

## Análise de parede de concreto armado sob a ação do fogo

Guilherme Rodrigues da Cunha Teixeira (1); Vanessa Cristina de Castilho (2)

(1) *Graduando do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Federal de Uberlândia; [guilhermercteixeira@hotmail.com](mailto:guilhermercteixeira@hotmail.com)*

(2) *Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Federal de Uberlândia; [vanessa.castilho@ufu.br](mailto:vanessa.castilho@ufu.br)*

### Resumo

Este estudo tem como propósito analisar e comparar o comportamento de uma parede de concreto armado sobre a ação do fogo, além de apontar alternativas que possam melhorar o desempenho do objeto em estudo. Esse modelo de sistema construtivo é amplamente utilizado na engenharia, alguns exemplos são em tanques de armazenamento de materiais e paredes estruturais, e em ambos os exemplos é necessário que a estrutura suporte determinado tempo sob a ação do fogo para que a segurança dos envolvidos seja garantida. Dessa forma, por meio de uma análise comparativa com um experimento em laboratório, o presente trabalho averiguou o comportamento de uma parede em concreto armado sob a ação do fogo por meio do programa computacional ANSYS. Além disso, foram feitas análises para a verificar se a variação da resistência do concreto à compressão e as condições de contorno interferem na ação do incêndio em paredes de concreto armado. A partir dos resultados obtidos observou-se que o aumento da resistência a compressão modifica os valores de tensão e deformação gerados pelo incêndio.

**Palavras-chave:** Paredes de concreto armado, ANSYS, incêndio, análise.

### Abstract

This study aims to analyze and compare the behavior of a reinforced concrete wall under fire conditions, as well as to suggest alternatives that may improve the performance of the structure under study. This type of construction system is widely used in engineering, with common applications including material storage tanks and structural walls. In both cases, it is essential that the structure withstands a certain amount of time under fire exposure to ensure the safety of those involved. Therefore, through a comparative analysis with a laboratory experiment, this work examined the behavior of a reinforced concrete wall under fire exposure using the ANSYS computational software. Additionally, analyses were conducted to determine whether variations in the compressive strength of concrete and boundary conditions influence the fire response in reinforced concrete walls. Based on the results obtained, it was found that increasing the compressive strength modify the stress and strain values generated by the fire.

**Keywords:** Reinforced concrete walls, ANSYS, fire, analysis.

## 1 Introdução

Incêndios em edificações são frequentemente registrados em noticiários, evidenciando a necessidade de medidas preventivas e estratégias eficazes de proteção estrutural. Nessas situações, é fundamental que a estrutura suporte tempo suficiente para que todos os ocupantes consigam evacuar o ambiente em segurança (ABNT NBR 14432:2001).

Essa resistência estrutural, no entanto, depende diretamente do comportamento dos materiais utilizados quando expostos a altas temperaturas. De acordo com o Eurocode 2 (2004), tanto o aço quanto o concreto apresentam alterações significativas em suas propriedades físicas sob efeito do calor, o que pode comprometer a integridade das estruturas.

Nesse contexto, dentre os três principais materiais estruturais comumente utilizados na engenharia civil — concreto, aço e madeira — o concreto se destaca como o mais eficiente quando submetido a situações de incêndio. Isso se deve à sua boa resistência a altas temperaturas, à sua incombustibilidade e à sua baixa condutividade térmica, características que contribuem para sua capacidade de suportar o fogo por mais tempo (BRITEZ *et al.*, 2019). Tais propriedades tornam o concreto uma opção vantajosa para atender às exigências normativas de segurança, promovendo conforto térmico e estabilidade estrutural.

Com base nessas premissas, a ABNT NBR 15575:2021 recomenda, especialmente para edificações comerciais, a compartimentação dos espaços internos e a adoção de materiais com bom desempenho no isolamento térmico. O objetivo é evitar a propagação do fogo para outras áreas da edificação, seja por convecção ou radiação térmica (ABNT NBR 15575:2021). Para isso, recursos como portas corta-fogo, paredes de concreto e placas de gesso acartonado do tipo RF (resistentes ao fogo) são amplamente utilizados como elementos de contenção.

Dessa forma, observa-se que o concreto reúne características que o tornam adequado em cenários de altas temperaturas, combinando resistência mecânica, conforto térmico e segurança estrutural. A fim de aprofundar a compreensão desse desempenho, o presente trabalho tem como objetivo simular, por meio do programa ANSYS, os resultados de uma avaliação experimental realizada por Bolina *et al* (2015). O estudo em questão analisou o comportamento térmico de uma parede de concreto com 10 cm de espessura exposta ao fogo, e servirá de base para validar os métodos adotados nesta pesquisa e propor eventuais melhorias. Em seguida, foram analisadas variações das condições de contorno e da resistência do concreto à compressão.

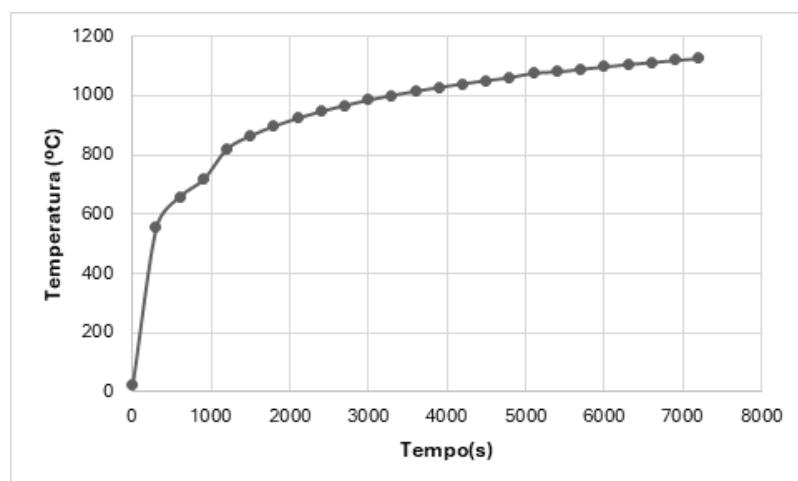
## 2 Incêndio em paredes de concreto

O incêndio é um processo que pode ser gerado devido à vários fatores como falhas ou sobrecarga das instalações elétricas do edifício, vazamento de gás, acidentes domésticos e em alguns casos pode ser caracterizado como incêndio criminoso, quando iniciado propositalmente. Vale destacar que, um estudo da segurança desses elementos perante situações de incêndio deve ser investigado, visto que a estabilidade estrutural do edifício é afetada, podendo levar ao colapso da estrutura (COSTA, 2011).

### 2.1 Referencial teórico

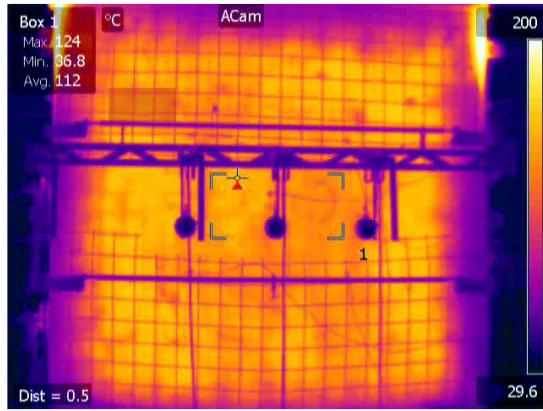
Bolina *et al* (2015) avaliaram paredes de concreto armado sob o efeito do fogo. Por meio de protótipos ensaiados em escala real em um forno vertical normatizado, foram analisadas duas espessuras de paredes de concreto armado maciço, de 10 e 14 cm, com um mesmo traço, observando o comportamento em termos de isolamento térmico, estanqueidade e estabilidade. Evidenciou-se que as amostras atenderam as condições aplicáveis para até 120 minutos de ensaio, com a de 14 cm mostrando melhores índices de isolamento térmico e estanqueidade. Deve-se ressaltar que a curva temperatura x tempo utilizada pelos autores foi obtida por meio de ensaio prático após a calibração do forno (Figura 1). Na Figura 2 observa-se o campo de temperatura para a parede de 10 cm no tempo de 110 min.

