



## ANÁLISE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM TIJOLOS

Beatrice Rodrigues Rosa <sup>1</sup>

Victor Wojdylo Machado <sup>2</sup>

Érickson Alex De Lima <sup>3</sup>

Marco Antonio Cardoso de Souza <sup>4</sup>

**Resumo:** Este estudo comparou o comportamento térmico do tijolo de concreto e do tijolo cerâmico através de simulações no software COMSOL Multiphysics®. O objetivo foi avaliar a eficiência de cada material na transferência de calor. Os resultados indicaram que o tijolo de concreto permite uma passagem de calor mais rápida, enquanto o tijolo cerâmico funciona como um isolante térmico mais eficiente, retardando a transferência de temperatura. A análise também sugeriu que a combinação dos dois materiais pode ser uma solução eficaz para projetos que visam maior conforto térmico e economia de energia. A conclusão reforça a importância de escolher materiais com baixa condutividade térmica, como a cerâmica, para construir edificações mais eficientes, confortáveis e sustentáveis.

**Palavras-chave:** Transferência de Calor; Materiais de Construção; Isolamento Térmico; Tijolo Cerâmico; Simulação Computacional.

**Abstract:** This study compares the thermal behavior of concrete bricks and ceramic bricks through simulations in the COMSOL Multiphysics® software. The objective was to evaluate the efficiency of each material in heat transfer. The results indicated that concrete bricks allow a faster passage of heat, while ceramic bricks act as a more efficient thermal insulator, slowing down the transfer of temperature. The analysis also suggested that the combination of the two materials can be an effective solution for projects that aim at greater thermal comfort and energy savings. The conclusion reinforces the importance of choosing materials with low thermal conductivity, such as ceramics, to build more efficient, comfortable and sustainable buildings.

**Key-words:** Heat Transfer; Building Materials; Thermal Insulation; Ceramic Brick; Computational Simulation.

---

<sup>1</sup> Graduanda do curso de Engenharia Química da UNIFATEB, campus Telêmaco Borba – e-mail: < Beh.rosa@gmail.com >.

<sup>2</sup> Graduando do curso de Engenharia Química da UNIFATEB, campus Telêmaco Borba – e-mail: < victorwojdylo@outlook.com >.

<sup>3</sup> Professor do curso de Engenharia Química, pela UNIFATEB, campus Telêmaco Borba – e-mail: < erickson.lima@unifateb.edu.br >.

<sup>4</sup> Professor do curso de Engenharia Química, pela UNIFATEB, campus Telêmaco Borba – e-mail: < marco.souza@unifateb.edu.br >.



## 1. INTRODUÇÃO

O fenômeno de transferência de calor é crucial na engenharia, afetando diretamente o rendimento e a eficácia de sistemas de construção. Em construções, o gerenciamento do fluxo térmico por meio de paredes e vedações é essencial para assegurar o bem-estar ambiental e a eficiência energética, prevenindo o acúmulo excessivo de calor em condições quentes e a perda em condições frias (INCROPERA; DEWITT, 2019). A escolha de materiais com características térmicas apropriadas, tais como baixa condutividade, é uma tática fundamental para aprimorar o isolamento de uma construção e diminuir o gasto de energia com climatização (SILVA, 2021).

O propósito deste estudo é comparar o desempenho térmico do tijolo de concreto, reconhecido pela sua resistência mecânica, com o do tijolo cerâmico, apreciado pela sua habilidade de isolamento térmico. Empregando o programa de simulação de elementos finitos COMSOL Multiphysics®, a propagação de calor foi examinada em dois cenários: um bloco de concreto isolado e um sistema formado por blocos de concreto e cerâmico interligados. O estudo tem como objetivo comprovar numericamente a efetividade do tijolo cerâmico como barreira térmica e quantificar seu efeito na redução do fluxo de calor, oferecendo suporte técnico para a escolha de materiais em projetos de construção.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. Fundamentação Teórica

A propagação de calor em sólidos é governada principalmente pelo mecanismo de condução, descrito pela Lei de Fourier, que estabelece que o fluxo de calor é proporcional ao gradiente de temperatura e à condutividade térmica do material (INCROPERA; DEWITT, 2019). Materiais com alta condutividade térmica, como metais e concreto denso, são classificados como condutores, enquanto aqueles com baixa condutividade são considerados isolantes.



