

# PROTEÇÃO PASSIVA CONTRA INCÊNDIOS EM ESTRUTURAS METÁLICAS

SALATIEL GRANVILE<sup>16</sup>  
VINICIUS GONSALES DIAS<sup>17</sup>

**RESUMO:** O presente trabalho tem o objetivo de demonstrar métodos de proteção contra incêndios em estruturas metálicas, bem como realizar ensaios com peças de aço, verificando sua resistência quando elas estão em contato com o fogo. A importância do estudo justifica-se por discorrer sobre a utilização do aço, amplamente empregado na construção civil, demonstrando também as suas limitações, com o objetivo de favorecer informações que orientem sobre a maior segurança e resistência contra incêndios, uma vez que o aço apresenta boas características como resistência mecânica, rapidez em sua execução e leveza, sendo seu uso relevante para diversos fins. Com as diversas modalidades de proteção disponíveis, neste estudo foram analisadas as peças com proteção de gesso e pasta de cimento, sendo este último considerado funcional, pois apresentou maior resistência ao fogo, mantendo suas propriedades químicas. Foram realizados ensaios para verificação acerca de como as peças se comportariam com uma carga aplicada sobre ela, levando-a até o seu momento de deformação. Este trabalho conseguiu provar que uma estrutura, quando está protegida, tende a ter melhor resistência contra incêndios e, entre as opções de menor custo, a pasta de concreto revela-se uma alternativa viável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estruturas metálicas; Incêndios; Proteção.

## PASSIVE PROTECTION AGAINST FIRE IN METALLIC STRUCTURES

**ABSTRACT:** The present work aims to prove methods of fire protection in metal structures, as well as perform tests with steel parts, verifying their resistance when they are in contact with fire. The importance of the study is justified by discussing the use of steel, widely used in civil construction, also demonstrating its limitations, with the objective of favoring information that guides on the greater safety and resistance against fires, since steel has good characteristics such as mechanical resistance, speed in its execution and lightness, being its use relevant for various purposes. With the various protection modalities available, in this study we analyzed the parts with the protection of gypsum and cement paste, the latter being considered functional, because it presented higher fire resistance, maintaining its chemical properties. Tests were performed to verify how the parts would behave with a load applied to, leading to their moment of deformation. This work has been able to prove that a structure, when protected, tends to have a resistance to fires and, among the lower cost options, concrete paste proves to be a viable alternative.

**KEYWORDS:** Metal Structures; Fires; Protection.

## INTRODUÇÃO

As construções em estruturas metálicas vêm ganhando seu espaço no mercado gradativamente e, nas últimas décadas, desde as pequenas até as mais altas e sofisticadas construções, o emprego dos metais tem se tornado cada vez mais comum, pois apresenta grandes benefícios a uma obra, principalmente na agilidade do seu processo de execução (COOPERMETAL, 2020).

---

<sup>16</sup> Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe-UNIFASIPE. Endereço eletrônico: [salatiel\\_granvile@hotmail.com](mailto:salatiel_granvile@hotmail.com);

<sup>17</sup> Professor Mestre em Engenharia Civil, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe-UNIFASIPE. Endereço eletrônico: [viniciusgonsolesdias@gmail.com](mailto:viniciusgonsolesdias@gmail.com).

Os fatores que influenciam este grande crescimento, além da agilidade de seu processo, são o seu custo relativo com o mercado e a grande facilidade de aquisição da sua matéria-prima. Segundo o CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço), os prazos de execução em estruturas metálicas podem ser reduzidos em até 40% quando comparados com os processos convencionais (CBCA, 2021).

O uso do aço cresceu 17,8% somente no segundo trimestre de 2021, segundo o IABr (Instituto Aço Brasil) evidenciando que seu uso tem se tornado cada vez mais comum para diversos fins, como para construções de barracões, silos, estruturas de galpões, shopping centers, universidades e aeroportos (AÇO BRASIL, 2020).

Seu uso traz grandes benefícios como a redução no tempo de execução, menor custo, alívio de cargas na fundação e, ainda, segundo o IABr, o aço é material mais reciclado do mundo, uma vez que ele pode ser reciclado 100% sem a perda de qualidade. Somente no ano de 2019, foram reciclados 8 milhões de toneladas de sucatas de aço (AÇO BRASIL, 2020).

No entanto, apesar de ser um material com grande facilidade de trabalho, observa-se como ponto negativo sua relação ao fogo, pois, quando em contato com o fogo, ele se deforma rapidamente, prejudicando totalmente a sua estrutura, levando-a ao ponto de colapso em um curto prazo de tempo.

A pesquisa tem como objetivo realizar um estudo sobre os principais tipos de proteção passiva contra incêndios em estruturas metálicas no Brasil, com ênfase na busca de novas formas que possam ser agregadas às já existentes.

