos de pesquisas voltados para a melhoria no combate e na investigação de incêndio. Esses projetos levaram ao desenvolvimento de uma estrutura de pesquisa e treinamento para bombeiros que se assemelhassem a uma situação real de incêndio, criando um sistema de monitoramento das condições no ambiente e nos bombeiros que buscasse controlar e garantir um alto nível de segurança, previsibilidade e repetibilidade das condições a que os bombeiros estavam sendo expostos [2].

A utilização de diferentes sensores permitiu o monitoramento das condições de temperatura e fluxo de calor dentro do ambiente, como as temperaturas em diferentes alturas (a) e em diferentes posições no teto (b) apresentadas na figura a seguir (Figura 1).

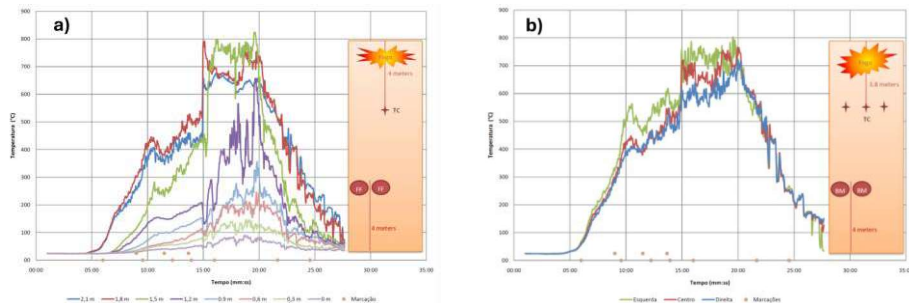


Figura 1: Gráfico do perfil vertical (a) e horizontal (b) de temperatura dentro do container [3]

Além disso, foi possível monitorar as temperaturas existentes nos equipamentos de proteção individual dos bombeiros, como nas Roupas de Combate a Incêndio Urbano – RCIU (a) e nos Equipamentos de proteção respiratória autônomos - EPRA (b), como visto na figura 2 abaixo.

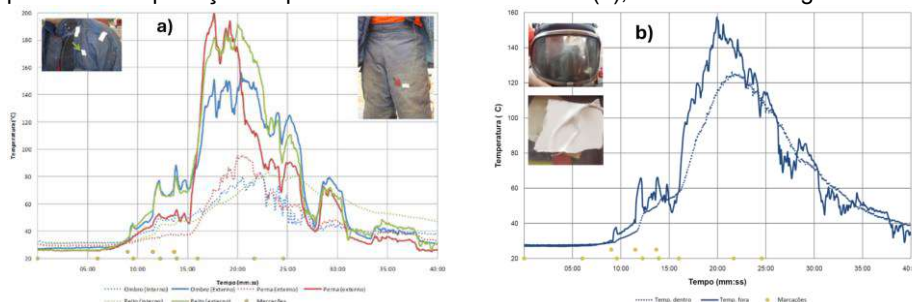


Figura 2: Gráfico da temperatura na RCIU (a) e EPRA (b) [3]

Todos esses resultados mostram ser viável o monitoramento das condições do ambiente e nos bombeiros durante treinamento de combate a incêndio.

2. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Com o avanço na utilização da estrutura de treinamento e pesquisa com capacidade de medir temperatura e fluxo de calor em tempo real durante os exercícios, foi idealizado um sistema que permitisse não só monitoramento dessas condições no ambiente, mas que essas informações pudessem ser passadas de forma automatizadas para os bombeiros durante os treinamentos.

Os objetivos da criação desse Sistema Ativo de Treinamento de Combate a Incêndio são:

- 1) Melhorar o controle dos instrutores sobre as condições de temperatura e fluxo de calor no ambiente durante o treinamento, aumentando a segurança de todos os bombeiros durante o treinamento com fogo real.
- 2) Aumentar a percepção das condições de temperatura de fluxo de calor ao que os bombeiros estão submetidos, de forma a que ele possa correlacionar o que ele está

sentindo dentro da RCIU com relação às condições externas, aprimorando a consciência do que o bombeiro pode suportar usando os equipamentos de proteção individual e, conseqüentemente, a sua segurança.

- 3) Avaliar, em tempo real, a eficiência dos jatos utilizados para controle da temperatura da camada de fumaça, permitindo uma resposta automática, imediata e precisa do exercício executado pelos bombeiros.

2.1 Concepção do sistema

A figura abaixo (Figura 3) mostra um modelo de posicionamento de alguns sensores de temperatura e dos indicadores de temperatura e fluxo de calor.

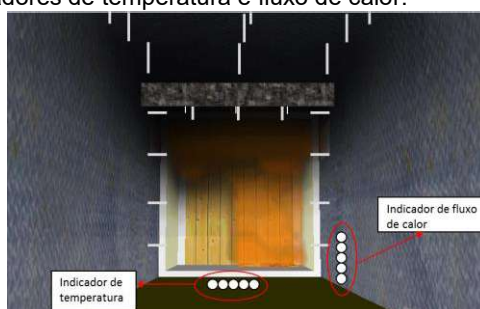


Figura 3 - Visão do sistema de treinamento com o posicionamento de sensores e indicadores.

