

ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO TÉRMICO DE PAREDES SIMPLES E COMPOSTAS POR MEIO DE CFD.

Joicy Teixeira Costa¹
Saymon Henrique Santos Santana²

¹Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - Unifesspa, Marabá - PA, Brasil (joicycosta050@gmail.com).

²Professor na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - Unifesspa, Marabá - PA, Brasil.

Resumo: A avaliação do desempenho térmico em edificações é fundamental para a eficiência energética e o conforto térmico. Este trabalho analisa o comportamento térmico de paredes simples e compostas por meio de simulação numérica via CFD, considerando a transferência de calor por condução e convecção em regime permanente, com foco na influência das propriedades térmicas do material.

Palavras-chave: transferência de calor; CFD; paredes compostas; isolamento térmico; eficiência energética.

INTRODUÇÃO

A transferência de calor é um fenômeno físico fundamental em diversos sistemas de engenharia, sendo responsável pela troca de energia térmica entre regiões com diferentes temperaturas. Em edificações, esse processo ocorre continuamente através dos elementos que compõem a envoltória das construções, como paredes, coberturas e pisos, influenciando diretamente o conforto térmico dos ambientes e o consumo energético associado ao condicionamento térmico dos espaços (Incropera et al., 2008).

Entre os principais mecanismos de transferência de calor destacam-se a condução, a convecção e a radiação térmica. No caso das paredes das edificações a condução térmica representa o principal mecanismo de transporte de energia no interior dos materiais sólidos, ocorrendo devido a presença do gradiente de temperatura. Esse fenômeno é descrito pela lei de Fourier, segundo o qual o fluxo de calor é proporcional ao gradiente de temperatura e à condutividade térmica do material (k). Dessa forma, a condutividade térmica torna-se uma propriedade fundamental na análise do desempenho térmico. Materiais com menores valores de k dificultam a propagação de calor, contribuindo para um bom isolamento térmico (Incropera et al., 2008).

No contexto das edificações, esses mecanismos atuam de forma combinada, influenciando diretamente o desempenho térmico das paredes. Além da condução no interior dos materiais, ocorre também a convecção térmica nas superfícies internas e externas das paredes. Esse processo é responsável pela transferência de calor entre a superfície sólida e

o fluido adjacente, geralmente o ar, dependendo das propriedades do fluido, das condições de escoamento e da diferença de temperatura entre a superfície e o meio envolvente. Em muitos casos, esse fenômeno é representado por meio do coeficiente convectivo de transferência de calor (Çengel, 2009).

Considerando a atuação simultânea desses mecanismos, torna-se relevante avaliar soluções construtivas capazes de reduzir a transferência de calor através das edificações. Nesse sentido, a utilização de paredes compostas, formadas por diferentes materiais, surge como uma estratégia eficiente para aumentar a resistência térmica do sistema e reduzir o fluxo de calor. Em estruturas multicamadas, a resistência térmica total resulta da soma das resistências individuais de cada camada. Essa característica contribuindo para o aumento do conforto térmico dos ocupantes e para a redução do consumo energético associado aos sistemas de climatização (Incropera et al., 2008; Çengel, 2009).

Além disso, a introdução de materiais isolantes em paredes também aumentam significativamente a resistência térmica, reduzindo a taxa de transferência de calor entre os ambientes. Esse comportamento, associado a estruturas multicamadas contribui para a manutenção de condições térmicas mais estáveis no interior das edificações, impactando diretamente o desempenho térmico das construções.

Diante da crescente demanda por eficiência energética em edificações e da necessidade de reduzir o consumo de energia associado à climatização de ambientes, torna-se fundamental compreender o comportamento térmico de diferentes configurações

de paredes. A escolha adequada dos materiais, especialmente em função de suas propriedades térmicas, exerce influência direta no desempenho das edificações. A utilização de paredes compostas, formadas pela combinação de materiais estruturais e isolantes, surge como uma alternativa eficiente para o controle da transferência de calor. Assim, estudos que avaliem a influência dessas propriedades tornam-se essenciais para o desenvolvimento de soluções construtivas mais eficientes.