Figura 1: Temperaturas do forno calibrado utilizadas no ensaio.



Fonte: Adaptado de Bolina *et al* (2015).

Figura 2: Campo de temperatura da parede para o tempo de 110min.

Fonte: Bolina *et al* (2015)

Silva (2023) analisou a estabilidade de painéis de concreto pré-moldado Tilt-Up em situação de incêndio por meio do programa ANSYS. Foram investigados a resistência à compressão do concreto, a excentricidade do carregamento e a modelo da curva de incêndio, a fim de avaliar o seu desempenho estrutural. Os resultados mostraram redução nos deslocamentos e alteração no comportamento das tensões normais ao longo da espessura dos painéis com o aumento da resistência à compressão do concreto.

De Souza *et al* (2010) verificou na prática a variação do módulo de elasticidade do concreto quando em altas temperaturas, e comparou com os dados fornecidos pela até então ABNT NBR 15200:2004 – baseado no Eurocode 2 (EM 1992-1-2:2004). Foram obtidos resultados verossímeis, que foram adotados para o este trabalho.

## 2.2 Modelo de incêndio

Os efeitos que o incêndio gera nos elementos estruturais tem relação com vários fatores, dentre eles a posição de cada elemento e a forma como o calor é transferido. A transferência pode ocorrer de três maneiras, sendo elas a condução, convecção e radiação. A condução é a transferência de calor devido a agitação das moléculas, sendo que a transferência de energia cinética ocorre sem o deslocamento das moléculas para as moléculas vizinhas. A convecção por sua vez ocorre em fluidos apenas, devido a diferença de densidade entre eles, sendo que nos incêndios está relacionado com os gases envolvidos no processo. Já a radiação, ocorre a partir da transferência de calor por meio de ondas eletromagnéticas, podendo ocorrer até mesmo no vácuo, uma vez que sua propagação dependerá da natureza e geometria do material apenas (PAULA, 2022).

A curva temperatura-tempo é uma forma de visualizar as etapas de um incêndio, e é elaborada através de ensaios visando simular situações reais. Segundo Silva (2004), quando se refere ao estudo de estruturas, a principal característica de um incêndio é a curva que fornece a temperatura dos gases quentes em função do tempo de incêndio, uma vez que a partir dela pode-se obter o aumento de temperatura nas peças estruturais e consequentemente suas resistências e rigidezes nessas condições.

A curva de incêndio padrão, apresentada pela ISO 834 (2014) é a mais utilizada nos trabalhos sobre o tema. Tal curva relaciona a temperatura dos gases do local em chamas e o tempo de ocorrência do incêndio, descrita por meio da Equação (1).

$$T - T_0 = 345 \cdot \log(8t' + 1) \quad (1)$$

Onde:

T: temperatura do forno no tempo T, em °C;

T<sub>0</sub>: temperatura inicial do forno, em °C, sendo  $10 \text{ } ^\circ\text{C} \leq T_0 < 40 \text{ } ^\circ\text{C}$ ; e

t': tempo do ensaio, em minutos.

### 3 Exemplo numérico

A análise térmica foi investigada comparando um modelo numérico ao modelo ensaiado por Bolina et al (2015). A parede de concreto armado com dimensões 3,15 metros de altura, 3,00 metros de comprimento com uma espessura de 10 centímetros foi analisada por meio do programa computacional ANSYS Workbench. Foram feitas duas análises:

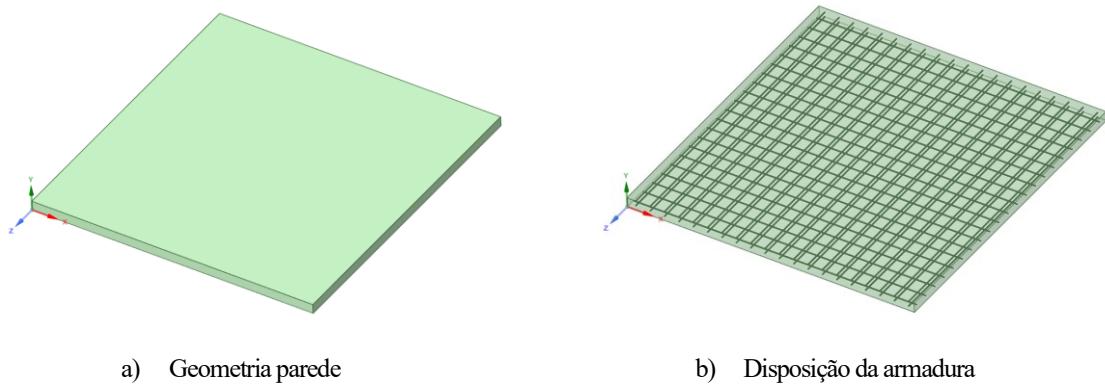
- Análise 1: comparação dos resultados térmicos obtidos por Bolina *et al* (2015) para o tempo de 120min.
- Análise 2: análise de tensões e deslocamentos para a ação do incêndio e um carregamento de  $10\text{kN/m}^2$  atuando na parte superior considerando variações da resistência do concreto (25MPa e 40MPa - Classe I e 90MPa - Classe II) e diferentes condições de contorno (engaste - apoio e engaste - engaste móvel).

#### 3.1 Características do modelo

A parede foi armada com barras de aço de 12,5 mm, dispostas do longo do comprimento e espaçadas a cada 15 centímetros, resultando em um total de 20 barras. Como não foram

fornecidas as especificações da malha de aço utilizada por Bolina *et al* (2015), elas foram calculadas, usando a taxa de aço de 80 kg por metro cúbico apresentada pelos autores. Desta forma, a malha de aço utilizada nas análises foi a Q75 disposta no catálogo da Gerdau. A disposição das armaduras foi feita seguindo as recomendações da ABNT NBR 6118:2023, na qual foram respeitados os cobrimentos mínimos de 2,5 centímetros de espessura da borda. A Figura 3 apresenta a geometria da parede seguindo os critérios estabelecidos anteriormente e a disposição homogênea da armadura.

Figura 3: Geometria da parede de concreto armado e armadura.



a) Geometria parede

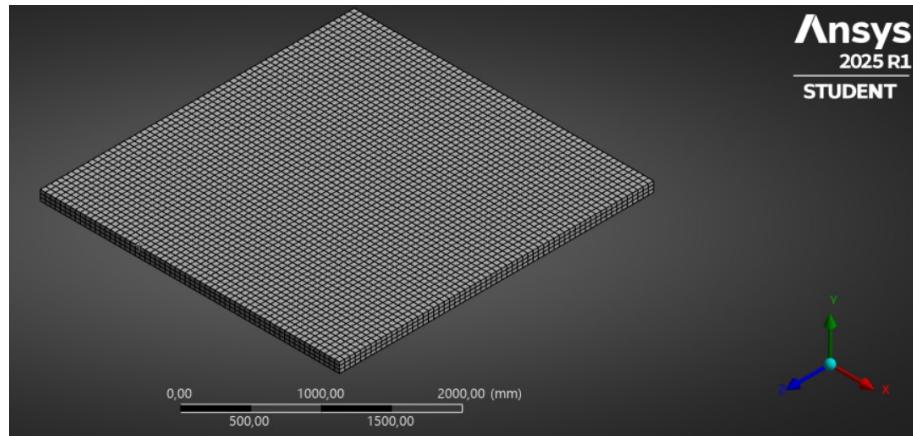
b) Disposição da armadura

Fonte: Autor (2025).