Todavia, no Brasil, o uso da proteção em estruturas metálicas ainda não registra um volume expressivo, porém essa proteção é de extrema importância para as edificações com vistas a se oferecer maior segurança a seus usuários. Nesse sentido, o presente trabalho é relevante na medida em que evidencia meios de associar essa proteção ao largo uso das estruturas metálicas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 História da utilização do aço

Segundo Moreira (2019), a combinação da utilização do aço com outras matérias deu-se no início do século XVIII quando, com a Revolução Industrial, observou-se a necessidade de substituição da madeira pelo aço. O registro do primeiro edifício com a utilização da estrutura metálica pertence aos Estados Unidos em 1885, da The Home Insurance Company.

Somente em 1948, um engenheiro alemão chamado E. Morch fez a publicação de um estudo sobre alertas em relação às estruturas metálicas em condições de incêndios. E do século XX, datam os primeiros registros de incêndios nas estruturas em grande dimensão (MOREIRA, 2019).

O Edifício Comercial da John W. Bressmer, em 1948, situado no estado de Massachusetts, no EUA, no dia 02 de maio, sofreu um grande incêndio que se alastrou por toda o prédio, possivelmente provocado por um raio. Nessa ocasião, as vigas em aços utilizadas na sua estrutura foram completamente destruídas, enquanto os pilares de aço não foram praticamente atingidos pelo fogo (MOREIRA, 2019).

Segundo Moreira (2019), no Brasil, o mesmo aconteceu no Edifício Grande Avenida, situado em São Paulo, no ano de 1981, quando um curto-circuito, em um dos seus andares, provocou um grande incêndio fazendo com que, do total de 23 andares, 20 deles fossem totalmente destruídos; a sua destruição deu-se pelo fato de que o aço sofreu dilatação, a qual comprometeu a estabilidade do edifício.

### 2.2 O aço para estruturas metálicas

O aço é uma liga metálica, composto basicamente de ferro e de pequenas quantidades de carbono, que é o responsável pela sua ligação, observando-se que, na composição do aço, outros elementos podem ser adicionados para melhorar a sua resistência, à corrosão e a temperaturas elevadas, por exemplo (DE SOUZA, 2017).

O aço é um material homogêneo com características mecânicas simples e bem definidas e, independentemente do tipo de aço, conforme o Quadro 1, suas propriedades físicas são constantes.

Módulo de elasticidade	$E = 20000 \text{ KN/cm}^2$
Módulo de elasticidade transversal	$G = 7700 \text{ KN/cm}^2$
Coefficiente de Poisson	$\nu = 0,3$
Coefficiente de dilatação térmica	$\beta_a 1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Massa específica	$\rho_a = 7850 \text{ kg/m}^3$

Fonte: Adaptado de Souza (2017)  
Quadro 3 - Constantes físicas do aço

## 2.3 Vantagens do uso do aço nas estruturas

### 2.3.1 Diminuição do peso nas fundações

O aço possui resistência superior a outros tipos de estruturas convencionais, pois, pelo fato de a estrutura ser mais leve, ele garante uma redução de pesos na fundação, o que favorece um menor custo financeiro na construção. Estima-se que essa redução de valores na fundação pode chegar até 30% do seu valor gasto em fundações convencionais (GOMES, 2018).

### 2.3.2 Minimização no tempo de construção

O tempo de construção em estruturas metálicas influencia em vários fatores, considerando que a sua montagem não interfere no processo de construção, pois não é afetada pelas condições climáticas; e a não utilização de escoras e formas para que ela ganhe resistência, também representa ganho de tempo se comparado com o tempo despendido com a retirada de escoras no processo de construção em concreto (GOMES, 2018).

### 2.3.3 Desperdício dos Materiais

Quando se trata de processos de construção no modo convencional, o desperdício de materiais é muito alto e esse valor pode chegar até a 25% em volume de peso da obra. No entanto, com a construção metálica, esse valor é reduzido a quase zero, uma vez que as peças de estruturas já são fabricadas sob medida, evitando, assim, desperdícios de materiais, além de se observar, ainda, a facilidade de compra dos materiais (GOMES, 2018).

## 2.4 Desvantagem do uso do aço nas estruturas

### 2.4.1 Mão de obra especializada

Este item é o de maior influência quando se trata de estrutura metálica no Brasil, uma vez que não se encontram, com facilidade e disponibilidade, profissionais para executar este tipo de trabalho. Esta dificuldade faz com que seu custo de mão de obra tenha um valor elevado em relação a outros métodos de construção, porém, por exigir mão de obra especializada, isso também é um fator que garante a qualidade do produto final (GOMES, 2018).

