

ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DO JATO DE ÁGUA PULVERIZADO CONVENCIONAL COM O JATO DE ÁGUA PULVERIZADO ELETROSTÁTICO EM SIMULADOR DE INCÊNDIO URBANO RESIDENCIAL

*Geanderson Maia Trindade¹
Marcos Guedes do Nascimento²
Bruno César Bezerra Nóbrega de Souza³*

RESUMO

Este trabalho buscou investigar um processo capaz de ampliar a eficiência de troca térmica da água aspergida sobre a camada de fumaça de um incêndio, de maneira tal que se necessite de uma quantidade de água menor do que as utilizadas pelas técnicas convencionais para extinção do incêndio. Por meio de um método experimental, levantaram-se dados sobre o comportamento de um incêndio em um simulador de estrutura urbana residencial, comparando a eficiência de dois jatos de água pulverizados, sendo um deles de forma convencional e o outro com carga eletrostática. Os parâmetros comparados foram: temperatura e quantidade de água. Observou-se que o jato atomizado com carga eletrostática possui maior eficiência em relação ao jato atomizado convencional nos parâmetros pesquisados, pois foi constatada uma economia de aproximadamente 60% de água para obter efeitos semelhantes de redução da temperatura, além de uma menor quantidade de água depositada no piso do simulador. Os resultados encontrados são encorajadores, tendo em vista a melhor redução da temperatura em relação a técnicas de aspersão puramente mecânica, abrindo o caminho para novos estudos no campo da luta contra o incêndio.

Palavras-Chave: Combate a Incêndio; Jato Atomizado; Carga Eletrostática.

¹ Aluno a Oficial do Corpo de Bombeiros Militar de Rondônia. E-mail: geanderson.maia.trindade@gmail.com.

² 1º Ten QOCBM do CBMPB- Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.

³ Me. em Engenharia Mecânica - Universidade Federal da Paraíba.

COMPARATIVE STUDY OF THE EFFICIENCY OF THE CONVENTIONAL SPRAY WATER JET WITH THE ELECTROSTATIC PULVERIZED WATER JET IN A RESIDENTIAL URBAN FIRE SIMULATOR

ABSTRACT

This work aimed to investigate a process capable of increasing the thermal exchange efficiency of the water sprayed on the smoke layer of a fire, in such a way that a smaller amount of water is needed than the ones used by conventional techniques for extinguishing the fire. By means of an experimental method, data were collected on the behavior of a fire in a residential urban structure simulator, comparing the efficiency of two sprayed water jets, one of them conventional and the other with electrostatic charge. The parameters compared were: temperature and amount of water. It was observed that the atomized jet with electrostatic charge has higher efficiency in relation to the conventional atomized jet in the studied parameters, since it was observed an economy of approximately 60% of water to obtain similar effects of temperature reduction, besides a smaller amount of water deposited on the floor of the simulator. The results found are encouraging, in view of the better reduction of temperature in relation to purely mechanical sprinkling techniques, opening the way for new studies in the field of firefighting.

Keywords: Fire Fighting; Atomized jet; Electrostatic charge.

1 INTRODUÇÃO

Com o adensamento populacional em cidades, diversos povos perceberam a necessidade em dar alarmes em casos de incêndios urbanos. Gregos se utilizaram de guardas noturnos, enquanto chineses e romanos

formaram grupamentos de homens destinados ao combate a incêndios em suas cidades (MENEZES, 2007).

Atualmente, é bastante comum incêndios em edificações dos tipos comerciais, de prestação de serviço, industriais ou residenciais em todo o mundo. Pode-se notar através do Gráfico 1 que, 32% das ocorrências de incêndio são em edificações, demonstrando um volume significativo, o que nos revela o quão importante é se buscar meios preventivos e combativos, visando salvaguardar vidas e bens (CORRÊA *et al.*, 2015).

Figura 1 – Gráfico de ocorrências de incêndio no mundo no ano de 2010



Fonte: CORRÊA *et al.*, 2015. – adaptado pelos autores.

Com a complexidade das cidades modernas, o aparato necessário para debelar incêndios tem exigido uso de técnicas, materiais e equipamentos cada vez mais sofisticados. Apesar do avanço tecnológico ocorrido ao longo dos anos, tais como a elaboração e aplicação de normas técnicas, capacitação dos profissionais bombeiros e, sistemas de combate pressurizados que possibilitam o uso de diversos tipos de jatos, é comum ainda presenciar diversas ocorrências de incêndios urbanos com a presença de vítimas fatais por inalação de fumaça, danos estruturais provocados por temperaturas elevadas e

acúmulo de água provocado pelo uso de quantidade excessiva deste agente extintor, excesso esse que pode ser considerado um desperdício energético.

Baseado nesse contexto, que demonstra a busca pela diminuição dos recursos empregados e otimização de resultados para o combate a incêndio, convém verificar se o uso de jato de água atomizado por pulverizador eletrostático possui maior eficiência que o jato de água atomizado convencional em relação à diminuição da temperatura do ambiente.

Esse estudo teve como objetivo central realizar a comparação da eficiência do uso do jato de água atomizado convencional com o jato de água atomizado por pulverizador eletrostático em incêndios urbanos residenciais. Para alcançá-lo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: (1) levantar dados através de jato de água atomizado convencional e de jato de água atomizado eletrostático, verificando as taxas de diminuição da temperatura para ambos os casos em relação ao consumo de água em simulador de incêndio em ambiente controlado; (2) comparar os dados obtidos do jato de água atomizado convencional e de jato de água atomizado eletrostático através de gráficos e tabelas (3) discutir a eficiência dos jatos nos parâmetros acima citados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Análise do processo de incêndio