Os casos foram avaliados inicialmente na ferramenta *Thermal Structural* e em seguida, com os dados obtidos da análise térmica foi feita uma análise mecânica usando a ferramenta *Static Structural*. Para esta situação foi incorporado o carregamento térmico a fim de verificar tensões e deformações nos elementos. Deve-se ressaltar que em todas as análises foi considerado o peso próprio dos elementos. A discretização da parede esta apresentada na Figura 4.

O concreto foi representado pelo elemento finito SOLID279 na análise térmica e SOLID186 na análise estrutural. A armadura foi representada como linhas e acopladas no concreto pelo comando *Reinforcement*. O elemento finito das barras de aço foi o REINF264.

Figura 4: Malha da parede de concreto armado.



Fonte: Autor (2025).

### 3.2 Propriedades dos materiais

Para a análise estrutural de paredes de concreto em situação de incêndio foi adotado o comportamento não linear do concreto e do aço. Para simular o comportamento não-linear do concreto, utilizou-se o modelo constitutivo *Drucker-Prager* seguindo recomendações de Silva (2023) e *Bilinear Isotropic Hardening* para o aço. As propriedades dos materiais usados são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Propriedades do aço e concreto (25MPa).

	Propriedades	Aço	Concreto
<i>Isotropic Elasticity</i>	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	7850,00	variável
	Módulo de Young (Pa)	Variável	variável
	Coeficiente de Poisson	0,30	0,2
	Coeficiente Secante Isotrópico de Expansão Térmica (°C <sup>-1</sup> )	variável	variável
	Condutividade Térmica (W/m.°C)	variável	0,55
	Calor Específico (J/Kg.°C)	variável	variável
	Tensão de escoamento (MPa)	460	-
<i>Drucker-Prager</i>	Tensão de compressão uniaxial (Pa)	-	33
	Tensão de tração uniaxial (Pa)	-	2,56
	Tensão de compressão biaxial (Pa)	-	38,5
<i>Bilinear Isotropic Hardening</i>	Tipo do módulo tangente	Plástico	-
	Limite de escoamento (MPa)	460	-
	Módulo tangente	0	-

Fonte: Autor (2025).

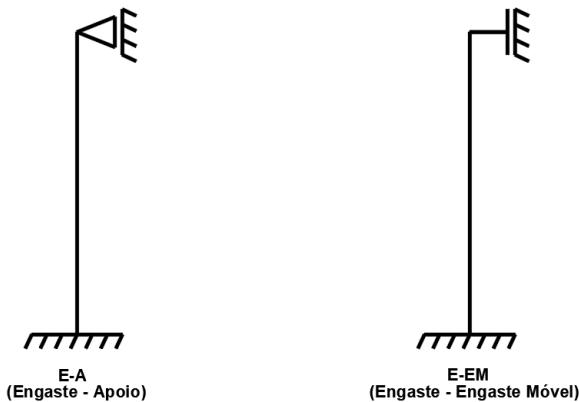
Tabela 2: Propriedades do concreto para as diferentes análises

Análises	Propriedades	Concreto					
Análise 1	Resistência do concreto à compressão (MPa)	25					
	Resistência do concreto à tração (MPa)	2,56					
	Cobrimento (cm)	2,5					
Análise 2	Resistência do concreto à compressão (MPa)	25		40		90	
	Resistência do concreto à tração (MPa)	2,56		3,51		6,02	
	Condições de contorno	E-A	E-EM	E-A	E-EM	E-A	E-EM
	Carregamento (kN/m <sup>2</sup> )	10,0					
	<b>Obs.</b> E: engaste; A: apoio; EM: engaste móvel						

Fonte: Autor (2025).

A Figura 5 ilustra a forma como as condições de contorno foram executadas dentro do modelo numérico.

Figura 5: Representação das condições de contorno.

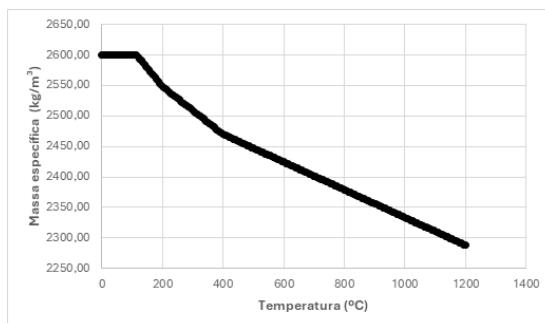


Fonte: Autor (2025).

Neville (1997) mostra que existem parâmetros bem estabelecidos para as propriedades dos materiais utilizados em construções de engenharia convencional, como concreto e aço. Entretanto, com o aumento da temperatura, como ocorre em situações de incêndio, torna-se necessário considerar a correção de certas propriedades físicas desses materiais (EUROCODE 2, 2004), cujos valores passam a ser representados em função da evolução da temperatura. Os valores das propriedades térmicas do concreto e aço utilizados no trabalho são apresentados pelas Figuras 6 a 11 e são baseadas no EN 1992-1-2 e EN 1993-1-2.

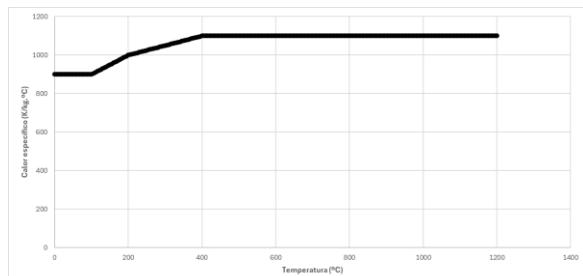
O valor da condutividade térmica do concreto, foi adotado constante durante toda a variação de temperatura. Após estudos preliminares da variável, assumiu-se o valor de 0,55 W/m°C. Deve-se ressaltar que Bolina *et al* (2015) não apresentaram nenhum valor para as propriedades dos materiais e desta forma, foram realizados estudos das curvas de todos os parâmetros para este trabalho. Durante as análises devido à ação do incêndio, considerou-se a temperatura inicial de 25,62 °C, conforme apresentado pelos ensaios de Bolina *et al* (2015).

Figura 6: Valores da massa específica em função da temperatura - concreto.



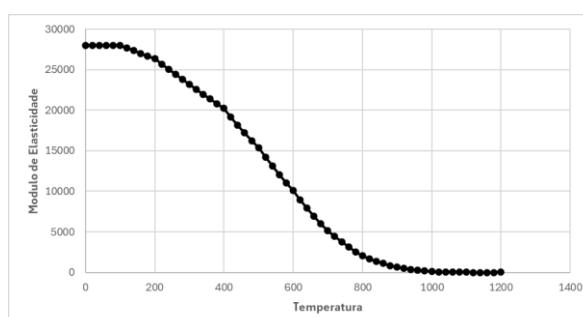
Fonte: Autor (2025).

Figura 8: Valores de calor específico em função da temperatura - concreto.



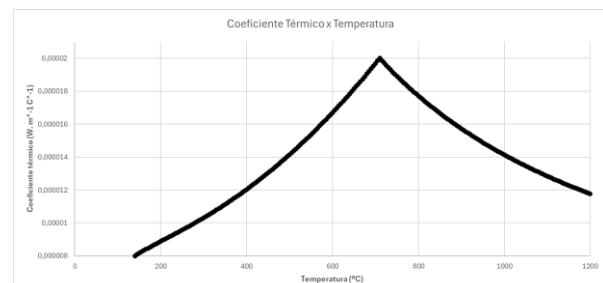
Fonte: Autor (2025).