### 2.4.2 Transporte das peças montadas

A necessidade de fazer o transporte da estrutura já montada até o local da construção, é um parâmetro que tem apreciação negativa, seja pela dificuldade de transporte como pela interferência no trânsito e, algumas vezes, em locais pequenos, a dificuldade de passagem com peças grandes como é caso da construção de pontes ou viadutos. Por outro lado, porém, isso facilita no momento de execução, pois, com as peças grandes já montadas, no local precisa-se apenas de um guindaste para levar as peças no ponto de instalação e profissionais para soldá-las (GOMES, 2018).

### **2.4.3 Temperatura, Barulho e Proteção contra o Fogo**

Quando se considera temperatura, barulho e fogo, a estrutura metálica não se compara com a estrutura de concreto, uma vez que, por se tratar de um metal, ela se aquece facilmente com o calor e tem maior facilidade de se destruir quando em contato com o fogo, além de não ter uma boa vedação contra ruídos, o que implica na necessidade de uma proteção adequada para o fechamento da construção, diferente do concreto que apresenta resistência maior e não exige esse cuidado (GOMES, 2018).

## **2.5 Estrutura metálica em contato ao fogo**

A alta temperatura, em uma situação de incêndio, incorre na sensibilidade do aço estrutural; de forma geral, a sua temperatura é padronizada em 1.100°C. Então, com temperaturas superiores a 650°C, o aço estrutural tem seu limite de escoamento reduzido e, nesses casos, o objetivo da proteção térmica é evitar que os elementos estruturais cheguem a esta temperatura, mantendo a integridade da edificação (SANTOS, 2017).

Segundo Basso (2016), quando o metal está em contato com altas temperaturas, ele gera tensões indesejadas em primeiro momento; e após o aumento da temperatura, ele tende a plastificar levando à perda das suas propriedades estruturais.

A resistência do aço em contato com o fogo é conhecida como Fator de Massividade, devendo ser realizado cálculo para cada perfil estrutural da edificação, de forma a se comparar depois às tabelas dos fabricantes dos materiais de proteção térmica, para a obtenção da espessura correta do material a ser utilizado (SANTOS, 2017).

## **2.6 Proteção passiva para estrutura metálica**

O objetivo da proteção passiva consiste na associação de isolante térmico na estrutura para suportar elevadas temperaturas sem que ela seja comprometida. Atualmente, há diversos tipos de proteção passiva, que buscam fazer com que a estrutura tenha resistência ao fogo e garantir proteção de forma a precaver maiores danos, atendendo às necessidades de segurança, que estão estabelecidas no projeto (DE FIGUEIREDO, 2020).

Para que esta proteção tenha bom desempenho, a partir da definição do tipo de proteção que se deve utilizar, vários fatores são levados em consideração, sendo que o método mais adequado depende da natureza do substrato, geometria da peça, densidade do material e um item principal, que é a inspeção visual, os quais, após análise e definição, favorecem a qualidade e proteção desejada (DA COSTA, 2019).

Segundo Cunha (2016), as medidas de proteção são incorporadas na construção da edificação, com o objetivo de agirem discretamente na proteção numa situação de incêndio. Seu objetivo é dificultar que o fogo se propague, facilitando, assim, a fuga dos usuários e, igualmente, facilitar a entrada dos responsáveis pelo combate ao incêndio para o resgate de vítimas.

## **2.7 Tipos de proteção passiva**

### **2.7.1 Argamassa projetada**

Esse tipo de proteção apresenta baixo peso específico e tem boa resistência a danos mecânicos, o seu acabamento é do tipo chapisco grosso, não apresenta o desenvolvimento de fungos e bactérias, o seu tempo total de cura é de aproximadamente 28 dias, e após a cura a sua espessura fica entre 10 e 75 mm, variando conforme especificação do projeto (GOMES, 2019).

A aplicação de proteção com argamassas projetadas revela-se a maneira economicamente mais viável em relação a outros tipos de proteção. O seu custo é representado na média de 10 % a 15 % do custo da estrutura (MOTA, 2019).

### 2.7.2 Tintas intumescentes

Este tipo é aplicado sobre a base de epóxi compatível com um sistema e acabamento chamado de *top coat*, as espessuras da tinta podem variar de 300 a 5700 micras, e a espessura adotada varia de acordo com o projeto e o fator de forma a ser protegido (COSTA, 2019).

A tinta intumescente permanece inerte quando está sujeita a baixas temperaturas e quando a temperatura chega de 200°C a 230°C, ela gera uma camada carbonizada de materiais de baixa condutividade, mantendo o aço em sua temperatura e resistência original, uma vez que suas propriedades são afetadas quando a temperatura chega próximo aos 400°C (DA COSTA, 2019).