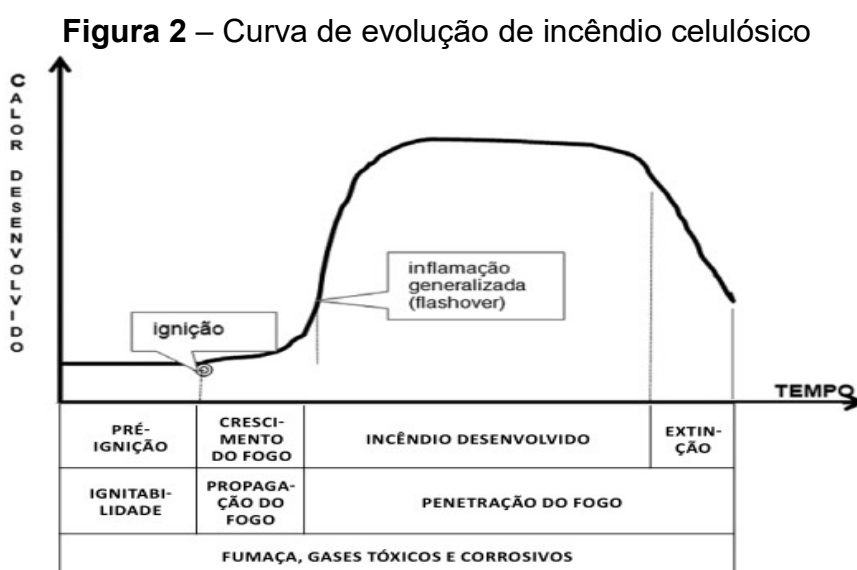
A utilização do fogo teve início a milhares de anos pela humanidade, que ao longo do tempo buscou condições de controle mais eficazes, de maneira a comprometer cada vez menos sua integridade, no entanto, esse desafio permanece até a atualidade nas mais diversas áreas da sociedade.

Diversos equipamentos foram desenvolvidos e estratégias foram elaboradas com o objetivo de prevenir o alastramento desenfreado das

chamas, que de forma eventual fogem de controle, causando o fenômeno denominado incêndio (FLORES; ORNELAS; DIAS, 2016).

Foi com a necessidade de estabelecer e aprimorar mecanismos de pronta resposta para evitar, minimizar e extinguir os incêndios, que surgiram os corpos de bombeiros, organizações cuja missão primeira é combater os incêndios, também conhecidos como sinistros, de forma eficiente, diminuindo ou impedindo os danos por eles causados (DE CARVALHO et al., 2009).

A maioria dos incêndios inicia-se bem pequeno, seu crescimento dependerá do primeiro item ignizado, das características do comportamento ao fogo dos materiais nas proximidades dessa ignição e sua distribuição no ambiente (SEITO *et al.*, 2008). A figura a seguir ilustra a evolução do incêndio celulósico em uma edificação.



Fonte: Seito (2008).

A curva descreve 3 fases que são distintas: a primeira fase é o início do incêndio, caracterizado por um crescimento lento, com duração média de cinco a vinte minutos até a ignição, onde inicia-se a segunda fase, com a presença de chamas que aquecem o ambiente. No momento em que a temperatura se

aproxima dos 600°C, todo o ambiente é tomado por gases e vapores combustíveis provenientes da pirólise dos sólidos combustíveis, ocorrendo a generalização do incêndio (flash over) e o ambiente é tomado por grandes labaredas. A terceira fase ocorre quando a temperatura diminui de forma gradual; acontece geralmente pela exaustão do material combustível e consequente extinção do incêndio (SEITO *et al.*, 2008).

Dentre os principais componentes a serem compreendidos na evolução do incêndio, destaca-se a fumaça, haja vista ser fator de grande influência na sua dinâmica, e possuir características que devem ser compreendidas para se buscar a eficiência e efetividade no combate ao sinistro. De acordo com Souza e colaboradores (2004), é a mistura de gases e partículas em suspensão resultantes da queima de qualquer combustível.

Ela é dotada de calor proveniente da combustão e, devido ao fenômeno da convecção, é a grande responsável por propagar o incêndio ao atingir pavimentos superiores, (por meio de dutos, fossos e escadas) e acumular-se no ambiente. Por conta dos produtos que permanecem suspensos na massa gasosa, é classificada como opaca, o que dificulta a visibilidade, exigindo técnicas de combate que diminuam sua concentração no meio (DE CARVALHO *et al.*, 2009).

Trata-se de um fluido que sofre empuxo constante, portanto é móvel e se desloca para qualquer espaço possível. A mobilidade explica porque ocorrem incêndios que atingem pavimentos não consecutivos em um incêndio estrutural. É tóxica, seus produtos são asfixiantes e irritantes, prejudicando a respiração (DE CARVALHO *et al.*, 2009).

Outro fator a ser considerado é a ação decorrente das altas temperaturas encontradas em um incêndio típico. A fumaça inalada raramente provoca lesões nas regiões abaixo da laringe, apesar da temperatura elevada, a fumaça tende a ser seca, o que diminui muito o potencial de troca de calor. Além disso, áreas supra laríngeas têm grande capacidade de troca de calor, já

que as mucosas encerram grande quantidade de água. As lesões em vias aéreas superiores são caracterizadas pela presença de eritema, edema e ulcerações de mucosa, podendo haver sangramento local ou mesmo obstrução da área acometida (SOUZA *et al.*, 2004).

Durante um combate a incêndio, o tempo em que as estruturas urbanas são expostas a elevadas temperaturas pode afetá-las de tal forma que venham a ruir, expondo as vidas a maiores riscos e elevando os danos materiais. A elevação gradual de temperatura provoca efeitos diversos no concreto e nas argamassas, verificando-se alteração na coloração, perda de resistência mecânica, esfarelamento superficial, fissuração e até a própria desintegração da estrutura (MORALES *et al.*, 2011).

Na fase totalmente desenvolvida do incêndio, quando as temperaturas estão próximas a 1000°C, ocorrem os efeitos mais danosos ao concreto, os quais se agravam em função da duração de exposição a essa temperatura. Entretanto, o resfriamento brusco é o maior responsável pelas perdas de resistências, devido ao choque térmico, o que provoca graves fissuras nas estruturas da edificação. Quando o resfriamento é realizado de forma lenta, existe a possibilidade de recuperação de até 90% da resistência inicial, dependendo da temperatura máxima atingida (MORALES *et al.*, 2011).

