

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

DESEMPENHO TÉRMICO DE MATERIAIS TRADICIONAIS, ECOLÓGICOS E ALTERNATIVOS PARA FINS DE CLIMATIZAÇÃO DE AMBIENTES

David Lohan Pereira de Sousa

Mestrando em Engenharia Mecânica, ITEC, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará, Brasil
david.sousa@ananindeua.ufpa.br

Jean Carlos de Almeida Nobre

Mestrando em Engenharia Mecânica, ITEC, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará, Brasil
jean.nobre@ananindeua.ufpa.br

Larissa dos Santos Borges

Mestrando em Engenharia Mecânica, ITEC, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará, Brasil
larissa.borges@ananindeua.ufpa.br

Luiz Claudio Fialho Andrade

Doutor em Engenharia Mecânica, FEM, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil
lfialho@ufpa.br

Resumo: Este estudo tem como objetivo comparar o desempenho térmico de diferentes materiais utilizados na construção de habitações, abrangendo materiais tradicionais, ecológicos e alternativos. A análise comparativa dos materiais baseia-se na temperatura interna do ar, a qual é influenciada por cargas internas e externas em uma estrutura habitacional. Para realizar as comparações, foram utilizados três softwares: *EnergyPlus*, *OpenStudio* e *SketchUp*. O *EnergyPlus* permite estudar o comportamento térmico das estruturas, enquanto o *OpenStudio* melhora a usabilidade do *EnergyPlus* e está vinculado ao *SketchUp* para acessar o desenho arquitetônico. Além disso, o artigo apresenta um referencial teórico que aborda os diferentes tipos de materiais utilizados na construção civil, como metais, cerâmicas, polímeros, entre outros. Destaca-se também a crescente busca por materiais sustentáveis no setor da construção civil e a importância da eficiência energética nas edificações. A metodologia da pesquisa envolveu a realização de simulações para analisar as temperaturas internas do ar em um edifício padrão, considerando três

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

cenários diferentes de materiais de construção ao longo do ano. Foram levados em consideração fatores como isolamento térmico, capacidade de armazenamento de calor e refletância solar dos materiais. No cenário 1, foram utilizados materiais tradicionais, como concreto e tijolos convencionais. No cenário 2, foram utilizados materiais ecológicos, como isolamento de celulose e tijolos de terra comprimida. Já no cenário 3, foram utilizados materiais alternativos, como telhado de PPHM e tijolos adobe. Após a realização das simulações, os resultados indicaram que o cenário 3, com materiais alternativos, apresentou o melhor desempenho térmico em termos de controle das temperaturas internas do ar. Esses resultados são relevantes para a área da construção sustentável, fornecendo informações sobre o impacto dos materiais de construção no desempenho térmico dos edifícios. Em conclusão, este estudo contribui para a compreensão da influência dos materiais de construção no desempenho térmico das habitações, destacando a importância de materiais sustentáveis na busca por edifícios mais eficientes energeticamente.

Palavras-chave: Desempenho Térmico, Materiais Tradicionais, Materiais Alternativos, Materiais Ecológicos, *EnergyPlus*.

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa em questão tem como objetivo comparar o desempenho térmico de diferentes materiais utilizados em construções habitacionais, levando em consideração materiais tradicionais, ecológicos e alternativos. Os materiais tradicionais são amplamente encontrados em casas habitacionais, como tijolo cerâmico, telha cerâmica e piso cerâmico. Já os materiais ecológicos são produzidos a partir da reutilização de outros materiais que, de outra forma, causariam danos ao meio ambiente. Neste estudo, foram utilizadas telhas e tijolos feitos de material polimérico como exemplos de materiais ecológicos. Por sua vez, os materiais alternativos fogem do padrão convencional e muitas vezes são compostos por combinações únicas. Cada material possui características térmicas distintas, como condutividade térmica, calor específico e densidade, que afetam sua resposta a diferentes condições climáticas.

Com o intuito de encontrar o material com melhor desempenho térmico para o clima da cidade de Belém, no Pará, realizou-se uma análise comparativa. Esta análise é baseada na temperatura interna do ar, influenciada pelas cargas térmicas internas e externas em uma estrutura habitacional padrão. Ao observar essas temperaturas, pode-se analisar o isolamento térmico de cada combinação de materiais.

Para conduzir essa pesquisa, foram utilizados três *softwares*: o *EnergyPlus*, que permite estudar o comportamento térmico de estruturas; o *OpenStudio*, que está integrado ao *EnergyPlus* e melhora a usabilidade do *software*; e o *SketchUp*, que é utilizado para acessar desenhos arquitetônicos. Essas ferramentas permitem uma análise abrangente e precisa do desempenho térmico dos materiais em estudo.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Materiais Construtivos e Estudos Sobre Desempenho Térmico Estrutural

Conforme Callister (2002), materiais são substâncias cujas propriedades podem ser utilizadas direta ou indiretamente para diversos fins, os principais tipos de materiais são: metais, cerâmicas, polímeros, semicondutores, vidros, fibras, madeira, areia, rocha e vários outros compósitos. A ligação principal dos materiais com a evolução da sociedade se dá devido à dependência da sociedade em matéria-prima.

Segundo Brasileiro e Matos (2015), o uso de materiais recicláveis na construção civil vem ganhando espaço no mercado atual. Dado que o setor da construção civil é o setor que mais gera resíduos, existem iniciativas sustentáveis pela aplicação dos resíduos reciclados nos diversos ramos da construção.