Figura 10: Valores do módulo de elasticidade em função da temperatura - concreto.



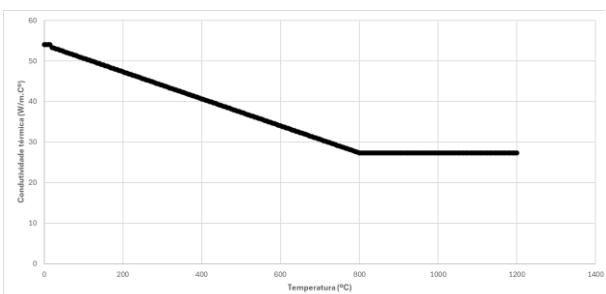
Fonte: Autor (2025).

Figura 7: Valores do coeficiente térmico em função da temperatura - concreto.



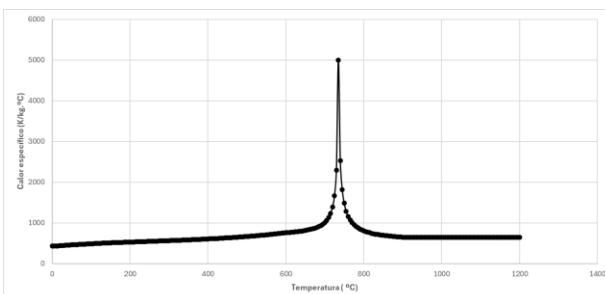
Fonte: Autor (2025)

Figura 9: Valores de condutividade térmica em função da temperatura - aço.



Fonte: Autor (2025).

Figura 11: Valores do calor específico em função da temperatura - aço.



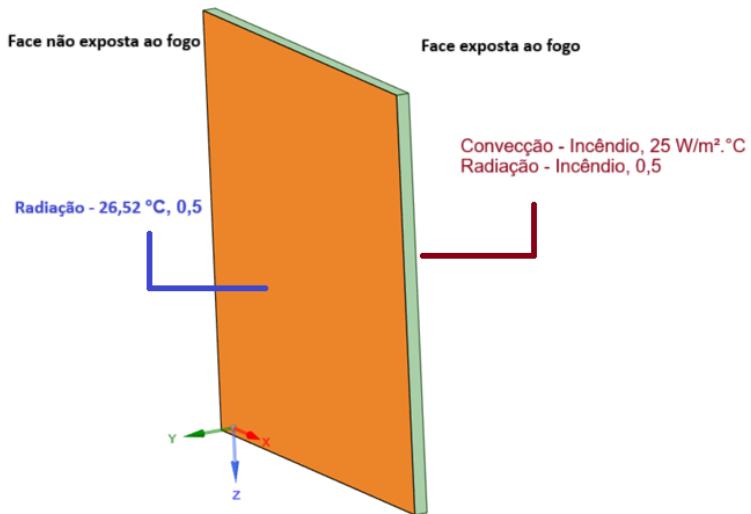
Fonte: Autor (2025).

### 3.3 Características térmicas da parede de concreto

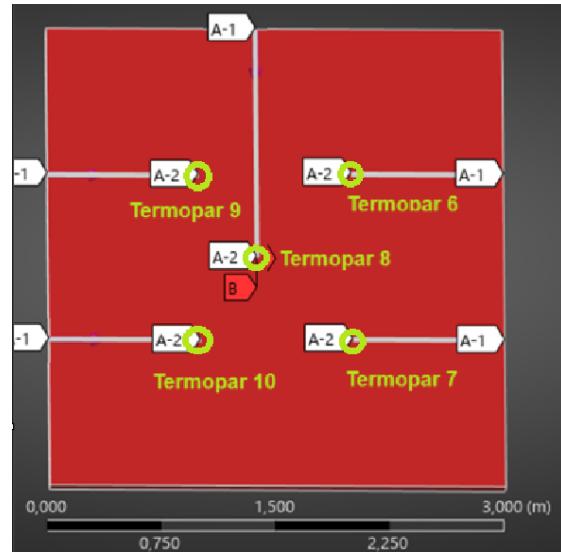
No trabalho foram adotados o mesmo comportamento e características obtidos por Silva (2023). Foram implementadas duas formas de transferência de calor nas faces da parede na ferramenta *Transient Thermal* do ANSYS Workbench: convecção para a parede exposta ao fogo, e radiação para ambos os lados do painel, conforme apresentado pela Figura 12. Vale ressaltar, que para o lado em contato com o fogo os valores da convecção e radiação variam com a temperatura.

Nos pontos da parede de concreto armado de Bolina *et al* (2015), foram instalados sensores de temperatura, os chamados termopares que foram dispostos conforme o experimento: um termopar no centro da face não exposta e os demais a um metro de cada extremidade, conforme apresentado pela Figura 13.

Figura 12: Condições de contorno da parede ensaiada no *software* ANSYS.



Fonte: Adaptado de SILVA (2023).

Figura 13: Disposição dos termopares usados em Bolina *et al* (2015)


Fonte: Autor (2025).

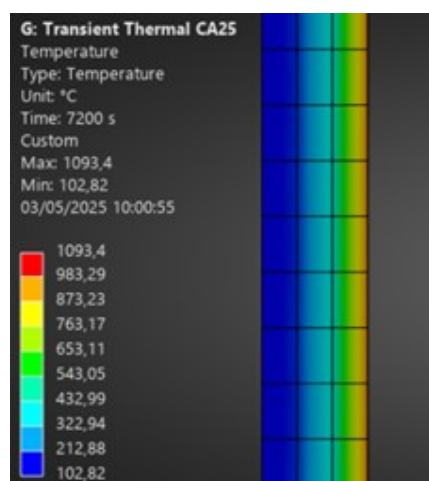
### 3.4 Resultados das análises

Com os dados inseridos no programa foram obtidos os resultados para cada análise.

#### 3.4.1 Análise 1

Para a execução da análise térmica, foram utilizadas as temperaturas obtidas por Bolina *et al* (2015), conforme ilustrado na Figura 1. Dessa forma, a Figura 14, ilustra, a partir dos dados fornecidos pelo ANSYS, como ficou distribuída a temperatura da parede ao longo de sua espessura, com o incêndio atuando na parte da direita.

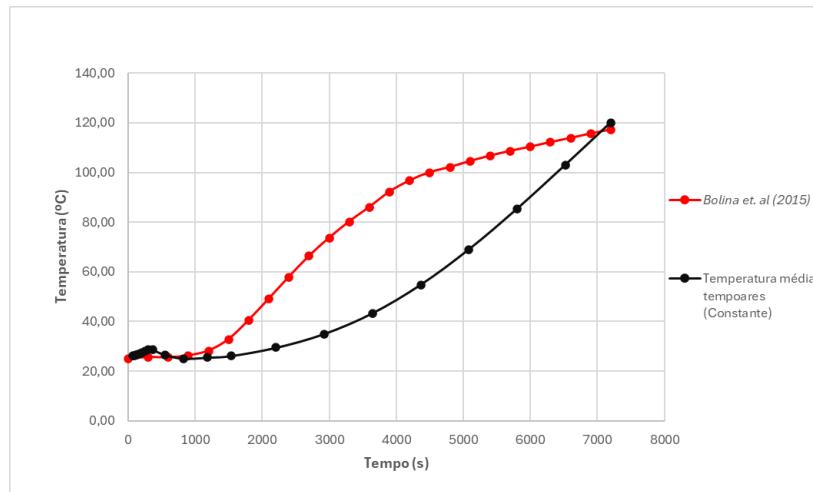
Figura 14: Distribuição da temperatura ao longo da espessura da parede



Fonte: Autor (2025).