2.2 Pulverização da água no combate ao incêndio

Dos agentes extintores modernos, a água é um dos mais completos e acessíveis para a extinção de focos de incêndios em geral, por isso é mais utilizada que os demais, sendo eficiente no controle e combate de incêndios e economicamente viável. Por possuir calor específico elevado, ela proporciona melhor absorção de calor e, o seu efeito de extinção pode ser controlado conforme o estado em que ela é direcionada ao fogo, agindo por abafamento, resfriamento e/ou emulsificação (SEITO *et al.*, 2008).

Os profissionais bombeiros utilizam basicamente três tipos de métodos de combate ao incêndio através do uso de jato de água, a saber: o ataque direto que consiste em lançar o agente extintor diretamente sobre o foco, o ataque indireto que é lançar o agente extintor sobre paredes, janelas e outras partes da estrutura adjacentes ao foco e, o ataque tridimensional que nada mais é que lançar água pulverizada sobre a camada de fumaça gerada.

Durante o combate ao incêndio urbano residencial, antes da realização dos ataques direto e indireto, para se adentrar ao ambiente, é fundamental lançar partículas de água sobre a camada de fumaça por meio de jato atomizado, com o objetivo de diminuir a temperatura, extinguir as chamas sem formar vapor excessivo, facilitando o acesso de bombeiros aos locais para retirada de possíveis vítimas e extinção dos focos. É importante destacar que sua aplicação contribui também para a redução dos riscos causados pelos fenômenos extremos do fogo, a exemplo da explosão de fumaça (*backdraft*) e a generalização do incêndio (*flashover*) (DE CARVALHO *et al.*, 2009).

O jato atomizado (também conhecido como pulverizado) desenvolveu-se para uma aplicação mais comedida de água; seu nome é baseado na palavra “átomo”, haja vista que a intenção é ter partículas microscópicas distribuídas ao máximo, buscando maior eficiência térmica, para que se possa transformar a maior quantidade possível de água em vapor, otimizando a absorção de calor devido ao aumento da área de contato das gotículas em suspensão no meio (FLORES; ORNELAS; DIAS, 2016).

Dentre os diversos métodos de obtenção de jatos atomizados, destacam-se aqueles que ocorrem através de métodos mecânicos, químicos ou elétricos. A atomização eletrostática, em particular, consiste num processo elétrico baseado na adição de cargas de sinal negativo às gotículas de água, de forma que possuam uma configuração de excesso de elétrons distribuídos em sua estrutura. Por serem gotas muito pequenas e possuírem cargas de mesmo sinal, que possuem uma natureza de repulsão, surgem forças

eletrostáticas que geram uma maior expansão em volume em relação ao mesmo conteúdo líquido não eletrizado (CHAIM, 1999).

3 METODOLOGIA

Essa pesquisa é de natureza experimental, pois gera um objeto de estudo, que é o combate a incêndio com dois tipos de jatos atomizados; selecionando variáveis que o influenciam, que neste caso são a temperatura e a quantidade de água utilizada, buscando estabelecer formas de controle e de observação dos efeitos que tais variáveis produzem no objeto (GIL, 2008).

Também apresenta viés comparativo, pois segundo Gil (2008), esse tipo de pesquisa procede pela investigação de fenômenos ou fatos, com a intenção de ressaltar as diferenças e as semelhanças entre eles, que é o caso. A pesquisa é ainda quantitativa, já que os dados receberam tratamento estatístico, e apresenta caráter qualitativo, pois foram utilizados registros fotográficos para comparação de dados.

Este trabalho foi submetido à Plataforma Brasil sob o identificador de protocolo CAAE: 73717317.0.0000.5186 e comprovante de envio 093695/2017.

Para o experimento foram utilizados os seguintes materiais:

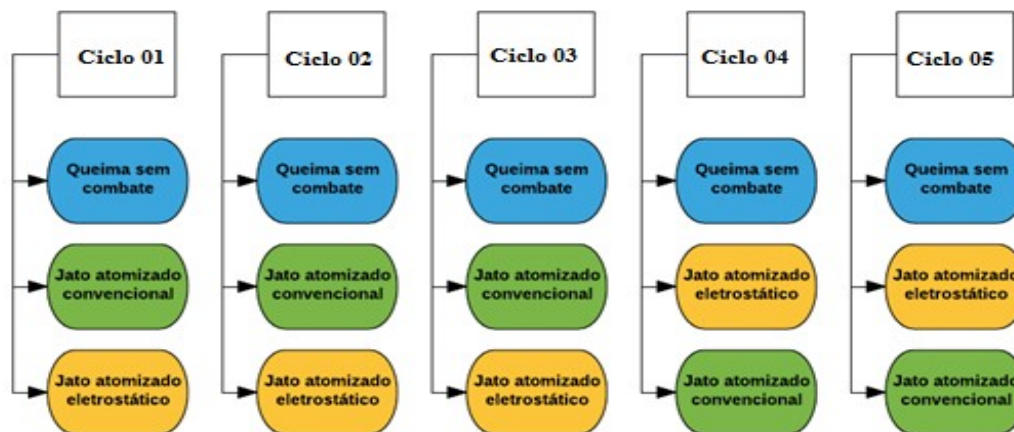
- Estrutura de um cômodo medindo 1mx 1m x 1m semelhante a uma edificação residencial em alvenaria sem revestimento, de tijolos do tipo oito furos de 19cm X 19cm x 9cm, com abertura frontal (porta) de 0,27m x 0,7m com abertura para combate e abertura lateral (janela) de 0,33m x 0,33m ambas fechadas com chapa de zinco furada;
- Madeira seca de eucalipto como meio combustível;
- Termômetro analógico (0° a 350°C; 5°C) para coleta da temperatura do incêndio;

- Termômetro infravermelho digital Benetch GM 320 (-50°C a 330°C; 0,1°C) para calibração do termômetro analógico.
- Pulverizador costal manual PMJ-10LMagnojet.
- Conjunto gerador de carga eletrostática (CHAIM, 2006).
- Bico BD 8005 de pulverização eletrostática com vazão de 0,180 L/min a 30 lbf/pol²;
- Água de torneira como agente extintor para combate;
- Cronômetro digital para leitura do tempo;
- Balança digital (5g a 8200g; 0,1g).