A eficiência de um isolante térmico, como o tijolo cerâmico, está frequentemente associada à sua microestrutura. A presença de porosidade interna aprisiona o ar, um mau condutor térmico, dificultando a transferência de energia através da estrutura sólida (GARCÍA TEN et al., 2010). Esse efeito resulta em uma resistência térmica superior, tornando o material eficaz para aplicações em paredes externas, fornos e outras barreiras onde o controle de temperatura é essencial (SILVA, 2021). A simulação computacional baseada no Método dos Elementos Finitos (FEM) permite modelar esse comportamento com alta precisão, discretizando o domínio geométrico e resolvendo as equações de transferência de calor para cada elemento (ZIMMERMAN, 2022).

## 2.2. Materiais e Métodos

Para a realização do estudo, foram adotadas as propriedades térmicas dos materiais conforme a literatura técnica. O tijolo de concreto foi modelado com condutividade térmica de  $1,4 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , calor específico de  $880 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$  e densidade de  $2200 \text{ kg/m}^3$  (UFG, 2023). O tijolo cerâmico foi caracterizado com condutividade térmica de  $0,65 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , calor específico de  $921 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$  e densidade de  $1700 \text{ kg/m}^3$  (GARCÍA TEN et al., 2010; SOARES et al., 2023).

As simulações foram desenvolvidas em dois modelos tridimensionais no software COMSOL Multiphysics®, utilizando o módulo *Heat Transfer in Solids*. No primeiro modelo, analisou-se um bloco de concreto isolado. No segundo, um bloco cerâmico foi acoplado lateralmente ao de concreto. As condições de contorno consistiram na aplicação de uma fonte de calor constante em uma das faces do concreto, enquanto as demais superfícies externas foram submetidas à convecção natural com o ar ambiente. Os principais parâmetros geométricos e térmicos adotados na modelagem estão apresentados na Tabela 1.



Tabela 1 - Parâmetros geométricos e térmicos utilizados na simulação

Nome	Expressão	Valor	Descrição
C1	9 [cm]	0.09 m	Comprimento Tijolo
L1	39 [cm]	0.39 m	Largura Tijolo
H1	19 [cm]	0.19 m	Altura Tijolo
L2	4.5 [cm]	0.045 m	Vão Tijolo
C2	12 [cm]	0.12 m	Comprimento Vão Tijolo
rad1	2.25 [cm]	0.0225 m	Raio Vão Tijolo Maior
Temp_chama	273.15 + 175 [K]	448.15 K	Temperatura da Chama
Temp_ar	273.15 + 27 [K]	300.15 K	Temperatura Ambiente
l1	9 [cm]	0.09 m	Largura Tijolo Menor
c1	24 [cm]	0.24 m	Comprimento Tijolo Menor
h1	14 [cm]	0.14 m	Altura Tijolo Menor
rad2	1.5 [cm]	0.015 m	Raio Vão Tijolo Menor

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A precisão do modelo de simulação depende diretamente da correta especificação dos parâmetros de entrada, que definem o cenário físico e o comportamento térmico do sistema. Os parâmetros geométricos, como as dimensões externas e as dos vãos internos, são fundamentais por definirem tanto o caminho para a condução do calor quanto a geometria dos bolsões de ar, que funcionam como isolantes térmicos. As condições de contorno aplicadas, representadas pela temperatura da fonte de calor (Temp\_chama) e pela temperatura ambiente (Temp\_ar), que estabelecem o gradiente térmico responsável por impulsionar todo o fluxo de calor. A resposta térmica do sistema é influenciada pelas propriedades intrínsecas dos materiais. A condutividade térmica controla a taxa de transferência de calor através do meio, enquanto a combinação entre calor específico e densidade define a inércia