A partir disso, foi feito um comparativo entre os resultados obtidos por Bolina *et al* (2015) que pode ser visualizada na Figura 15.

Figura 15: Comparativo entre as temperaturas na face não exposta



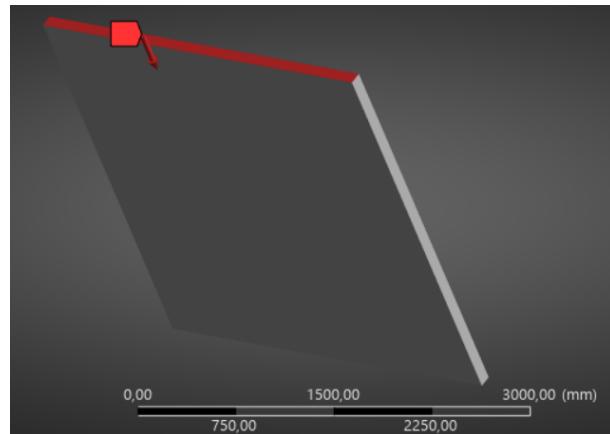
Fonte: Autor (2025).

No início e final do incêndio aproximadamente, o comportamento ficou bem próximo dos resultados de Bolina *et al* (2015). Para os intervalos de tempo até, aproximadamente, 1300 segundos (em torno de 22 minutos) e após 6800 segundos (em torno de 113 minutos), foi obtido resultados semelhantes aos da referência. Os resultados numéricos tentaram representar o comportamento do experimento realizado pelos autores. Entretanto, em virtude de alguns parâmetros que não foram fornecidos e que tiveram que ser adotados neste trabalho, após extensa análise prévia, pode-se entender que isso refletiu no comportamento geral do estudo realizado. Apesar desse comportamento não ter sido fiel, pelas limitações apresentadas, verifica-se a viabilidade do estudo, pois os valores iniciais e finais da temperatura devido a ação do incêndio foram bem próximos. Com esse estudo inicial pretende-se analisar variações da resistência à compressão do concreto e das condições de contorno.

### 3.4.2 Análise 2

A partir das considerações térmicas da parede de concreto anteriormente realizadas foram feitas análises da resistência do concreto à compressão e das condições de contorno, a fim de verificar a análise de tensões e deformações com a atuação do incêndio juntamente com o carregamento atuante. Para tanto, além da ação térmica, foi inserido um carregamento de 10,00 kN/m<sup>2</sup>, simulando as cargas aproximadas de uma parede e duas lajes, aplicado conforme a Figura 16.

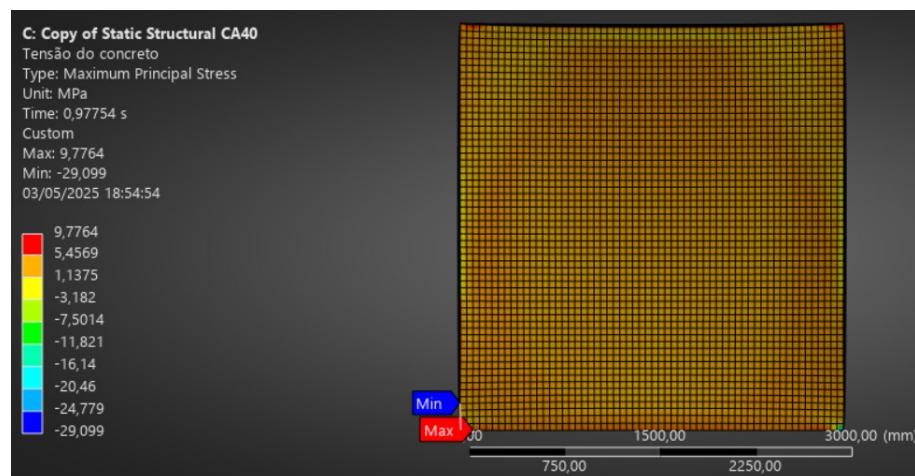
Figura 16: Local de aplicação do carregamento de 10,00 kN/m<sup>2</sup>.



Fonte: Autor (2025).

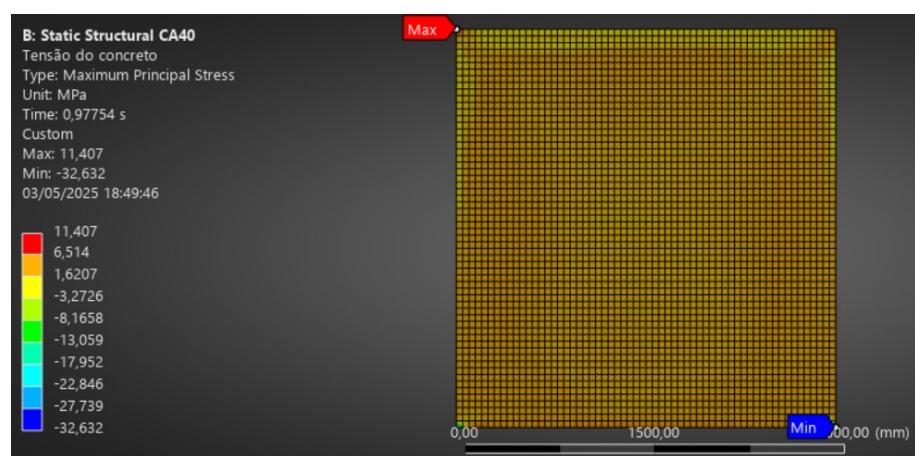
As Figuras 17 e 18, são apresentados os valores das tensões principais máximas na parede de 40MPa para as duas condições de contorno.

Figura 17: Tensões principais da parede para E-A (fck = 40MPa)



Fonte: Autor (2025).

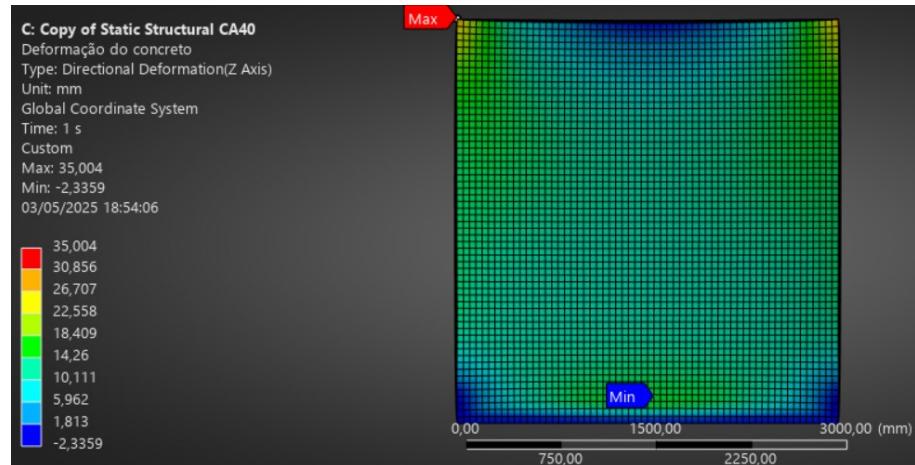
Figura 18: Tensões principais da parede para E-EM (fck = 40MPa)



Fonte: Autor (2025).