O procedimento experimental foi realizado no laboratório de Engenharia dos Materiais da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, no período de 10 de agosto a 08 de setembro de 2017.

Para obtenção dos dados, foram realizados 05 (cinco) ciclos experimentais, sendo cada um deles composto por três tipos de queimas: (I) sem combate, (II) com combate por jato atomizado convencional e, (III) com combate por jato atomizado eletrostático. Nos 03 (três) primeiros ciclos, as queimas foram realizadas nessa ordem. Nos ciclos 04 (quatro) e 05 (cinco), a ordem de combate foi invertida. Foi realizado 01 (um) ciclo a cada dia não chuvoso e, em cada queima, foram utilizados cerca de 5,25 Kg de madeira seca de eucalipto. A figura 3 ilustra a distribuição sistemática do processo cíclico de queimas.

Figura 3 – Processo cíclico de queimas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Antes do início de cada ciclo, uma quantidade de eucalipto seco foi queimada no simulador até que a temperatura atingisse 150°C, com a finalidade de diminuir a umidade absorvida no período não utilizável deste, por conta da estrutura de alvenaria (cerâmica - argila) não revestida.

A coleta dos dados propriamente dita foi iniciada com a queima sem combate (I), logo após o procedimento descrito anteriormente, quando a temperatura ambiente do simulador retornava a 45°C. Após o início do processo de coleta, observou-se o aumento da temperatura até a identificação da fase desenvolvida do incêndio, caracterizada pela estabilidade dela em um valor máximo; a partir de então, iniciava-se o decréscimo desta variável, sendo encerrada a coleta quando o ambiente do simulador atingia 100°C.

Nas duas últimas queimas ((II) e (III)) para se encerrar o ciclo, assim como na primeira, respeitou-se o intervalo de recuperação do ambiente, caracterizado quando atingia 45°C. Tanto no combate por jato atomizado convencional, quanto com o eletrostático, o ataque ao incêndio por meio de água só ocorrera quando a temperatura crescente do ambiente simulado se estabilizava com 04 (quatro) medidas de valores semelhantes, o que

assinalava a fase desenvolvida do incêndio. O combate se encerrava quando o simulador chegava a 100°C.

O procedimento para coleta de dados contemplou o preenchimento de 05 (cinco) planilhas tabuladas, onde cada uma delas era composta por três seções utilizadas para registrar as medidas de temperatura colhidas em intervalos de 30 segundos em cada queima de um ciclo.

Ao final de cada queima com combate, nos ciclos 03 (três), 04 (quatro) e 05 (cinco), foram feitos registros fotográficos para comparação qualitativa da lâmina de água visível sobre o piso do ambiente entre os dois tipos de combate, que se encontram nos apêndices de A a F.

Quanto ao dimensionamento da estrutura de alvenaria, levou-se em consideração as especificações contidas na Instrução Técnica (IT)14 do CBMSP (2011), onde a estrutura referenciada atende às características de ocupação do tipo residencial com carga de incêndio média de 300MJ/m² com 3m de altura. Para o simulador, a área foi de 1m² e altura de 1m, reduzindo o volume a 1/3 e, portanto, a carga de incêndio sendo diminuída para 100MJ/m².

Conforme a IT 14 do CBMSP (2011), a combustão de 1Kg de madeira libera 19MJ. Portanto, para calcular a massa de madeira a ser queimada com o propósito de se obter uma quantidade de calor próxima a 100MJ, foram utilizados aproximadamente 5,25Kg de eucalipto seco para produzir a energia necessária em cada queima.

Para verificar a temperatura que o ambiente simulado chegaria com essa quantidade de madeira, foram feitas duas queimas preliminares de teste, em que na primeira atingiu-se a temperatura máxima de 220°C, e na segunda a temperatura de 290°C. Para aferir tais medidas, foi utilizado um termômetro digital infravermelho direcionado para pontos da região central do teto do simulador com o intuito de mensurar um valor médio para a temperatura do ambiente. Contudo, devido a esse termômetro medir pontualmente a temperatura das diversas superfícies em torno do material em combustão, o

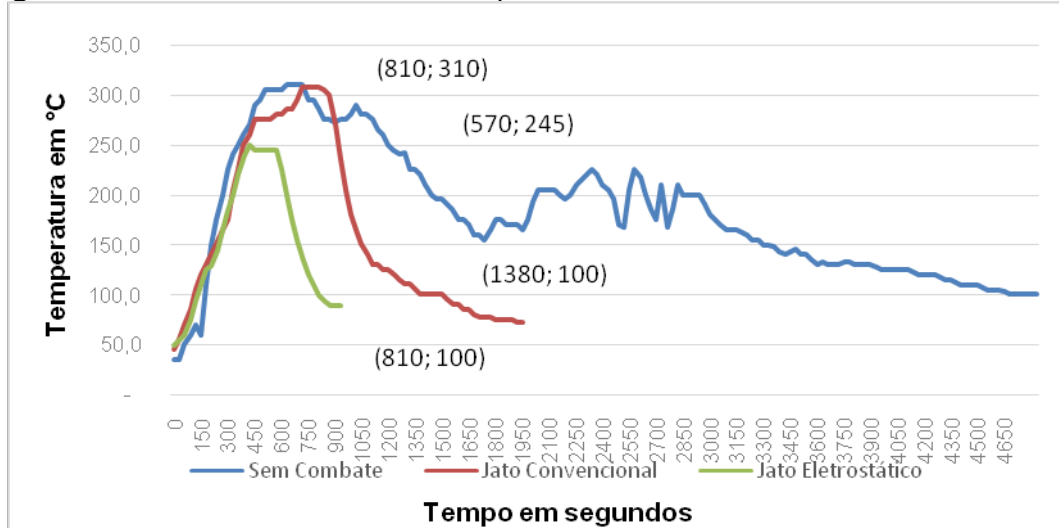
que produz diferentes leituras em cada ponto, e não ser possível medir com ele de forma precisa a temperatura da fumaça na parte superior do cômodo, mas sim do teto que é o anteparo, optou-se pelo uso de um termômetro analógico de forno, isto devido à necessidade de capturar não a temperatura da alvenaria, mas a da fumaça contida no simulador.

