



## RESUMO DA PESQUISA

Independentemente da situação e do modo que se projete o sistema de supressão do fogo por meio da água, não basta que a água seja apenas jogada na superfície incendiada, sendo necessária a utilização de instrumentos que o façam da forma mais eficiente atendendo as necessidades da extinção do fogo em cada caso. No que se refere aos sistemas de supressão utilizados em edificações, as formas mais utilizadas são os sistemas de extintores portáteis, hidrantes e chuveiros automáticos, os quais têm como objetivo o controle e a extinção de um incêndio. Dentre os sistemas citados, os sistemas de chuveiros automáticos têm se destacado.

Assim, o atual projeto de pesquisa teve por objetivo investigar os sistemas de proteção ativa contra incêndios, compreendendo melhor os mecanismos de extinção do fogo de dois tipos específicos de chuveiros automáticos, a saber os *sprinklers* e os *water mists*. Caracterizados por serem sistemas fixos que utilizam água como elemento supressor do fogo, os chuveiros detectam rapidamente os indícios de incêndio e logo são ativados. A redução do tempo de reação entre detecção e combate do fogo é o que pode evitar sua propagação, garantindo a supressão total do mesmo, ou quando não, proporcionando que o fogo fique confinado em certo espaço, abrindo frente para atuação da brigada de incêndio na evacuação das pessoas e combate efetivo do incêndio, SEITO et al. (2008).

Por sua vez, o uso de ferramentas computacionais que simulam e avaliam numericamente a dinâmica de um incêndio podem ajudar a economizar tempo e o custo das investigações experimentais. Neste sentido, neste projeto utilizou-se de modelos de fluidodinâmica computacional (CFD – *Computational Fluid Dynamics*) para avaliação comparativa da capacidade de extinção do fogo dos chuveiros automáticos *sprinkler* e *water mist*. A criação dos modelos, manipulação e análise de dados foram feitas a partir do *Software FDS (Fire Dynamics Simulator)* desenvolvido pelo *National Institute of Standards and Technology (NIST)* e do *Software Blender*. Já a visualização dos resultados numéricos obtidos foi feita no *Software Smokeview*.

Nos seis primeiros meses de projeto, o estudo foi dividido em duas frentes principais, uma teórica e outra prática. Na teórica o bolsista realizou o levantamento de revisão bibliográfica a respeito dos chuveiros automáticos e na frente prática focou-se em dominar a ferramenta computacional FDS. Nesse período foram construídos dois modelos no FDS, um com sistema de supressão composto apenas por *sprinkler* e outro apenas com *water mist*; avaliou-se a eficiência desses modelos na extinção de um incêndio deflagrado em um mesmo compartimento,



observando dentre outros fatores a influência do tamanho das gotículas de água, bem como da pressão do esguicho do chuveiro sobre o tempo de extinção do fogo.

As conclusões parciais do modelo estão listadas abaixo:

- a) No modelo com supressão por *sprinklers* a taxa de retirada de calor foi brusca - cerca de 800 kW retirados em 10s;
- b) No modelo com supressão por *water mists* a taxa de retirada de calor foi gradual - cerca de 700kW retirados em 600 s;
- c) Apesar dos modelos permitirem a simulação e extração de resultados da retirada de calor do combustível, em nenhum dos casos, dentro do tempo estipulado no modelo, houve arrefecimento por completo do cenário de incêndio;
- d) Esperava-se que o modelo numérico que utilizou o sistema de supressão por *water mists* apresentasse uma taxa de resfriamento maior que a do modelo onde se utilizou *sprinklers*, a teoria indica que com a pressão maior de esguicho e conseqüentemente com diâmetros menores de gotículas, haja maior área de absorção do calor. O modelo criado, entretanto, não obteve este resultado;

Todas estas conclusões parciais foram levadas em conta durante a continuação do projeto, servindo como ponto de partida para exploração de novos modelos de fluidodinâmica. A sequência do projeto também se motivou em entender a eficiência dos chuveiros automáticos *sprinklers* e *water mists* para extinção de incêndio criados nos cenários computacionais, entretanto tendo como incremento ao projeto o desafio de obter esses resultados a partir de um modelo baseado em uma edificação real.

O primeiro passo para definir a edificação tratada como objeto de estudo de caso para este projeto foi entender em quais tipos de construção estão sendo implementados os chuveiros automáticos do tipo *sprinkler* e *water mist*, considerando tanto uso nacional como internacional. Apesar da lista de edificações que utilizam a tecnologia de água nebulizada ser restrita, principalmente pelo alto custo de implementação e pela menor disponibilidade de empresas que tenham o *know-how* para executá-la, buscamos investigar e avaliar o potencial de se usar os chuveiros *water mist* em edificações menores e com uso menos específico, ampliando assim o número de locais que poderiam ser utilizados como estudo de caso para este projeto.