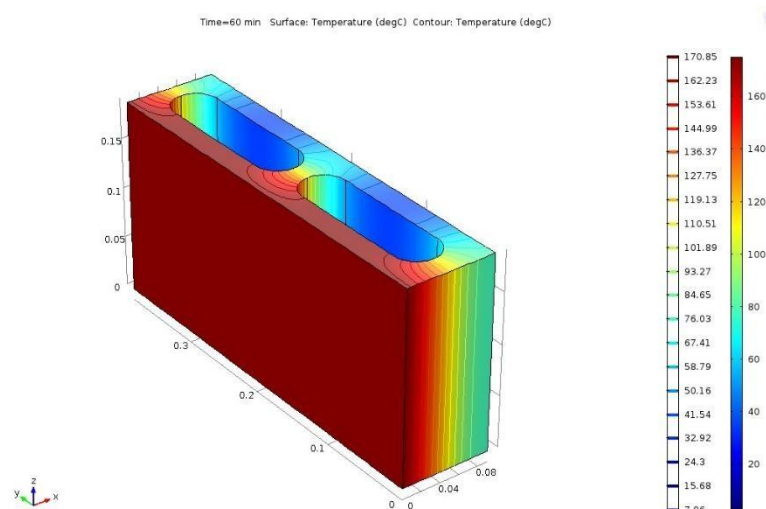


térmica, ou seja, a capacidade do material de armazenar energia e resistir a variações de temperatura ao longo do tempo.

## 2.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos resultados confirmou as diferenças de comportamento térmico entre os materiais. No primeiro modelo, o tijolo de concreto exibiu um gradiente de temperatura acentuado e uniforme, evidenciando sua natureza condutiva. Como observado na Figura 1, o calor propaga-se de forma eficiente da face aquecida para a oposta, em conformidade com o esperado para um material de alta condutividade térmica.

Figura 1 – Distribuição de temperatura e fluxo de calor no tijolo de concreto.



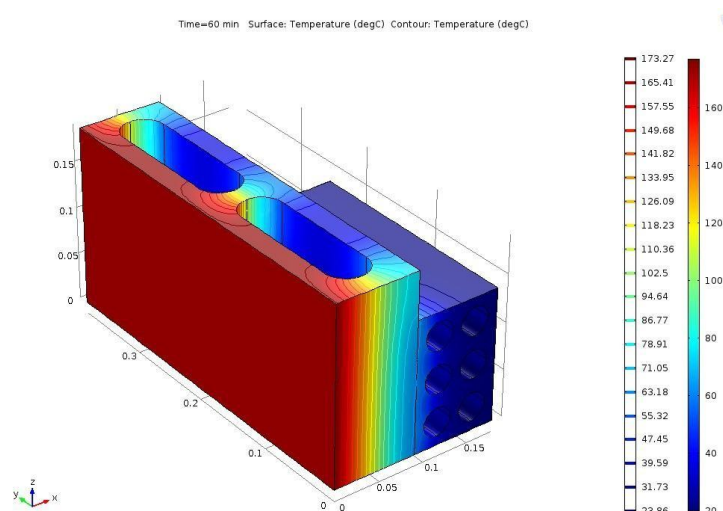
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

No segundo modelo, a inclusão do tijolo cerâmico alterou drasticamente o perfil térmico do sistema. A Figura 2 demonstra que o bloco cerâmico funciona como uma barreira eficaz. As isoterma (linhas de mesma temperatura) concentram-se na interface entre os dois materiais e se espaçam significativamente ao longo do tijolo cerâmico, indicando uma queda brusca no gradiente de temperatura. A face externa



do bloco cerâmico permaneceu em temperatura próxima à do ambiente ( $\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), comprovando sua alta resistência térmica. Este resultado válida a teoria de que a baixa condutividade do material cerâmico ( $0,65\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ), atribuída à sua estrutura porosa, o torna um isolante superior em comparação ao concreto (INCROPERA; DEWITT, 2019).

Figura 2 – Distribuição de temperatura no sistema composto por tijolo de concreto e cerâmica.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Por meio das observações feitas nas simulações, foi possível notar a eficácia do tijolo cerâmico em isolar o sistema termicamente, visto que este possui baixa condutividade em comparação ao concreto. Isso se dá, segundo Incropera e DeWitt (2019), pela estrutura interna porosa da cerâmica, que aprisiona o ar e dificulta a transferência de calor por condução. O material demonstrou uma condutividade de  $0,65\text{ W/m}\cdot\text{K}$ , tornando-se uma barreira eficaz na redução da propagação térmica. Devido a essa eficiência, é frequentemente aplicado em paredes de edificações, fornos e churrasqueiras, onde o isolamento térmico é desejado (SILVA, 2021). Logo, com base em suas especificações e alinhado com a teoria, o tijolo cerâmico



demonstrou na modelagem uma alta capacidade de contenção, atenuando o fluxo de calor proveniente do bloco de concreto.

### 3. CONCLUSÃO

A partir das simulações realizadas, foi possível entender com mais clareza como diferentes materiais se comportam diante da troca de calor. O estudo comparativo entre o tijolo de concreto e o tijolo cerâmico demonstrou que suas propriedades térmicas influenciam diretamente na forma como o calor se propaga, sendo isso um fator essencial na escolha dos materiais em projetos da construção civil (INCROPERA; DEWITT, 2019).