A vazão de 0,18L/min do equipamento de pulverização foi calculada através da média aritmética de 10 (dez) medidas, onde cada uma destas foi coletada através de um procedimento, que consistia em pesar com a utilização de uma balança digital, a massa de água aspergida no intervalo de tempo de 3 (três) minutos. A pressão de trabalho de 30 lbf/pol² é parametrizada em função da vazão do bico do pulverizador, estando tais informações disponíveis no catálogo do fabricante (MAGNOJET, 2017).

4 RESULTADOS

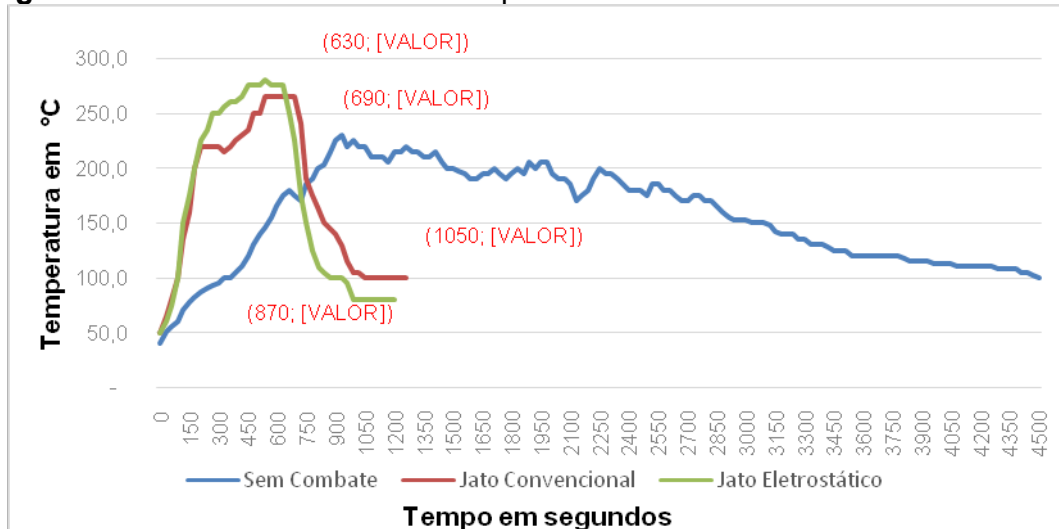
A análise dos dados foi realizada em várias etapas. Iniciou-se com a construção de um gráfico da temperatura em função do tempo para cada ciclo, contendo a curva característica de cada tipo de queima realizada no ciclo, somando um total de três curvas por gráfico. Ao final, foram obtidos os gráficos abaixo.

Figura 4 – Gráfico de Curvas de Temperatura do ambiente incendiado no ciclo 1.



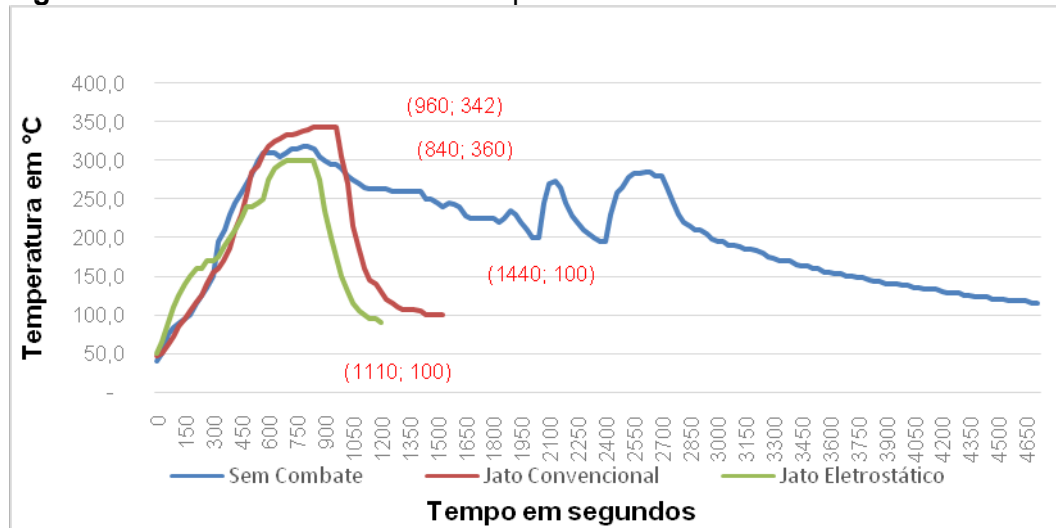
Fonte: Elaboração própria.