Nesse contexto, o avanço das ferramentas computacionais tem possibilitado uma análise mais detalhada dos fenômenos de transferência de calor por meio de métodos numéricos. A Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD) permite resolver numericamente equações governantes da mecânica dos fluidos e da transferência de calor possibilitando a análise da distribuição de temperatura e do fluxo de calor em diferentes sistemas construtivos (Anderson, 1995; Versteeg; Malalasekera, 2007). Além disso, softwares de engenharia baseados nessas técnicas como ANSYS, tornam possível simular e avaliar o comportamento térmico de diferentes configurações de paredes, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada do problema.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar, por meio de simulação numérica baseada em CFD, utilizando o software ANSYS Workbench 2025 R2, o desempenho térmico de diferentes configurações de paredes, considerando uma parede simples de concreto como caso base e comparando-a com uma parede composta adicionando um material isolante, a fim de avaliar a influência das propriedades térmicas na redução da transferência de calor.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia deste estudo consiste na análise comparativa do comportamento térmico de diferentes configurações de paredes por meio de simulação numérica em regime permanente. O modelo foi desenvolvido utilizando o software ANSYS Workbench 2025 R2, sendo empregado um solver numérico baseado no método dos volumes finitos para a resolução das equações governantes da transferência de calor.

Modelo

O modelo analisado foi desenvolvido no módulo ANSYS SpaceClaim, e consiste em um modelo bidimensional representando uma parede plana. No presente modelo o problema é governado pela equação da conservação de energia, a condução térmica é o mecanismo predominante no interior da parede, enquanto a convecção é considerada nas superfícies por meio das condições de contorno convectivas, não sendo modelado explicitamente o escoamento do fluido.

Geometria

A geometria adotada consiste em uma parede com comprimento de 1,0 m e espessura total de 0,15 m. Para a parede composta, o comprimento e a espessura total foram mantidas constantes, variando-se apenas a divisão das camadas internas.

Foram analisados dois casos principais: uma parede homogênea de concreto e uma parede composta em configuração tipo sanduíche, formada de concreto e material isolante (EPS), distribuída ao longo da espessura em três camadas de 0,05 m de cada.

Propriedades dos materiais

Os materiais considerados na simulação foram definidos com base em suas propriedades térmicas, fundamentais para a análise da transferência de calor através da parede. Para cada material, foram atribuídos valores de condutividade térmica, densidade e calor específico, obtidos a partir de dados disponíveis na literatura conforme apresentado na tabela 1.

O concreto foi adotado como material de referência, enquanto o EPS foi utilizado como material isolante, devido ao seu baixo valor de condutividade térmica, permitindo avaliar o efeito da combinação de materiais com diferentes condutividades térmicas no desempenho térmico da parede.

Tabela 1. Propriedades dos materiais.

Material	Condutividade térmica (W/m·K)	Densidade (kg/m ³)	Calor específico (J/kg·K)
Concreto	1,4	2300	880
EPS	0,035	20	1300

Fonte: Autor, 2026.

Geração da malha

A malha computacional foi gerada no ambiente ANSYS Meshing, utilizando quadriláteros dominantes, visando melhor adequação à geometria e melhor alinhamento com o domínio analisado.

As figuras 1 e 2 mostram a discretização dos domínios analisados. Para a parede simples foi adotado tamanho médio dos elementos de 0,005 m, resultando em 6169 nós e 5940 elementos. Já para a parede composta utilizou-se tamanho médio dos elementos de 0,003 m, com 17368 nós e 16983 elementos. Para a parede composta foi necessário um maior refinamento da malha com redução do tamanho dos elementos, resultando em um aumento do número total de elementos. Essa estratégia permitiu capturar de forma mais precisa as variações de temperatura decorrentes das diferenças de propriedades térmica entre as camadas.

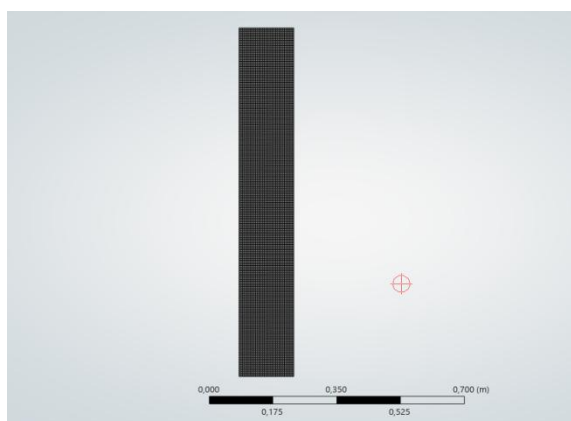


Figura 1. Malha computacional da parede simples.

Fonte: Autor, 2026.