### 2.7.3 Lã de rocha basáltica

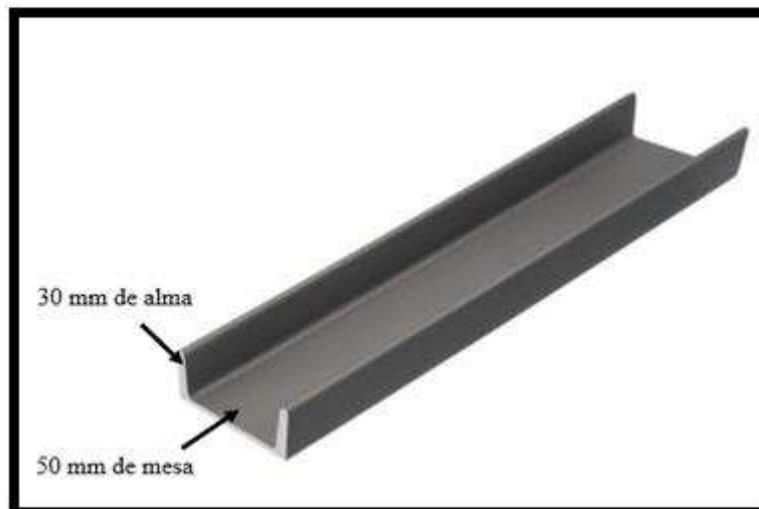
Este tipo de proteção fornece acabamento luminoso ou vinílico, a sua espessura de proteção pode variar conforme especificação de projetos, podendo chegar de 25 a 100 mm. Este tipo de proteção é bem pouco utilizado devido ao seu alto custo em relação a outros tipos, além da dificuldade de mão de obra especializada (DA COSTA, 2019).

### 2.7.4 Manta de fibra cerâmica

Esse tipo de proteção é fixado com pinos de ancoragem, ela resiste a uma temperatura de até 1760°C e, além da sua proteção resistir a altas temperaturas, é um material inorgânico e a sua propagação de fumaça e chamas é classificado a zero. A sua espessura de proteção pode variar de 12 a 100 mm, isso vai de acordo com projetos e forma do perfil a ser protegido (DA COSTA, 2019).

## 3 . PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A análise dos ensaios foi realizada no dia 01/10/2022 no laboratório do Centro Universitário de Sinop, UNIFASIPE, na cidade de Sinop/MT. Para esse ensaio, foram utilizadas oito peças de aço do tipo C, com o aço do tipo 1020 que possui um teor de 2% de carbono; a chapa utilizada foi a BWG 22 com espessura de 0,75 mm, que possui também 50 mm de mesa e 30 mm de alma e com um comprimento de 50 centímetros (Figura 1).



Fonte: Adaptado Hiperferro (2022)  
Figura 1 - Perfil metálico do tipo C

A escolha do perfil tipo C para a realização deste ensaio justifica-se pelo fato de ser um perfil utilizado regularmente na construção civil, pela disponibilidade da peça na região e ainda pela possibilidade de compra de peças de diversos tamanhos, diferente de outros perfis cuja compra é possível somente por pedidos e tamanhos específicos.

As proteções passivas utilizadas para esses testes foram a pasta de cimento e gesso, sendo que elas foram utilizadas de forma individual na estrutura e sua aplicação foi de forma homogênea para garantir melhores resultados; as peças estavam limpas e adequadas para receber as proteções. Para os testes de resistência, utilizou-se o fogo cujo meio de condução foi uma fogueira com as peças colocadas na pior situação possível, ou seja, em contato direto com o fogo.

As peças tiveram uma proteção de 3 mm de forma uniforme na parte externa da peça sobre todo o seu comprimento, após ficaram em repouso para secagem por 72 horas. Foi realizada uma fogueira com madeira, pois ela tem maior teor de calor, então as peças foram colocadas sobre a fogueira, deixando expostas ao fogo as partes externas da peça onde estava aplicada a proteção. Posteriormente, com as peças já frias, estas foram levadas para a realização do ensaio à resistência, realizado com o auxílio de uma prensa hidráulica.

Todo o passo a passo e resultados foram anotados para proceder à verificação de qual peça garantiu maior resistência em contato com o fogo e melhor resistência quanto ao ensaio de flexão.

#### 4 . ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

Para a realização do ensaio, foram separadas as peças de aço em pares: duas foram utilizadas para teste à tração sem contato ao fogo e sem proteção; outras duas peças sem proteção; duas peças com proteção da pasta de cimento e duas com proteção de gesso para o teste ao fogo, para verificação de suas reações e análise quanto ao tempo de resistência da estrutura ao fogo quando ela está protegida.