Os dados obtidos pelos sensores próximos aos bombeiros que estão participando da atividade serão enviados, em tempo real, para um sistema de informação simples, composto de apenas 5 níveis para cada indicador, dentro da estrutura, mostrando para todos que participam do treinamento a evolução da temperatura e fluxo de calor (Figura 4). Esses indicadores permitirão cumprir com os dois primeiros objetivos do projeto.

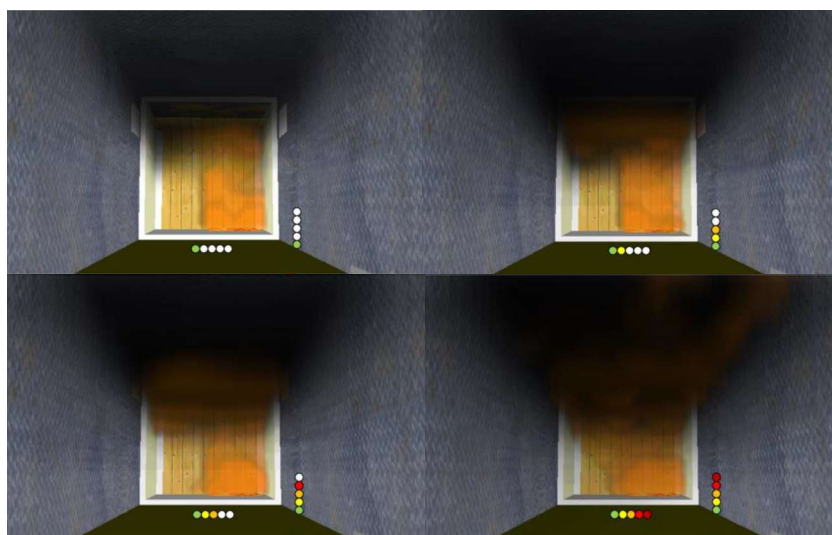


Figura 4 - Desenvolvimento do incêndio

Ao realizar a medição dos sensores de temperatura colocados na camada de fumaça colocação de mais um indicador (3 níveis) é possível avaliar quão eficiente foi o jato. O sistema monitora a temperatura constantemente e, ao ocorrer uma queda brusca, se supõe que seja devido ao jato usado para resfriar a camada de fumaça. Nesse caso, é calculada a diferença entre o valor mais alto, antes do jato, e o valor mais baixo, depois do jato, para definir se o jato realizado foi eficiente (cor verde), dentro da média esperada (cor amarela) ou pouco eficiente (cor vermelha). Uma menor queda de temperatura pode ocorrer devido ao jato ter sido direcionado para local equivocado, muito para frente ou para trás, ou mais para um lado do que no centro do ambiente, ou mesmo pela pouca duração do jato. Apenas os sensores colocados nas áreas em que se espera que a temperatura da camada gasosa diminua é utilizado no cálculo. O indicador de eficiência permitirá que o bombeiro possa analisar o que ele fez e corrigir o movimento. Um exemplo desse indicador pode ser visto na figura 5.

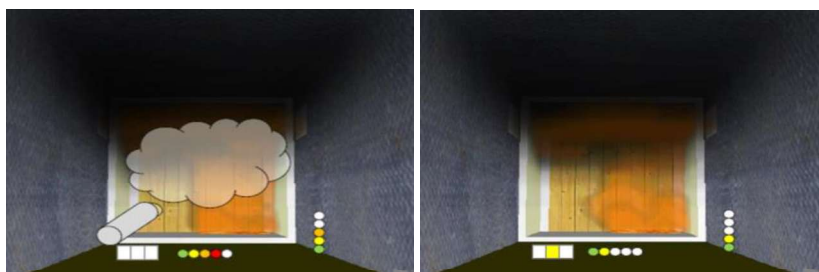


Figura 5 – Indicador de eficiência após o jato de água

2.2 Montagem Protótipo

Procurando testar a concepção do modelo, foi montado um protótipo do Sistema Ativo de Treinamento de Combate a Incêndio utilizando dois painéis de LED para os indicadores e termopares tipo K para medição de temperatura. Foram avaliadas as temperaturas na camada de fumaça (3 termopares 30 cm abaixo do teto), para medição da eficiência do jato, e a temperatura próxima aos bombeiros (1 termopar), para avaliação das condições ambientais e correlação com a sensação térmica ao utilizar a RCIU, além de permitir monitorar a segurança durante o treinamento, com os dados sendo apresentados no primeiro painel. O segundo painel apresentava a eficiência do jato utilizado. Mais informações sobre a construção do protótipo podem ser obtidas do trabalho desenvolvido por Alencar, V.N. [4].

A medição foi realizada utilizando uma base NI cDAQ-9174, da *National Instruments*, com módulos de temperatura (NI 9213), para medição da temperatura, e de relay (NI 9485), para poder ligar as luzes dos indicadores. Foi criado um programa específico, utilizando o LabView, para obter os dados e ascender os LED específicos.