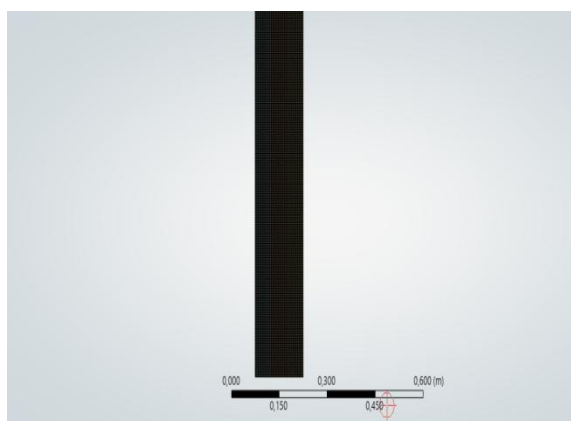


Figura 2. Malha computacional da parede composta.

Fonte: Autor, 2026.

A qualidade da malha foi avaliada com base em critérios numéricos disponíveis no software, como ortogonalidade, skewness e razão de aspecto, apresentando valores adequados para a resolução do problema. Dessa forma, a malha é considerada satisfatória, garantindo a estabilidade da solução e a confiabilidade dos resultados obtidos. Não foi realizada análise de independência de malha neste estudo, sendo esta recomendada para trabalhos futuros.

Condições de contorno

As condições de contorno foram estabelecidas considerando regime permanente, com transferência de calor por condução no interior dos sólidos e convecção nas superfícies de contato com o ambiente. O escoamento do fluido não foi modelado explicitamente.

Na superfície externa da parede, foi aplicada uma convecção com coeficiente de transferência de calor de $20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ e temperatura do fluido externo de 32°C . Na superfície interna, foi considerada convecção com coeficiente de $8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ e temperatura do ambiente de 20°C . As mesmas

condições de contorno foram aplicadas a todas as configurações de paredes analisadas, garantindo a comparabilidade dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Campo de temperatura

A figura 3 apresenta a distribuição de temperatura na parede homogênea de concreto. Observa-se um gradiente térmico aproximadamente linear ao longo da espessura, com temperatura máxima de aproximadamente $29,87^\circ\text{C}$ na face externa e mínima de $25,31^\circ\text{C}$ na face interna, evidenciando um comportamento típico de condução em regime permanente. Esse comportamento é característico de meios homogêneos, nos quais as propriedades térmicas permanecem constantes ao longo do domínio, resultando em uma transferência de calor uniforme.

Nota-se que a variação de temperatura ao longo da parede é relativamente reduzida, indicando menor resistência à transferência de calor. Dessa forma, o calor é conduzido com mais facilidade através da estrutura, permitindo maior influência da temperatura externa na face interna da parede.

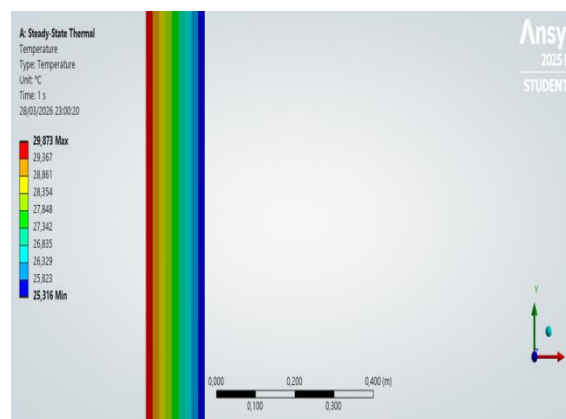


Figura 3. Distribuição de temperatura na parede homogênea de concreto.

Fonte: Autor, 2026.

A figura 4 mostra a distribuição de temperatura para a parede composta. Nota-se uma variação mais acentuada do gradiente térmico nas interfaces entre os materiais, com temperaturas variando entre $31,64^\circ\text{C}$ na face externa e $20,89^\circ\text{C}$ na face interna, indicando maior resistência à transferência de calor. Esse comportamento evidencia a influência direta das propriedades térmicas dos materiais, especialmente da condutividade térmica, na distribuição de temperatura ao longo da parede. As interfaces entre os materiais representam regiões críticas, onde ocorrem mudanças no perfil térmico devido à

diferença de propriedades, alterando a forma como o calor se propaga no sistema.

A diferença entre a temperatura da superfície interna e a temperatura do ambiente deve-se a condição de contorno convectiva adotada, na qual a superfície troca calor com o fluido, não sendo imposta diretamente uma temperatura fixa à parede.