Figura 5 – Gráfico de Curvas de Temperatura do ambiente incendiado no ciclo 2



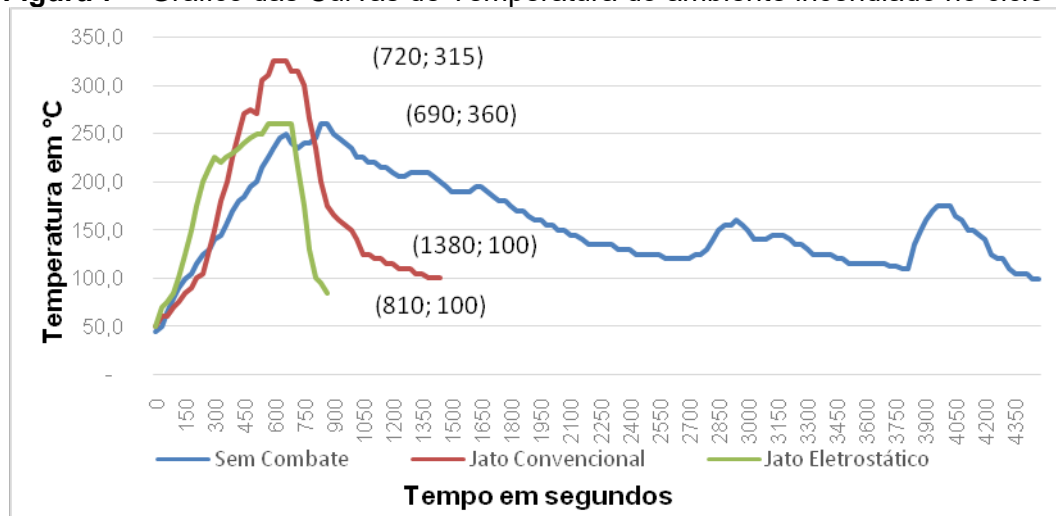
Fonte: Elaboração própria.

Figura 6 – Gráfico das Curvas de Temperatura do ambiente incendiado no ciclo 3



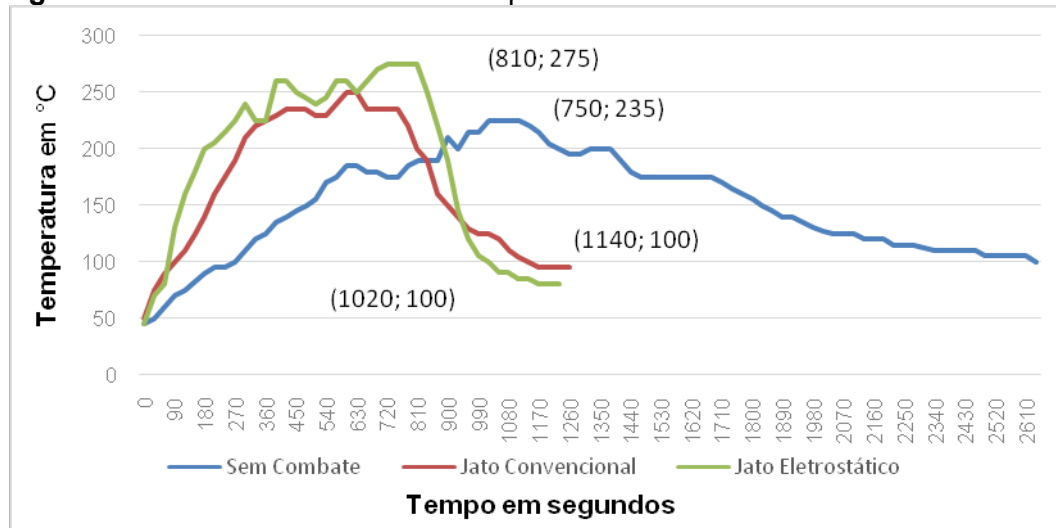
Fonte: Elaboração própria.

Figura 7 – Gráfico das Curvas de Temperatura do ambiente incendiado no ciclo 4.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 8 – Gráfico das Curvas de Temperatura do ambiente incendiado no ciclo 5.



Fonte: Elaboração própria.

Observou-se, em todos esses gráficos, uma queda mais acentuada da temperatura com o passar do tempo, quando foi utilizado o jato atomizado eletrostático, se comparado com a ação do jato convencional, mesmo nos ciclos 4 e 5, quando a ordem dos combates foi invertida. Outro fato a ser destacado é que na faixa de temperatura que vai de 150 a 100 graus Celsius, passou a variar de forma bem lenta no jato convencional, enquanto que no atomizado, ela continuou a decrescer praticamente com a mesma taxa de variação durante todo o combate.

A partir das informações obtidas, foi feita a comparação da diminuição da temperatura pela quantidade de água empregada no combate a incêndio com jato atomizado convencional e o eletrostático, conforme pode ser observado na tabela 1.

Cada linha desta tabela mostra dados referentes a um determinado ciclo de queimas. Na segunda e terceira colunas, encontra-se a taxa média de variação da temperatura por massa de água utilizada para o jato convencional (Ω_{jc}) e o eletrostático (Ω_{je}), respectivamente. Nessa mesma ordem, na quarta e quinta colunas, foram dispostos a média aritmética dessas taxas de variação,

também calculada para cada tipo de jato. Abaixo, encontra-se a fórmula para calcular a referida taxa de variação.

$$\Omega = \Delta T / \Delta M \quad (eq. 1)$$

Onde:

Ω – taxa de variação da temperatura pela variação de massa

ΔT – variação da temperatura

ΔM – variação da massa da água

A razão entre as médias aritméticas das taxas de variação para cada tipo de jato está expressa em porcentagem na coluna. O valor dessa razão revela que a variação da temperatura por unidade de massa de água empregada no combate com jato eletrostático é 2,39 vezes maior que no jato convencional, o que representa uma eficiência de 239% maior nesse aspecto.