Para apresentação da temperatura próxima aos bombeiros (indicador com 5 LEDs), foram definidas 5 faixas de temperaturas: 50 °C - 100 °C (LEDs Verdes), 100 °C - 150 °C (1º LED amarelo), 150 °C - 200 °C (2º LED amarelo), 200 °C - 250 °C (1º LED vermelho), e > 250 °C (2º LED vermelho). Cada vez que a temperatura era atingida, o LED correspondente era ligado,

deixando os LED das faixas abaixo também acesos. A figura 6 abaixo mostra um exemplo de treinamento com o LED aceso desse primeiro painel (círculo amarelo).



Figura 6 – 1º Painel Indicador de temperatura próxima aos bombeiros [4]

Para definição dos valores a serem utilizados como referência de eficiência do jato, foram avaliadas as medidas realizadas anteriormente, como a apresentada abaixo. Cada queda de temperatura foi devida a aplicação de jato de água na camada de fumaça.

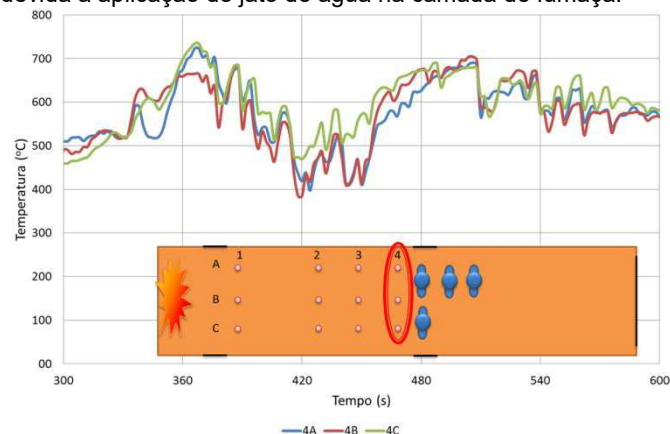


Figura 7 – Avaliação da queda de temperatura na camada de fumaça com o uso do jato

Com base nos dados coletados em diversas medidas realizadas nos anos anteriores, foram definidas as seguintes faixas de valores de queda de temperatura da camada de fumaça: < 10 °C (nenhuma luz acesa), 10 °C - 50 °C (luz vermelha), 50 °C - 150 °C (luz amarela), > 150 °C (luz verde).

O programa analisava a todo momento a temperatura média nos termopares de referência, comparando com a temperatura medida anteriormente. Quando a temperatura começa a abaixar, é analisada a queda até que a temperatura volte a subir novamente, quando é calculada a diferença. Se ela for acima do limiar estabelecido anteriormente, é considerado que foi dado um jato de água e mandado o comando para acender o LED correspondente. Foi possível observar que a programação funcionou de acordo com o esperado, sendo o tempo de resposta entre o jato de água e o acendimento do LED ficou em poucos segundos.



Figura 8 – Painel mostrando a eficiência do jato atomizado aplicado [4]

4. CONCLUSÕES

Essa proposta de sistema traz grandes benefícios para treinamentos desenvolvidos com fogo real, pois, além de permitir a visualização dentro do local e por todos os bombeiros das condições de temperatura e fluxo de calor a que estão submetidos, ele consegue avaliar em tempo real a técnica de combate a incêndio que está sendo utilizada, mostrando se ela foi eficiente na diminuição da temperatura do ambiente, ou mesmo se o jato atingiu o local desejado. Além disso, será possível monitorar as condições de segurança e emitir alarmes caso o ambiente se torne inseguro. Tudo isso torna o treinamento de combate a incêndio que é, por sua natureza de alto risco, mais seguro e controlado, além de permitir a avaliação rápida, com base em critérios numéricos, quão eficiente foi realizada a sua atividade.

5. REFERÊNCIAS

- [1] USFA (UNITED STATES FIRE ADMINISTRATION). **Special Report: Trends and Hazards in Firefighter Training. Special Report Series, TR-100.** Maio de 2003. Disponível em: <<http://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/tr-100.pdf>>. Acesso em: 23 de outubro de 2015.
- [2] BRAGA, G. C. B. Organização dos corpos de bombeiros militares do Brasil e sua importância para o desenvolvimento das pesquisas em prevenção, combate e investigação de incêndios: A experiência do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF). Revista FLAMMAE. Recife - PE, v. 08, nº 24, julho a dezembro, 2022. ISSN 2359-4829.
- [3] BRAGA, G. C. B.; NETO, J. P. L.; SALAZAR, H. F. A temperatura e fluxo de calor em uma situação de incêndio e as consequências para os bombeiros. Revista FLAMMAE. Recife - PE, v. 02, nº 04, julho a dezembro, 2016. Artigos Técnicos Científicos, Seção 1, p. 9-28.
- [4] ALENCAR, V. N., (2016). Monitoramento das Condições do Incêndio Durante o Combate. Trabalho de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Publicação FT.TG-nº 09, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 81p.