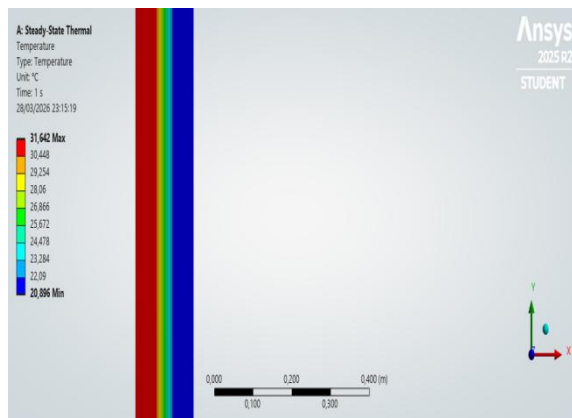


Figura 4. Distribuição de temperatura na parede composta com EPS.

Fonte: Autor, 2026.

Esse comportamento ocorre devido à presença do material isolante (EPS), que possui menor condutividade térmica, dificultando a propagação do calor através da parede, evidenciando a influência direta da condutividade térmica dos materiais na distribuição de temperatura ao longo da espessura da parede evidenciando sua eficiência no bloqueio da propagação térmica.

Esse comportamento também indica que a presença do material isolante altera a forma como a energia térmica é distribuída ao longo da parede, reduzindo a intensidade da condução térmica nas camadas internas.

Fluxo de calor

A análise do fluxo de calor complementa a interpretação dos resultados térmicos, permitindo uma avaliação mais aprofundada do comportamento das configurações analisadas.

A figura 5 apresenta o fluxo de calor total na parede homogênea de concreto, atingindo cerca de 42,53 W/m², enquanto a figura 6 mostra o fluxo de calor na parede composta com valor aproximadamente 7,16 W/m².

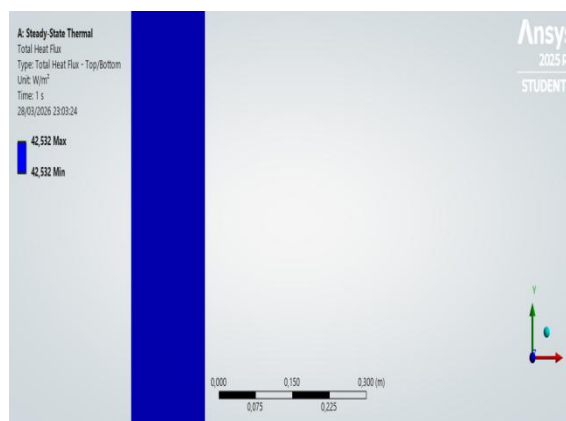


Figura 5. Fluxo de calor na parede homogênea de concreto.

Fonte: Autor, 2026.

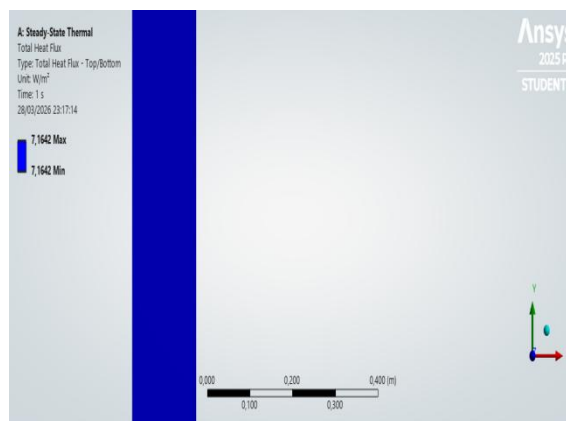


Figura 6. Fluxo de calor na parede composta.

Fonte: Autor, 2026.

A parede homogênea de concreto apresentou valores significativamente superiores de fluxo térmico, enquanto a parede composta apresentou uma redução expressiva dessa grandeza. Essa redução corresponde a aproximadamente 83% em relação à parede homogênea. A significativa diminuição do fluxo térmico está associada à baixa condutividade térmica do EPS, que atua como uma barreira à transferência de calor, reduzindo a intensidade das trocas térmicas entre os ambientes.

Comparação do desempenho térmico

A tabela 2 apresenta a comparação entre os casos analisados, permitindo observar de forma integrada os efeitos das diferentes configurações de paredes quanto à distribuição de temperatura e a intensidade do fluxo de calor.

Tabela 2. Comparação do desempenho térmico.

Configuração da parede	T máx (°C)	T mín (°C)	Fluxo (W/m ²)
Concreto (simples)	29,87	25,31	42,53
Composta (c/EPS)	31,64	20,89	7,16

Fonte: Autor, 2026.