O tijolo de concreto, apesar de ser resistente e amplamente utilizado, permite a passagem de calor com mais facilidade, devido à sua maior condutividade térmica (SILVA, 2021). Já o tijolo cerâmico, por ter uma estrutura interna mais porosa e uma condutividade menor, se mostrou mais eficiente na contenção do calor, funcionando como uma barreira térmica (INCROPERA; DEWITT, 2019). Esse comportamento ficou evidente nas simulações feitas no COMSOL Multiphysics®, que permitiram visualizar o avanço do calor e sua desaceleração ao encontrar o bloco cerâmico (COMSOL, 2023).

Esse tipo de análise é muito útil não apenas para fins acadêmicos, mas também para aplicações práticas, como a escolha dos materiais mais adequados para climas quentes ou frios, buscando conforto térmico e economia de energia nas edificações (ZIMMERMAN, 2022). Além disso, a simulação computacional mostrou-se uma ferramenta poderosa para antecipar comportamentos físicos sem a necessidade de testes laboratoriais extensivos, economizando tempo e recursos (COMSOL, 2023).

Portanto, o trabalho cumpriu seu objetivo de comparar o desempenho térmico dos dois tipos de tijolos e confirmou, com base teórica e prática, que o tijolo cerâmico oferece maior resistência à propagação do calor (INCROPERA; DEWITT, 2019; SILVA, 2021). Esses resultados reforçam a importância de considerar as propriedades térmicas dos materiais já na fase de projeto de uma construção, garantindo ambientes mais confortáveis e eficientes energeticamente.



## REFERÊNCIAS

COMSOL AB. COMSOL Multiphysics. Release 6.2. Stockholm: COMSOL, 2024.

COMSOL INC. COMSOL Multiphysics® Reference Manual, versão 6.1. Estocolmo: COMSOL AB, 2023. Acesso em: 13 jun. 2025.

COMSOL. Heat Transfer Module User's Guide. Version 6.1. COMSOL Multiphysics®, 2023. Disponível em: <https://www.comsol.com/heat-transfer-module>. Acesso em: 13 jun. 2025.

GARCÍA TEN, J. et al. Thermal conductivity of traditional ceramics. *Ceramics International*, v. 36, p. 1951–1959, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2010.05.004>. Acesso em: 13 jun. 2025.

INCROPERA, Frank P. et al. *Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa*. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

SILVA, João C. *Materiais de Construção Civil: propriedades térmicas e aplicações*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

SILVA, M. F. Avaliação das propriedades térmicas de materiais cerâmicos aplicados em construção civil. *Revista Brasileira de Engenharia*, v. 22, n. 3, p. 45–53, 2021. Acesso em: 13 jun. 2025.

SOARES, T. P. et al. Thermal conductivity study of different engobed ceramic brick. *Cerâmica*, São Paulo, v. 69, n. 330, p. 235–242, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ce/a/7NrCTBvMpynxmq9DFX3fZkD/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

SPRINGER. Thermal conductivity of porous materials. *Journal of Materials Research*, 2013. Disponível em <https://link.springer.com/article/10.1557/jmr.2013.179>. Acesso em: 13 jun. 2025.

UFG – UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. *Propriedades térmicas do concreto: norma NBR 15220*. Goiânia, 2023.

ZIMMERMAN, R. Simulation tools for thermal behavior analysis in construction materials. *Journal of Building Engineering*, v. 40, p. 102227, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102227>. Acesso em: 13 jun.



**Nome completo: Beatrice Rodrigues Rosa e Victor Wojdylo Machado**

Item de colaboração	Igual aos demais	Menor que os demais	Maior que os demais	Não participou deste item
Contextualização do trabalho	Todos			
Organização dos dados	Todos			
Análise formal dos dados	Todos			
Análise formal do texto	Todos			
Financiamento para desenvolvimento do trabalho	Não aplicável			
Investigação e estudo	Todos			
Metodologia	Todos			
Administração de cronograma	Todos			
Administração de recursos	Não aplicável			
Gestão do projeto	Todos			
Validação do projeto	Todos			
Marketing	Não aplicável			
Escrita do trabalho	Todos			
Participação em reuniões	Não aplicável			
Revisão do trabalho	Todos			
Participação na construção do protótipo	Não aplicável			