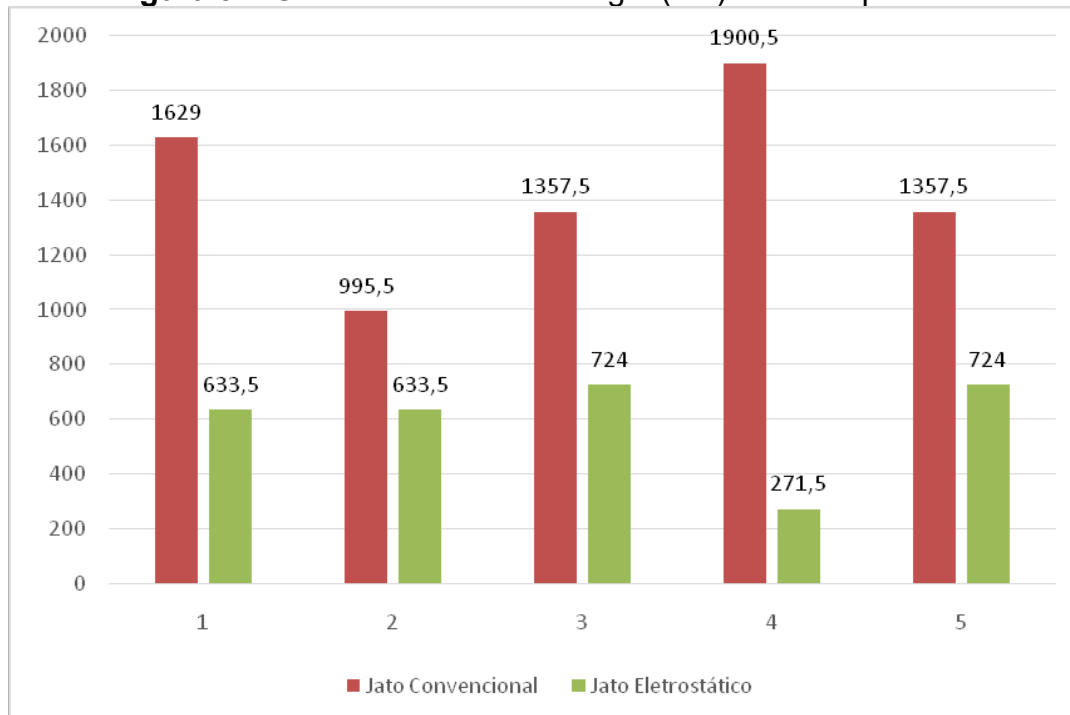
Tabela 1 – Delta temperatura / massa de água (°C/L)

Ciclo	Jato Convencional (°C/L)	Jato Eletrostático (°C/L)	Média Aritmética		Eficiência
			Jato Convencional (°C/L)	Jato Eletrostático (°C/L)	%
1	127,03	228,26			
2	165,29	275,48			
3	178,15	275,48	141,45	337,66	238,72
4	112,82	587,70			
5	123,97	321,4			

Fonte: Elaboração própria.

A otimização do uso da água como recurso energético usado para diminuição da temperatura, encontra-se expresso no gráfico 8, que mostra a comparação do volume de água usado para o combate com emprego dos dois tipos de jato por ciclo.

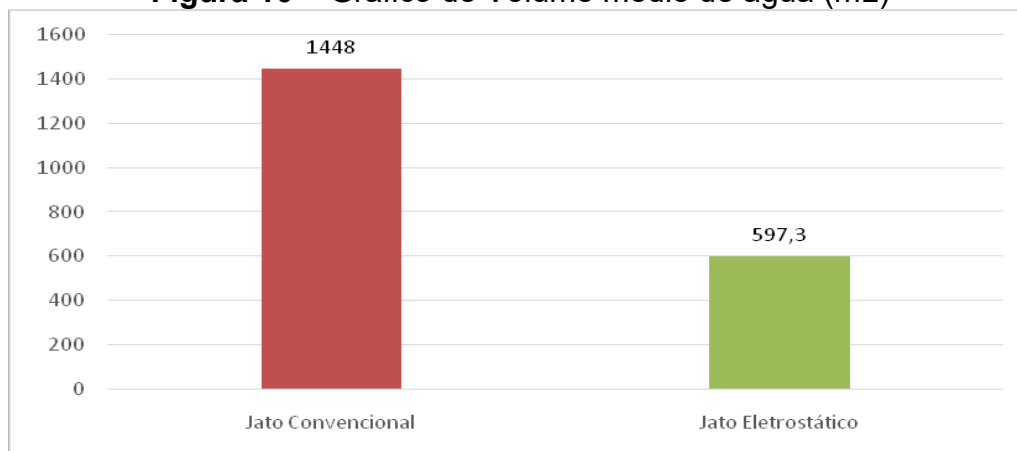
Figura 9 – Gráfico do Volume de água(mL) utilizado por ciclo



Fonte: Elaboração própria.

Observando o volume médio de água usado no combate para os dois tipos de jato, representado no gráfico 9, percebe-se que a quantidade de água com o uso do jato convencional é maior que o dobro do volume de água usado com o uso do jato eletrostático.

Figura 10 – Gráfico de Volume médio de água (mL)



Fonte: Elaboração própria.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados demonstraram a eficiência do jato atomizado eletrostático em relação ao jato atomizado convencional, inclinando-se para o que fora proposto neste estudo, pois, percebeu-se uma economia de aproximadamente 60% de água para obter efeitos de redução da temperatura semelhantes e cerca de 140% de redução da temperatura por litro de água, além de proporcionar uma quantidade menor de água espalhada no piso do simulador, o que numa situação de combate real é crucial para o regaste de vítimas, extinção do incêndio e conservação da estrutura sinistrada.

Durante a realização dos ensaios foram encontradas algumas dificuldades de natureza técnica e financeira, o que prejudicou outros objetivos a serem averiguados, como a variação da concentração de monóxido de carbono e aplicação de agentes nucleantes com a intenção de se verificar a diminuição da concentração de particulados na fumaça.

No futuro, mais pesquisas poderão ser realizadas, buscando-se a aplicação prática desse mecanismo de combate, como, aplicação em viaturas de combate a incêndio, chuveiros *sprinklers* e bombas costais de combate a incêndios florestais. É importante ressaltar que o equipamento de pulverização eletrostática foi inicialmente desenvolvido para aplicação eficiente no uso de defensivos agrícolas, portanto, é interessante buscar a otimização em termos do processo de eletrização em relação ao fluxo de água lançado no incêndio. Se forem desenvolvidas tecnologias dessa natureza, é importantíssimo destacar que estas trarão meios de prevenção e combate a incêndios que irão beneficiar toda a sociedade.