A busca iniciou-se por locais dentro da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Com este filtro foram identificados alguns galpões, a biblioteca central do campus e até algumas salas da faculdade de engenharia civil. A busca não se limitou a construções já finalizadas, incluindo também novas construções e até reformas em locais já existentes dentro da universidade. Seguindo neste caminho foi localizado o projeto do Espaço Plasma.



O Plasma é um projeto que atualmente está em andamento e será implantado no antigo Laboratório do Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW) localizado na Rua Albert Einstein, 851. O prédio, que está localizado em local nobre do campus, está há tempos sem uso e hoje está sendo totalmente remodelado. O projeto é coordenado pela professora Gabriela Celani, da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) e tem previsão para ser inaugurado no primeiro semestre de 2021 de acordo com Luiz Sugimoto, da Comunidade Interna da UNICAMP.

Para construção da geometria do Plasma foi utilizado o BLENDER. O Blender é um modelador 3D para computador, sua multiplataforma de pacotes de criação 3D é gratuita e de código aberto. Ele pode ser usado em qualquer área que seja necessária a criação de um modelo tridimensional, seja para importar arquivos ou para exportá-los. Uma das extensões que o software Blender suporta é o FDS, cujo nome é BlenderFDS.

O BlenderFDS é uma extensão do Blender e funciona como pré-processador para o FDS. Os recursos do BlenderFDS facilitaram a criação de toda geometria do modelo desenvolvido para estudo da simulação de fluidodinâmica.

Foram construídos três tipos diferentes de simulações na segunda etapa do projeto, a primeira delas foi executada sem um sistema de supressão específico; a segunda e terceira foram executadas com sistemas diferentes de proteção ativa contra incêndios: uma com chuveiros do tipo sprinkler e a outra com water mists respectivamente. O layout geométrico das três simulações foi o Maker Space do Projeto Espaço Plasma, construído com auxílio do Blender e do BlenderFDS. O edifício possui 24 m de comprimento, 6.4m de largura e 3.8m de altura. A célula de processamento, por sua vez, foi construída com uma folga em todo o perímetro do edifício para que se pudesse entender o comportamento da fumaça tanto dentro, quanto fora dele. As dimensões da célula foram de 28m de comprimento, por 8m de largura e 6m de altura. O tempo total de execução das simulações finais foi de 300s. Os objetos incendiados e as obstruções foram genericamente nomeadas de Agente 1 e Agente 2.

O primeiro modelo que foi intitulado de Modelo Básico é um modelo sem sistemas de supressão de fogo. Este modelo foi pensando e executado para ser um balizador dos resultados obtidos com os modelos que possuem os chuveiros automáticos. Foram realizadas simulações com este modelo para obter a temperatura em diferentes planos no ambiente, a taxa de liberação de calor (*Heat Release Rate – HRR*) ao longo do tempo, bem como obter a visibilidade em metros em duas portas principais que servem de escape para pessoas em uma situação real de incêndio.

Na segunda simulação utilizou-se os parâmetros já estabelecidos no Modelo Básico e acrescentamos o sistema de supressão com quatro *sprinklers* no modelo. Na terceira simulação o



sistema de supressão utilizado foi o de chuveiros do tipo *water mist*. Foram instalados quatro chuveiros posicionados nos mesmos locais dos *sprinklers*

Na simulação do modelo básico, o fogo atinge sua temperatura máxima de 882 °C nos primeiros 40s de simulação quando a taxa de liberação de calor é igual a aproximadamente 12 kW. Passado o pico do fogo, sua curva tende a estabilizar na faixa dos 760 °C, com liberação de 11 kW em média. A fumaça gerada pela queima dos agentes de fogo 1 e 2 é rapidamente difundida nas duas salas, fato que influencia diretamente na visibilidade dentro dos ambientes. Com cerca de 38 segundos de simulação o fator de visibilidade passa de 30m para 2.9 m a frente da pessoa em situação de sinistro.

Já na simulação dos *sprinklers* a ativação dos chuveiros aconteceu de acordo com a tabela 1. Durante os 300s de simulação, tanto o agente de fogo 1 como o agente 2 foram arrefecidos completamente. O primeiro agente de fogo arrefecido foi o Agente 2. Este agente foi arrefecido exclusivamente pelo Sprinkler 4 com 23,4 segundos de simulação e 14,5s após o acionamento do chuveiro; já o Agente 1 foi arrefecido com 159,6 segundos de simulação. Inicialmente o sprinkler 3 é acionado quando atinge sua temperatura limite com 9,1s de simulação; posteriormente o sprinkler 2 também é acionado com 44,7s de simulação. A extinção completa do fogo do agente 1 aconteceu 150,5 segundos depois do acionamento dos chuveiros que o suprimiram. A taxa de redução da liberação de calor para o modelo com *sprinklers* é alta e brusca, com a ativação dos *sprinklers* 3 e 4 cerca de 850 kW são retirados em 35s; posteriormente com a ativação do sprinkler 2 mais 350 kW são retirados em cerca de 120s. A respeito da visibilidade no modelo com chuveiros automáticos do tipo *sprinkler*, a fumaça atinge a porta entre o espaço *maker* e a oficina com cerca de 3,9s, e inviabiliza a passagem por ela com cerca de 5,6s, intervalo em que a visibilidade passa de 30m para apenas 0,35m a frente da pessoa. Já na porta de saída do espaço *maker* a fumaça a atinge com cerca de 7,8s e inviabiliza a passagem com cerca de 19,6s, momento em que seria possível enxergar somente 35 cm a frente em um sinistro