Dessa forma, observa-se que a parede composta apresenta melhor capacidade de isolamento térmico quando comparada à parede homogênea. Esse desempenho superior está diretamente relacionado as propriedades térmicas dos materiais utilizados, especialmente à baixa condutividade térmica do EPS.

Além disso, em sistemas multicamadas, a resistência térmica total é resulta das somas das resistências individuais, o que contribui para a redução global do fluxo de calor. Esse princípio explica a eficiência das paredes compostas na melhoria do desempenho térmico dos elementos construtivos.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que a parede composta apresentou desempenho térmico significativamente superior em comparação à parede homogênea de concreto, evidenciando pela expressiva redução do fluxo de calor através da estrutura. Observou-se uma diminuição de aproximadamente 83% no fluxo térmico, demonstrando a eficácia da utilização de materiais isolantes na melhoria do comportamento térmico da estrutura.

Além disso, a análise dos campos de temperatura e fluxo de calor obtidos nas simulações permitiu observar que a parede composta não apenas reduziu a magnitude do fluxo térmico, mas também promove uma distribuição mais gradual do gradiente de temperatura, o que está em total conformidade com os princípios físicos que regem a transferência de calor.

As resultados obtidos confirmam o objetivo proposto neste estudo, demonstrando que a utilização de paredes compostas com materiais de baixa condutividade térmica resulta em maior resistência à transferência de calor. Tal comportamento evidencia a importância da seleção adequada de materiais no desempenho térmico dos elementos construtivos.

Sob uma perspectiva aplicada, destaca-se que a adoção dessas configurações pode contribuir significativamente para a eficiência energética em edificações, ao reduzir a necessidade de sistemas de climatização artificial, como ar-condicionado, resultando em menor consumo energético e

promover melhores condições de conforto térmico nos ambientes internos.

Os resultados também apresentam concordância com os fundamentos teóricos clássicos da transferência de calor, especialmente no que se refere à influência da condutividade térmica dos materiais e à associação de resistências térmicas em sistemas multicamadas. Essa concordância reforça a confiabilidade dos resultados numéricos e a consistência metodológica adotada ao longo do estudo.

Dessa forma, o trabalho destaca o elevado potencial da utilização de paredes compostas como estratégia eficiente para o controle térmico em edificações, destacando-se como uma solução tecnicamente viável e energeticamente vantajosa no contexto da construção civil.

Destaca-se ainda a importância do uso da Dinâmica dos Fluidos computacional (CFD) como ferramenta de análise, permitindo a avaliação detalhada do comportamento térmico das paredes por meio da resolução numérica das equações governantes. A utilização do software possibilitou a obtenção de campos de temperatura e o fluxo de calor de forma eficiente, contribuindo para uma análise mais abrangente do problema.

Adicionalmente ressalta-se que este estudo constitui uma etapa inicial na investigação do desempenho térmico de paredes compostas, fornecendo base para análises mais aprofundadas. Como continuidade, pretende-se avaliar diferentes combinações de materiais, variações de espessura e novas configurações construtivas, de modo a ampliar a compreensão do comportamento térmico desses sistemas em diferentes condições de operação.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de análises em regime transiente, considerando variações temporais das condições ambientais, bem como a investigação de outros parâmetros relevantes, como diferentes coeficientes convectivos e configurações de geométricas, a fim de ampliar a compreensão do comportamento térmico de paredes em condições mais próximas da realidade. Sugere-se ainda a realização de estudos de independência de malha e validação experimental, visando aumentar a robustez e a confiabilidade dos resultados numéricos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Saymon Henrique Santos Santana pela orientação, apoio e contribuição ao longo do desenvolvimento desse trabalho. Agradeço à Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA) pelo suporte institucional e à Fundação Amazônica de Amparo a Estudos e pesquisas (FAPESPA) pelo incentivo à pesquisa. Por



fim, agradeço ao evento pela oportunidade de divulgação deste estudo.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. D. Computational fluid dynamics: the basics with applications. McGraw-Hill, New York, 1995.

ÇENGEL, Y. A. Transferência de calor e massa: uma abordagem prática. AMGH, Porto Alegre, 2009.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. Fundamentos de transferência de calor e massa. LTC, Rio de Janeiro, 2008.

VERSTEEG, H.; MALALASEKERA, W. An introduction to computational fluid dynamics: the finite volume method. Pearson, Harlow, 2007.