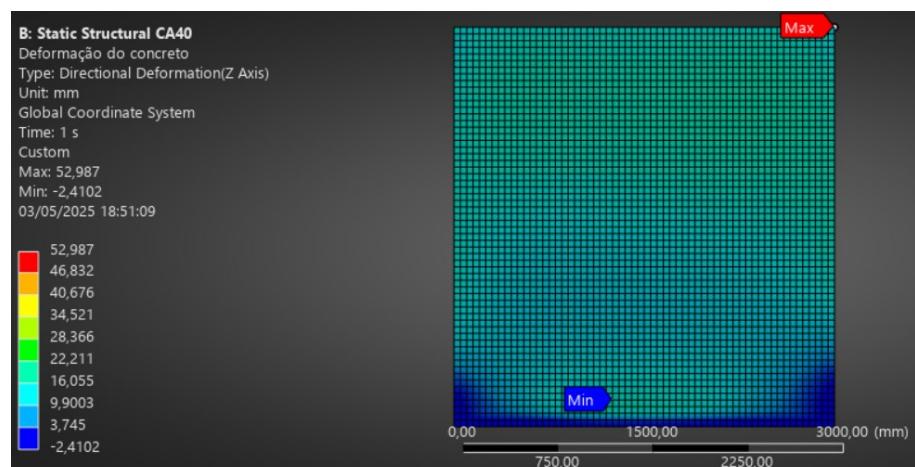
Nas Figuras 19 a 20, são apresentados os valores deslocamentos axiais na parede de 40MPa para as análises realizadas. Verificam-se que os deslocamentos ocorridos foram orientados para cima (valores positivos), em virtude da ação do incêndio.

Figura 19: Deslocamentos axiais da parede para E-A (fck = 40MPa)



Fonte: Autor (2025).

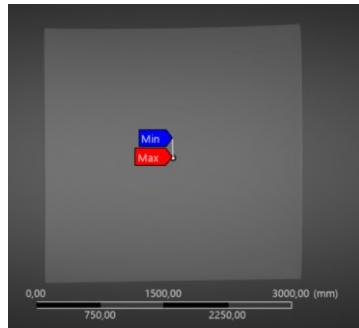
Figura 20: Deslocamentos axiais da parede para E-EM (fck = 40MPa)



Fonte: Autor (2025).

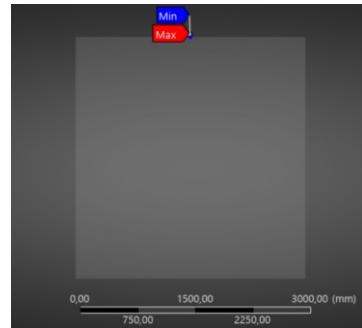
Os valores máximos das tensões principais, foram obtidos considerando o centro da face não exposta ao fogo (Figura 21). Por outro lado, para as deformações axiais foram consideradas valores na parte superior, na face não exposta (Figura 22).

Figura 21: Ponto de consideração das tensões principais máximas



Fonte: Autor (2025).

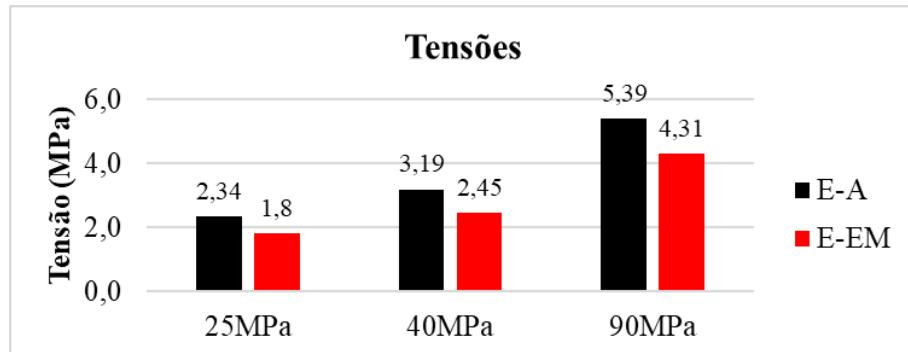
Figura 22: Ponto de consideração dos deslocamentos axiais



Fonte: Autor (2025).

Os resultados das tensões e deslocamentos são apresentados nas Figuras 23 a 25 respectivamente no tempo de 7200s. Pode-se observar, que a medida em que a resistência à compressão do concreto aumenta as tensões aumentam, ficando maiores na parede E-A. As paredes E-A de 25MPa e 40MPa foram 30% maiores que a E-EM. Para as paredes de 90MPa este valor foi de 25%.

Figura 23: Valores das tensões obtidas para cada análise realizada.



Fonte: Autor (2025).

A fim de complementar os resultados obtidos pela Figura 23, pode-se calcular a razão entre as tensões encontradas e as respectivas classes de resistências, conforme apresentado pela Equação (2).

$$Razão = \frac{\sigma_{7200}}{F_{ck}} \quad (2)$$

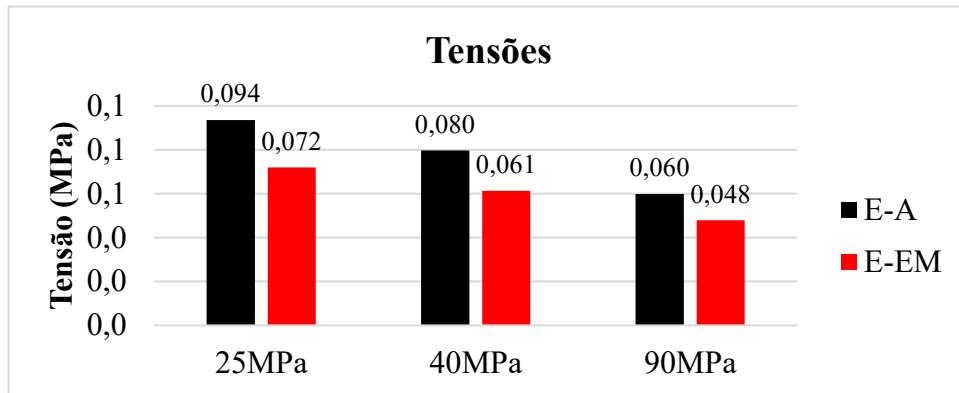
Onde:

$\sigma$ : tensão para cada tipo de condição de contorno, no tempo de 7200 segundos, em MPa;

$F_{ck}$ : Resistência característica do concreto a compressão, em MPa.

A Figura 24 apresenta a razão entre as tensões e os respectivos tipos de concreto, evidenciando que quanto maior a resistência à compressão do concreto, menores são as tensões.

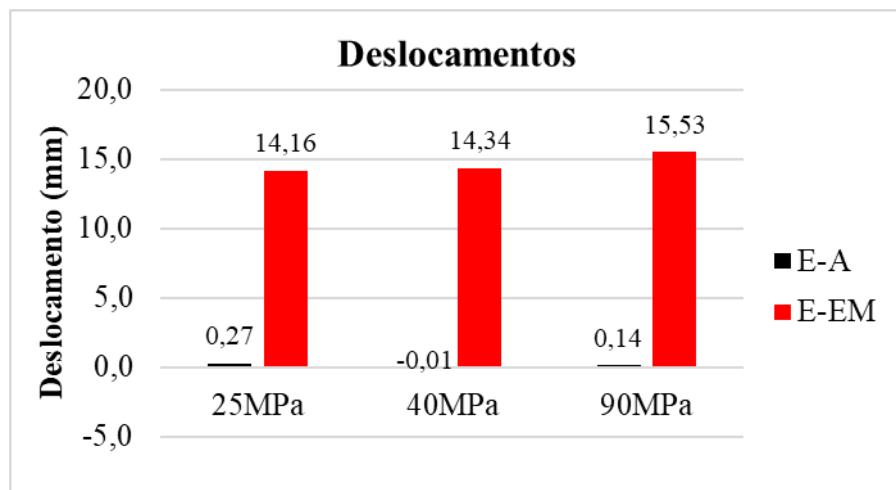
Figura 24: Razão entre as tensões obtidas e a resistência característica do concreto a compressão.