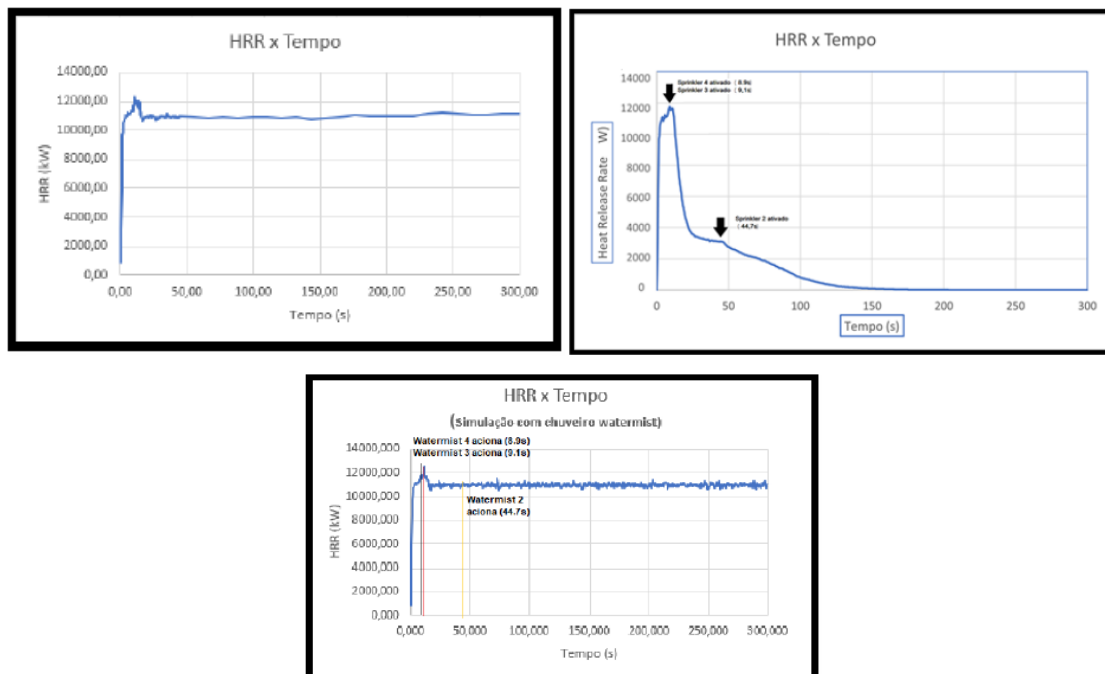
Na simulação com *water mists* os chuveiros automáticos foram ajustados para ativarem de acordo com os tempos expostos na Tabela 1. Esperava-se que decorrida a ativação dos chuveiros haveria a redução gradual da taxa de calor, trabalhando em uma curva semelhante à do teste dos *sprinklers*. Os resultados obtidos, porém, retornam um gráfico muito mais próximo do modelo sem chuveiros. Com relação a visibilidade, a fumaça atinge a porta entre o espaço *maker* e a oficina com cerca de 3,9s, e inviabiliza a passagem por ela com cerca de 42s, intervalo em que a visibilidade passa de 30m para apenas 0,35m a frente da pessoa. Já na porta de saída do espaço *maker* a fumaça a atinge com cerca de 7,8s e inviabiliza a passagem com cerca de 46,5s, momento em que seria possível enxergar somente 35 cm a frente em um sinistro.



Tabela 1: Tabela de funcionamento dos sprinklers no modelo numérico

Sprinkler	Temperatura máxima atingida abaixo do Sprinkler	Tempo de ativação	Taxa de liberação de calor no momento da ativação
Sprinkler 1	64,2°C	Não ativado	-
Sprinkler 2	68°C	44,7s	3102,3 kW
Sprinkler 3	68°C	9,1s	11748,1 kW
Sprinkler 4	68°C	8,9s	11694,4 kW

Os principais resultados supracitados estão descritos nos gráficos das figuras 1, 2 e 3 da taxa de liberação de calor (HRR) no tempo plotados em função dos dados de saída das três simulações executadas.



Por sua vez, a visibilidade em cada simulação pode ser visualizada através das figuras 4 e 5 referentes a simulação do modelo básico e modelo com sprinklers respectivamente.