A pasta de cimento utilizada para o ensaio foi a convencional de uso comum e o gesso foi o de secagem rápida de dez minutos. Para a aplicação do gesso e da pasta de cimento, estes foram colocados em um recipiente e, para cada um deles, foi acrescentado água para fazer a mistura, até que ela ficasse homogênea.

Conforme a Figura 2, observa-se que a primeira peça é a com proteção da pasta de cimento, por sequência a peça com proteção de gesso e a terceira peça trata-se do aço sem proteção.



Fonte: Própria (2022)

Figura 2 - Peças de aço preparadas para ensaio

As peças com proteção de 3 mm foram deixadas para que secassem por 72 horas, observando-se que a peça com gesso secou totalmente em dez minutos por se tratar de um produto de secagem rápida.

##### 4.1 Ensaio de exposição ao fogo

O teste das peças em relação ao fogo foi realizado com uma fogueira de madeiras, tendo claro que o ensaio foi adaptado para simular um efeito de incêndio real para as peças. Deste modo,

elas foram colocadas sobre a fogueira de forma que a parte que teve a proteção aplicada ficou em contato ao fogo na posição mais extrema, conforme Figura 3 abaixo.



Fonte: Própria (2022)

Figura 3 - Peças de aço em contato com o fogo

O ensaio teve seu início às 14h18min com tempo de duração de 30 minutos. Por imediato, a peça sem proteção teve a sua cor da parte exposta ao fogo alterada; após dois minutos, a peça com proteção de pasta de cimento também alterou sua cor; e com mais três minutos, houve a mesma alteração na peça protegida de gesso.

Durante a realização do ensaio, as peças tiveram alteração em sua temperatura, observando-se isso quando a peça estava com nove minutos de contato direto ao fogo. A peça sem proteção chegou a 280°C, a peça com proteção da pasta de cimento 226°C e a peça com proteção de gesso, por ter parte de sua proteção soltada aos seis minutos de teste, ficou com temperatura igual à da peça sem proteção de 280°C.

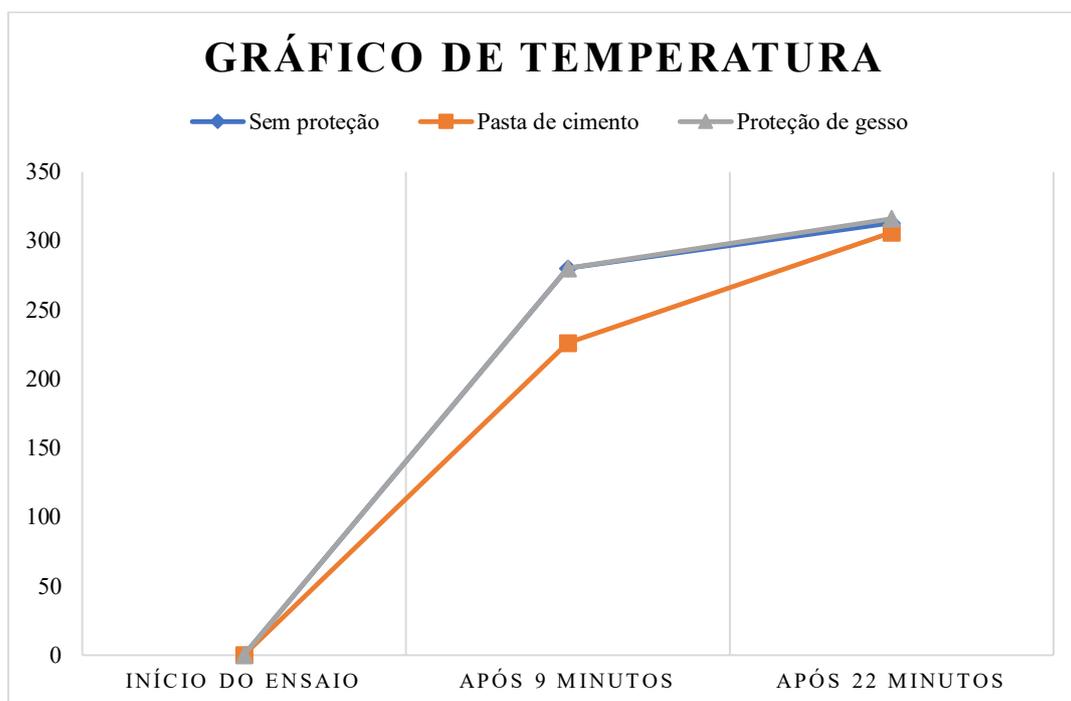
Esse mesmo procedimento foi realizado quando as peças estavam a 22 minutos de ensaio, quando a peça sem proteção chegou a 313°C, a peça com proteção de pasta de cimento a 306°C e a peça com proteção parcial de gesso com 316°C. Nestes dois testes, foi realizado o teste da temperatura do centro da peça. No Quadro 2 tem-se a representação desses valores de temperatura.