Fonte: Autor (2025).

Verificam-se que os deslocamentos foram 15 vezes maiores para a parede E-EM se comparada a parede E-A.

Figura 25: Valores dos deslocamentos obtidos para cada análise realizada.



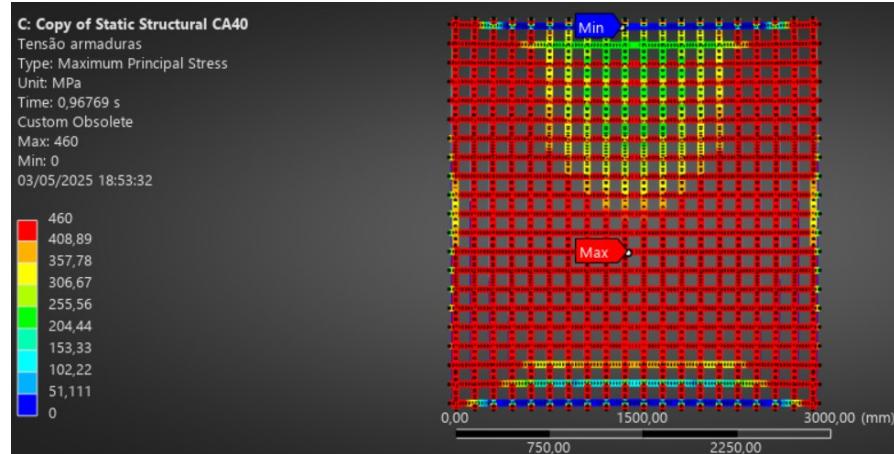
Fonte: Autor (2025).

As tensões das armaduras para as resistências de 40 MPa são apresentadas pelas Figura 26 e 27. Nota-se que em todos os casos o aço atinge a tensão máxima, devido à alta temperatura gerada pelo incêndio, mas verifica-se uma diferença na distribuição de tensão na armadura para as diferentes condições de contorno.

Na sequência, as Figuras 28 e 29 ilustram a variação dos deslocamentos da parede com o

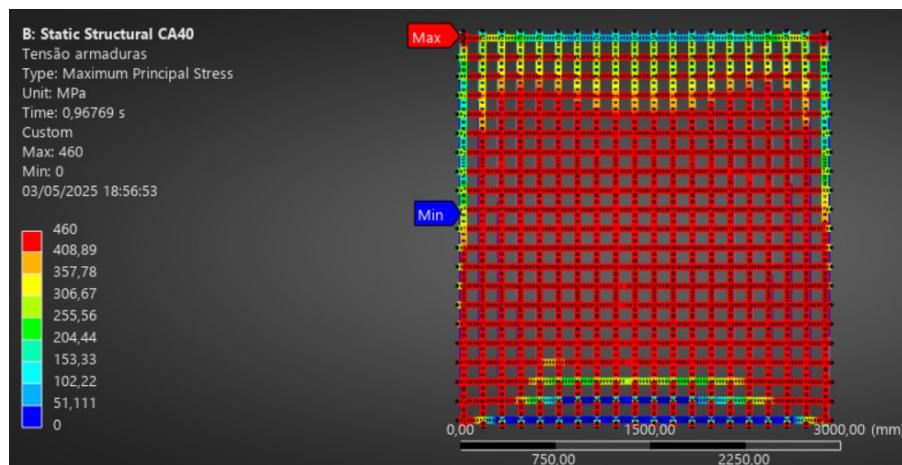
aumento da temperatura, para os tipos de concreto e as condições de contorno na face superior não exposta ao fogo (Figura 22). Observa-se um comportamento muito próximo para cada condição de contorno analisada à medida que se aumenta a temperatura.

Figura 26: Tensões principais da parede para E-A ( $f_{ck} = 40\text{MPa}$ )



Fonte: Autor (2025).

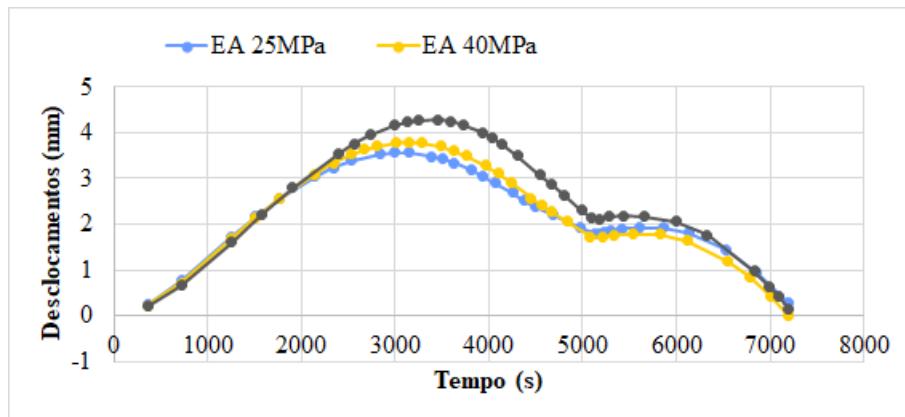
Figura 27: Tensões principais da parede para E-EM ( $f_{ck} = 40\text{MPa}$ )



Fonte: Autor (2025).

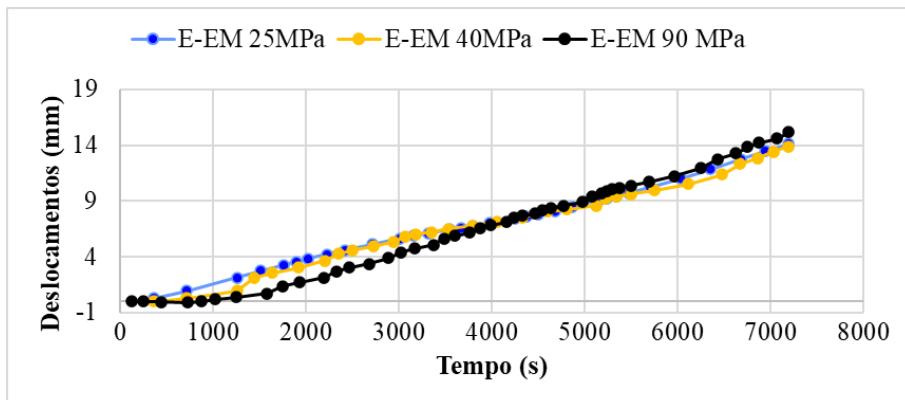
Analisando as Figuras 28 e 29, para a temperatura até o tempo de 3600s (metade do tempo) percebe-se que os deslocamentos foram maiores, decaindo após esse tempo para o caso E-A. Verifica-se que a ação do incêndio ocasiona um aumento do deslocamento da parede. Deve-se ressaltar que a fim de melhor visualizar o comportamento em ambas as condições de contorno, optou-se por manter a escala de deslocamento diferente nas duas análises.

Figura 28: Deslocamentos na parede conforme o aumento da temperatura para a condição E-A.



Fonte: Autor (2025).

Figura 29: Deslocamentos da parede conforme o aumento da temperatura para a condição E-EM.