6 REFERÊNCIAS

ANTONIO, dos Santos Antônio et al. **Combate a incêndio em local confinado – Coletânea de manuais técnicos de bombeiros**. 1 ed. São Paulo: PMESP CCB, 2006.

CHAIM, Aldemir. **História da pulverização**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, 1999.

CORRÊA, Cristiano et al. **Mapeamento de incêndios edificações**: um estudo de caso na cidade do Recife. Revista de engenharia civil IMED; 2015.DOI: 10.18256/2358-6508/rec-imed.v2n3p15-34

DE CARVALHO, Ricardo V. Távora G. et al. **Manual básico de combate a incêndio do corpo de bombeiros militar do distrito federal**. Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. 2 ed.Brasília: [s.n.], 2009.

FLORES, Bráulio Cançado; ORNELAS, Éliton Ataíde; DIAS, Leônidas Eduardo. **Fundamentos de combate a incêndio – Manual de bombeiros**. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. 1 ed. Goiânia: 2016.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MORALES, Gilson et al. **A ação do fogo sobre os componentes do concreto**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v.32, n.1, p. 47-55, jan./mar. 2011.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado dos Negócios da Segurança Pública. Polícia Militar. Corpo de Bombeiros (2011). **Instrução técnica n.14: Carga de incêndio nas edificações e áreas de risco**. São Paulo.

SEITO, Alexandre Itiu et al. **A segurança contra incêndio no Brasil**. 2 ed. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

MAGNOJET. **Tabela de vazão**. Disponível em:< <http://www.magnojet.com.br/produtos/produto/31>>. Acesso em: 12 de set. 2017.

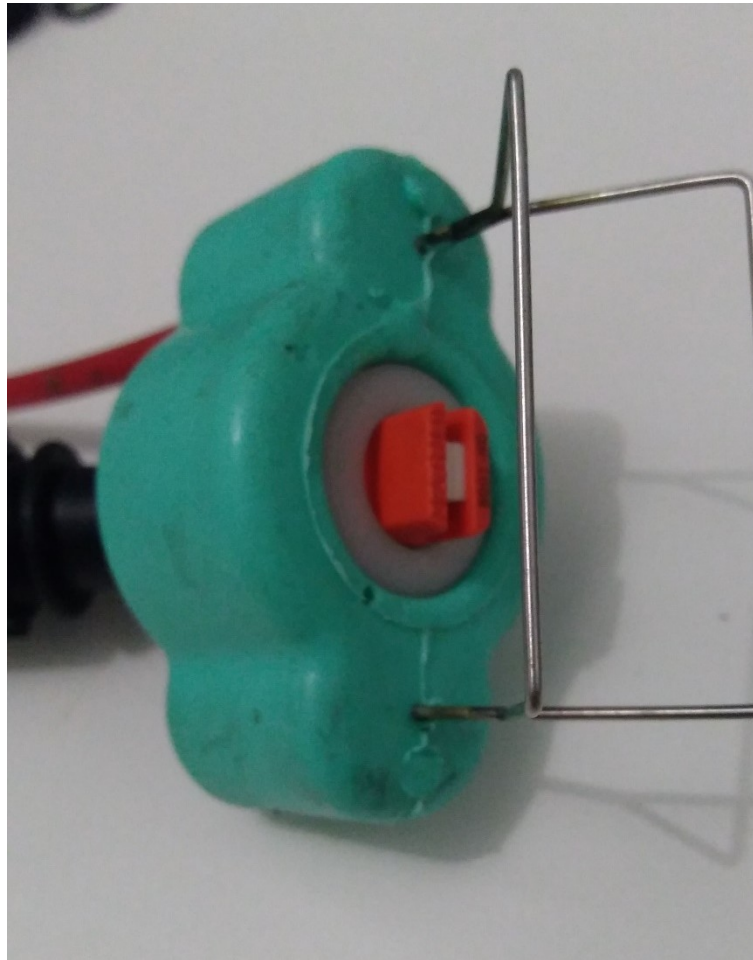
Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco
Seção 3 – Anais de Eventos Técnicos-Científicos
XVII Seminário Nacional de Bombeiros – João Pessoa PB
Vol.03 Nº08 - **Edição Especial XVII SENABOM** - ISSN 2359-4829
Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammae.com>.

MENEZES, José. **O corpo de bombeiros no Pará**. 2 ed. Belém: Corpo de Bombeiros Militar do Pará, 2007.

SOUZA, Rogério et al. **Lesão por inalação de fumaça**. J. bras. pneumol., São Paulo, v.30, n..557-565, Dec. 2004.

APÊNDICE A – BICO DE PULVERIZAÇÃO ELETROSTÁTICA



APÊNDICE B – EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL UTILIZADOS



APÊNDICE C – BOMBA COSTAL DE PULVERIZAÇÃO



APÊNDICE D – FOGUEIRA DE FOCO INICIAL



APÊNDICE E – FASE FINAL DO INCÊNDIO SEM COMBATE



**APÊNDICE E – QUANTIDADE DE ÁGUA NO PISO DO SIMULADOR APÓS
COMBATE COM JATO ATOMIZADO CONVENCIONAL**



**APÊNDICE F – QUANTIDADE DE ÁGUA NO PISO DO SIMULADOR APÓS
COMBATE COM JATO ATOMIZADO ELETROSTÁTICO**



APÊNDICE F – COMBATE AO INCÊNDIO



Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco

Seção 3 – Anais de Eventos Técnicos-Científicos

XVII Seminário Nacional de Bombeiros – João Pessoa PB

Vol.03 Nº08 - **Edição Especial XVII SENABOM** - ISSN 2359-4829

Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammae.com>.