	Sem proteção	Pasta de cimento	Proteção de gesso
9 minutos de ensaio	280 °C	226 °C	280 °C
22 minutos de ensaio	313 °C	306 °C	316 °C

Fonte: Própria (2022)

Quadro 2 – Variação de temperatura das peças durante ensaio

Entretanto, para que essa análise fique ainda mais detalhada, exibe-se, no Gráfico 1 abaixo, essa variação de temperatura que permite observar que as peças sem proteção e com gesso têm aumento de temperatura muito mais rápido em relação à peça com proteção da pasta de cimento.



Fonte: Própria (2022)

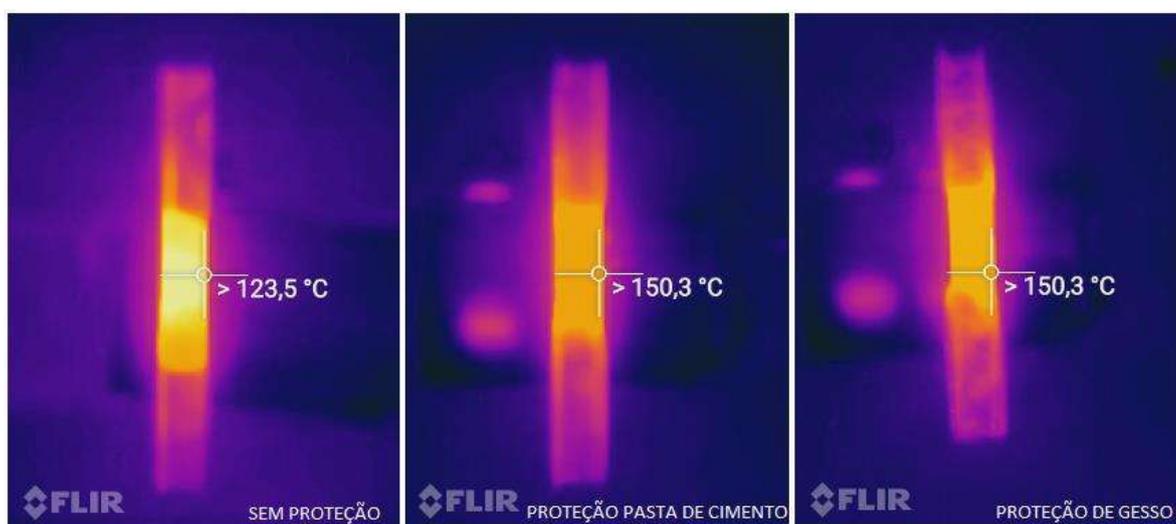
Gráfico 1 – Variação de temperatura das peças durante ensaio

Entretanto, nos mesmos 22 minutos de ensaio, foram realizados os testes de calor das peças em suas extremidades, obtendo-se, na peça de aço sem proteção, 61°C e 63°C; na peça de aço com proteção da pasta de cimento, 56°C e 60 °C; e na peça com proteção de gesso, a temperatura de sua extremidade foi 62°C e 61°C.

O ensaio começou a ser finalizado às 20h49min, retirando-se a peça sem proteção; em seguida, às 20h55min, foram retiradas as peças com proteção da pasta de cimento e gesso. Neste momento, as peças estavam há 23 minutos em contato com o fogo e ele já estava com o índice de chama menor, tendo em vista que esse tempo de ensaio é o suficiente para que medidas contra incêndio sejam tomadas.

#### 4.2 Reações das peças pós-exposição

A temperatura das peças, quando foram retiradas do fogo, estava menor, uma vez que as chamas tinham diminuído: a peça sem proteção estava a 123,5°C, com proteção da pasta de cimento e gesso ambas estavam a 150,3°C, conforme Figura 4.



Fonte: Própria (2022)

Figura 4 - Temperatura peças pós-ensaio

Observou-se que as peças não apresentaram alteração significativa em sua estrutura e na sua espessura. Entretanto, houve mudança de cor da parte interna das peças, considerando-se que teve alteração nas suas propriedades químicas, decorrente da perda de carbono.

Pode-se analisar que houve a alteração de cor em todas as peças que apresentaram um aspecto iridescente nas bordas do espaço afetado pelo fogo; e uma cor mais escura no centro da peça, devido ao calor que atingiu as peças que não estavam cobertas pela proteção. Em caso de proteção em ambos os lados, essa transferência de calor poderia ser diferente.