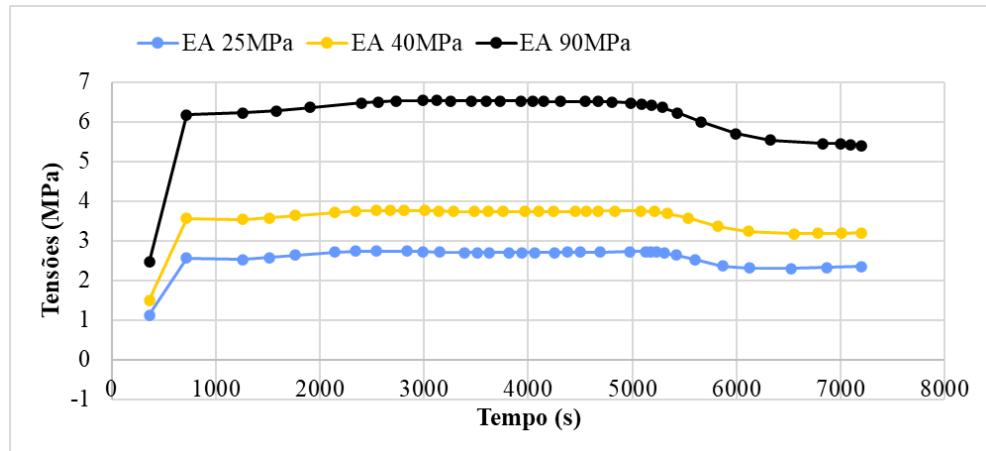


Fonte: Autor (2025).

As Figuras 30 e 31 apresentam as tensões no meio da parede para as condições de contorno e resistência de concreto. Diferentemente dos deslocamentos, as tensões tiveram um comportamento distinto entre as diferentes resistências de concreto. As maiores tensões, em ambas as condições de contorno, foram para o concreto de 90 MPa e as menores para o concreto de 25MPa. O incêndio interfere nos valores de tensões e deslocamentos para as análises realizadas.

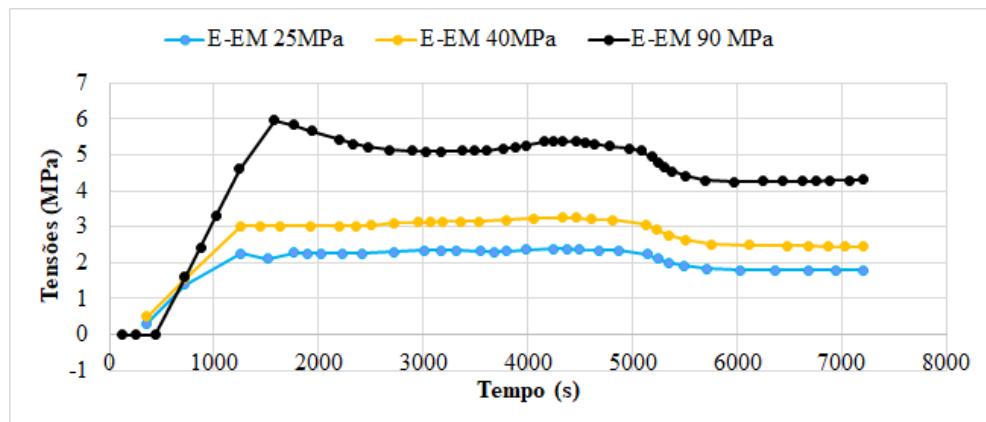
Outro ponto a ser analisado é que, em torno de 5300s (88min), em ambas as análises da condição de contorno, as tensões diminuem mantendo-se constante até o fim da análise. Em Bolina *et al* (2015), o tempo de 81min foi o momento do ensaio em que não havia mais liberação de água nas paredes de 25MPa. Outro ponto que pode ser observado é que há um salto das tensões no começo da análise: para a parede E-A em 700s (12min) e para a parede E-EM em 1500s (25min).

Figura 30: Tensões na parede conforme o aumento da temperatura para a condição E-A.



Fonte: Autor (2025).

Figura 31: Tensões da parede conforme o aumento da temperatura para a condição E-EM.



Fonte: Autor (2025).

## 6 Conclusões

O presente trabalho teve como objetivo analisar o comportamento de uma parede de concreto armado sob a ação do fogo, utilizando o *software* ANSYS como ferramenta de simulação numérica. Inicialmente, foi realizada a comparação dos resultados térmicos obtidos com dados experimentais da literatura, especificamente do ensaio conduzido por Bolina *et al* (2015), permitindo validar o modelo desenvolvido. Em seguida foram feitas análises da ação térmica associada ao carregamento considerando diferentes condições de contorno e resistência à compressão do concreto. A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que:

- Apesar de ter sido possível a representação do experimento de Bolina *et al.* (2015), não foi possível descrever com exatidão o que ocorreu durante o experimento, sendo

necessária a suposição de parâmetros por meio de normas e fontes externas.

- Quanto maior a resistência a compressão do concreto, maiores são as tensões e os deslocamentos. Porém, quando essa análise é feita considerando a razão entre tensão e resistência a compressão, percebe-se que as tensões diminuem proporcionalmente.
- O incêndio interfere nos valores de tensões e deslocamentos para as análises realizadas.
- As condições E-EM possuem menores tensões, porém maiores deslocamentos que as E-A.
- As maiores tensões localizaram no concreto de 90 MPa e as menores para o concreto de 25MPa.
- No ponto final da ação do incêndio, as tensões nas paredes E-A foram em torno 25 a 30% maiores se comparado as paredes E-EM. Em contrapartida os deslocamentos foram 15 vezes maiores nas paredes E-EM se comparada a parede E-A.
- Aproximadamente em 88min, as tensões diminuem mantendo-se constante até o fim da análise.
- O tipo de vinculação influencia no surgimento da primeira fissura, uma vez que para a parede E-A ocorreu em 12min, enquanto para a parede E-EM em 25min.

## Referências

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Parece maciça: guia para dimensionamento e execução de alvenaria estrutural com blocos de concreto.** São Paulo: ABCP, 2010. 80 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14432:2001 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações.** Rio de Janeiro, 2001.

**NBR 15575:2021 – Edificações habitacionais – Desempenho.** Rio de Janeiro, 2021.

**NBR 10636:2016 – Instalações hidráulicas prediais – Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução.** Rio de Janeiro, 2016.

BOLINA, F. L.; PRAGER, G. L.; RODRIGUES, E.; TUTIKIAN, B. F. Avaliação da resistência ao fogo de paredes maciças de concreto armado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 291-305, out./dez. 2015.

BRITÉZ, C., CARVALHO, M., HELENE, P. (2020), Ações e efeitos deletérios do fogo em estruturas

de concreto. Uma breve revisão, **Revista ALCONPAT**, 10 (1), pp. 1 – 21.

CEN – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1992-1-2:2004 – Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design**. Brussels, 2004.

CEN – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1993-1-2:2005 – Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design**. Brussels, 2005.

NEVILLE, A. M. **Properties of Concrete**. 4. ed. London: Longman, 1997.

PAULA, C. R. F. **Análise de variações térmicas em vigas de concreto e aço**. Trabalho final de curso, Universidade Federal de Uberlândia, 2022.

SOUZA, C. **Análise estrutural de elementos de concreto armado utilizando o software ANSYS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

SILVA, E. C. C. **Análise numérica do comportamento estrutural de painéis pré-moldados Tilt-Up em situação de incêndio**. 2023. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

SOUZA, A. A. A. de; MORENO JR, A. L. O efeito de altas temperaturas na resistência à compressão, resistência à tração e módulo de deformação do concreto. **IBRACON Structures and Materials Journal**, v. 3, n. 4, p. 432–448, 2010.