Entretanto, a peça com proteção de pasta de cimento teve o tamanho de sua área alterada menor, isto é, devido à proteção ter resistido a mais temperatura, levando em consideração que a peça estava com sua proteção úmida, o que pode ter diminuído a sua resistência em relação à proteção de gesso, houve o mesmo tamanho de área afetada do aço sem proteção, pois a sua proteção não resistiu ao ensaio, conforme Figura 5.



Fonte: Própria (2022)

Figura 5 - Peças de aço com mudança de cor

Em análise, observa-se que a peça sem proteção exposta ao fogo teve as suas partes - interna e externa - afetadas e, assim, houve perda de carbono, caracterizando-a como mais aparentemente frágil, permitindo deduzir que, caso o tempo de fogo sobre a peça fosse contínuo, ela se deformaria (Figura 6).



Fonte: Própria (2022)

Figura 6 - Peças de aço sem proteção

A peça com proteção de gesso teve a sua proteção desprendida com seis minutos de ensaio, uma vez que a peça com essa proteção não resistiu com o calor quando a peça começou a se dilatar, concluindo-se, então, que o gesso não teve boa aderência com a peça de aço.

O gesso não conseguiu impedir que o fogo afetasse a estrutura da peça, ele é um material que deixa a peça aparentemente mais esbelta, porém, quando se trata de proteção, ele não resiste ao fogo. Pode concluir-se que toda a proteção atingida pelo fogo se soltou, deixando a estrutura frágil, conforme exibido na Figura 7.



Fonte: Própria (2022)

Figura 7 - Peça com proteção de gesso

O ensaio da peça com proteção da pasta de cimento obteve resultados diferentes, mesmo com o ensaio sendo realizado com a proteção ainda molhada, o que fez o centro da peça chegar à maior temperatura devido à água ainda presente na proteção. A peça resistiu ao fogo perfeitamente, garantindo a melhor durabilidade da estrutura.

A pasta de cimento, ao contrário da de gesso, manteve-se na peça, fazendo com que ela se mantivesse no seu estado externo perfeito, a única parte que manifestou mudança foi sua parte interna por não ter a proteção sobre ela, porém, caso a proteção fosse em toda a peça, ela se manteria sem a perda dos seus carbonos.

Na Figura 8, é possível observar a peça de aço com a proteção por completo na peça e com firmeza, mesmo após todo o seu contato com o fogo. Uma pequena parte da proteção da estrutura foi retirada depois do ensaio ao fogo para verificar se a peça de aço se manteria em perfeitas condições e, conforme demonstrado, esse resultado foi obtido.



Fonte: Própria (2022)

Figura 8 - Peça com proteção da pasta de cimento

### 4.3 Ensaio de resistência

A última parte desse ensaio consistiu em analisar o comportamento de cada peça de aço quando com uma carga aplicada sobre o centro da peça até ela se deformar.



Fonte: Própria (2022)

Figura 9 - Ensaio de resistência

Conforme exibido na Figura 9, foi utilizada uma prensa hidráulica que marca com precisão a carga suportada por cada peça de aço, tendo sido usadas duas peças de cada tipo para realização do ensaio, possibilitando, assim, fazer a comparação e alcançar uma média de valores entre elas.

As peças em temperaturas superiores a 900 °C ficaram ao fogo por 16 minutos, as quais soltaram as proteções em razão do choque com água fria.

O ensaio com a peça de aço sem proteção e sem exposição ao fogo suportou uma carga média de 760 kg até o momento de ela se deformar; já a peça sem proteção que foi exposta ao fogo suportou uma carga média de 570 kg, uma diferença de 13,33% de resistência em relação à peça que não teve contato ao fogo, porém a sua deformação foi igual ao aço não exposto ao fogo.

A resistência média da peça com proteção de gesso foi de 690 kg. Entretanto, a peça com proteção da pasta de cimento deformou-se com 760 kg, alcançando resistência igual à peça que estava sem proteção e sem contato ao fogo.

Abaixo, no Gráfico 2, tem-se a representação do ensaio realizado, sendo possível analisar as diferenças de resistência entre cada peça e o quanto elas resistiram até o seu momento de deformação



Fonte: Própria (2022)  
Gráfico 2 – Resistência à flexão

A Figura 10, demonstrada abaixo, esclarece todas as peças de aço utilizadas neste ensaio e como cada uma delas comportou-se perante o ensaio de flexão que, devido ao fogo e à carga aplicada no centro da peça, apresentaram particularidades de deformação e reação.



Fonte: Própria (2022)  
Figura 10 - Peças de aço após ensaio de esforços

Desta maneira, o ensaio permite concluir que proteções para estruturas garantem melhor resistência quando elas estão em contato com o fogo, principalmente em caso de incêndios, uma vez que as estruturas de aço, apesar de todas as suas vantagens, apresentam relação de fragilidade quanto ao fogo. Entretanto, com as proteções sobre as peças, é possível que elas resistam por um maior período quando em situações críticas.

Considera-se que a proteção da pasta de cimento é a mais indicada para garantir a vida do aço, por ser um material de fácil aplicação e de baixo custo e, conforme a realização deste ensaio, além da proteção, a pasta de cimento garante que o aço consiga manter sua fisionomia e aparência em boas condições.

Ressalta-se que todas as peças foram levadas ao seu limite para analisar como elas se comportaram perante o fogo e os esforços aplicados sobre elas após passarem por situações críticas, e como seriam suas reações quando estão com ou sem proteção.

## 5 CONCLUSÃO

Diante do exposto, conclui-se que as proteções para as estruturas em aço contribuem muito para garantir a sua resistência em caso de incêndios, reiterando que essa proteção visa ao aumento da resistência da estrutura por um determinado período até que medidas de combate a incêndios sejam efetivadas como a chegada do corpo de bombeiros. A proteção com a pasta de cimento é a recomendada, pois representa facilidade de aplicação, materiais de fácil acesso, além de garantir a melhor durabilidade e resistência da estrutura.

Existem, no mercado, várias outras proteções à disposição, as quais podem ser utilizadas nas estruturas, apresentando também bom resultado e benefícios diferentes aos que foram adotados neste trabalho. Entretanto, como o objetivo deste estudo visava à utilização de materiais de fácil acesso, fácil aplicação e custo relativamente baixo, optou-se pelas pastas de gesso e concreto.

Apesar de sua comprovada vantagem, essas proteções não são utilizadas com muito regularidade em construções de estruturas metálicas, pois não são entendidas como um item de grande importância para muitos, porém, em caso de incêndios, a falta desta proteção pode causar grandes prejuízos, gerando grandes impactos para todos envolvidos.

Deste modo, como sugestão para futuros estudos e análises com esses materiais, indica-se a realização de comparativos de custos desses mecanismos de proteção, principalmente entre a proteção da argamassa projetada e da pasta de cimento, uma vez que apresentam resistência e aspectos semelhantes.

## REFERÊNCIAS

ATO BRASIL. **Indústria tem melhor resultado da série ante 2020, mostra IBGE**. Disponível em: <https://acobrasil.org.br/site/noticia/industria-tem-melhor-resultado-da-serie-ante-2020-mostra-ibge/> acesso 01/09/2021 as 21:46 horas;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14323:2013 Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio**. Rio de Janeiro, 2013.

BASSO, G. **Proteção passiva em estruturas metálicas: Desempenho de pinturas intumescentes**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

CBCA. **Construção em aço e sustentabilidade**. Disponível em: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/vantagens-e-sustentabilidade/>. Acesso em 06/10/2021 as 15:01 horas.

COOPERMETAL. **Uso de estruturas metálicas para construção civil: Vale a pena?** Disponível em: <https://www.coppermetal.com.br/blog/aco-carbono/estruturas-metalicas-para-construcao-civil/>. Acesso: 06/10/2021 as 14:29 horas;

CUNHA, L. J. B. de F. **O Desempenho da compartimentação horizontal seletiva na promoção da segurança contra incêndio em edificações.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Tese de Doutorado. Natal, 2016.

DA COSTA, F. G. **Aplicação e manutenção revestimento protetores contra a corrosão e incêndio nas estruturas.** 8º Congresso Latino-americano da Construção metálica – São Paulo, 2019.

DE SOUZA, A. S. C. **Dimensionamento de elementos e ligações em estruturas de aço.** EdUFSCar, 2017.

FIGUEIREDO, M. L. de. **Comportamento termofísico de argamassas de proteção passiva contra o fogo de base cimentícia e gesso.** 2020. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra.

GOMES, B. F.; ODAGUIRI, G. O.; DE OLIVEIRA, V. T. Estudo da utilização de estruturas metálicas na construção civil. **Episteme Transversalis**, v. 9, n. 1, 2018.

MOREIRA, C. A. R. **Sistemas de proteção em estruturas metálicas em situação de incêndio.** Universidade Federal de Minas Gerais. Curso de especialização: Produção e gestão do ambiente construído. Belo Horizonte, 2019.

MOTA, B. da S. **Proteção passiva contra fogo em estruturas metálicas em prédio comercial.** Centro universitário de Brasília. Faculdade de tecnologia e ciências sociais aplicadas. Brasília, 2019.

SANTOS, V. A. **Proteção passiva contra fogo em estruturas metálicas em prédio comercial.** Escola politécnica da Universidade de São Paulo. 54 p. 2017.