No estudo conduzido por Sousa (2022), foram realizadas simulações numéricas utilizando o *software EnergyPlus* com o objetivo de avaliar o desempenho térmico de um edifício institucional pertencente à Universidade Federal do Pará, localizado em Ananindeua-PA. Diversos aspectos do edifício foram considerados, tais como os materiais de construção utilizados, as atividades realizadas dentro do edifício, o consumo de energia dos equipamentos elétricos e o sistema de iluminação.

Nobre (2022), em seu estudo utilizou o *software EnergyPlus* para simular e analisar a temperatura do ar em um auditório localizado no *campus* Ananindeua da Universidade Federal do Pará. A pesquisa abrangeu diferentes meses do ano. Diversas variáveis relacionadas às condições meteorológicas, à estrutura do ambiente e às respostas fisiológicas foram consideradas durante a análise.

Borges (2022), realizou uma avaliação da performance térmica de um edifício simulado que empregava tanto materiais alternativos quanto materiais de construção convencionais. O objetivo foi comparar o desempenho térmico dos diferentes materiais. Para isso, o *software EnergyPlus* foi utilizado para simular o edifício levando em consideração as condições climáticas da cidade de Belém-PA no ano de 2021.

3. METODOLOGIA

Simulações numéricas foram realizadas para analisar a temperatura interna do ar em um edifício padrão utilizando os *softwares SketchUp, OpenStudio e EnergyPlus*. São considerados três cenários diferentes: um com materiais tradicionais, outro com materiais ecológicos e um terceiro com materiais alternativos compostos por resíduos. Os dados climáticos utilizados são provenientes do arquivo IWEC (*International Weather for Energy Calculations*) da cidade de Belém. A Figura 1 mostra o desenho arquitetônico modelado no *software SketchUp*.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

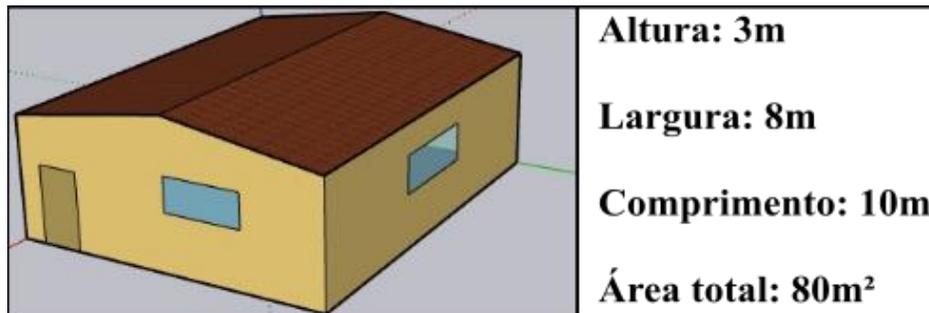


Figura 1: Desenho arquitetônico de uma estrutura padrão. Fonte: Autores (2022).

As Tabelas I, II e III exibem os materiais da edificação atrelados à espessura (h [m]), à condutividade térmica (λ [W/mK]), à massa específica (ρ [kg/m³]) e ao calor específico (c [J/kgK]).

Tabela 2: Propriedades Térmicas dos Materiais Tradicionais. Fonte: Projeto 02:135.07-001/2, (2003).

Material	h (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (J/kgK)
Argamassa	0,015	1,15	1600	1000
Telha de fibrocimento	0,020	0,95	1800	920
Porta de madeira	0,030	0,15	614	2300
Janela de vidro	0,003	0,9	-	-
Bloco cerâmico	0,096	0,9	1764	920

Tabela 3: Propriedades Térmicas dos Materiais Ecológicos. Fonte: a) telha pet: Material Properties (2022); b) bloco de tijolo ecológico: Dunel, M. P. (2020).

Material	h (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (J/kgK)
Telha pet	0,02	0,3	1350	920
Tijolo ecológico	0,12	0,43	1408	1000

Tabela 4: Propriedades Térmicas dos Materiais Alternativos. Fonte: a) telha de PPHM: Poletto, S. F. S. (2020); b) bloco de tijolo de terra crua (Adobe 2): Dal Soglio, C. R. et al (2018).

Material	h (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (J/kgK)
Telha de PPHM	0,02	0,213	898,42	920*
Tijolo Adobe	0,297	0,55	1341,05	920*

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

A análise de conforto térmico se dá a partir da norma ISO 9241 (2011) onde são estabelecidos parâmetros térmicos estruturais adequados a uma estrutura habitacional (20 °C a 26 °C).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2a mostra que os materiais alternativos e ecológicos proporcionaram maior conforto térmico. As temperaturas mínimas, máximas e médias anuais para os materiais tradicionais foram de 23,75 °C, 34,99 °C e 28,72 °C, respectivamente, com um desvio padrão de 2,56 °C. Para os materiais ecológicos, os valores foram de 23,86 °C, 34,57 °C e 28,61 °C, com um desvio padrão de 2,48 °C, e para os materiais alternativos, foram de 23,68 °C, 34,24 °C e 28,48 °C, com um desvio padrão de 2,39 °C.

A Figura 2b mostra que, no cenário 1, a zona térmica está acima de 26°C por 81,3% do ano, enquanto no cenário 2 é de 82,5% e no cenário 3 é de 79,9%. A zona está dentro dos parâmetros de conforto térmico por cerca de 18,7% no cenário 1, 17,5% no cenário 2 e 20,1% no cenário 3.

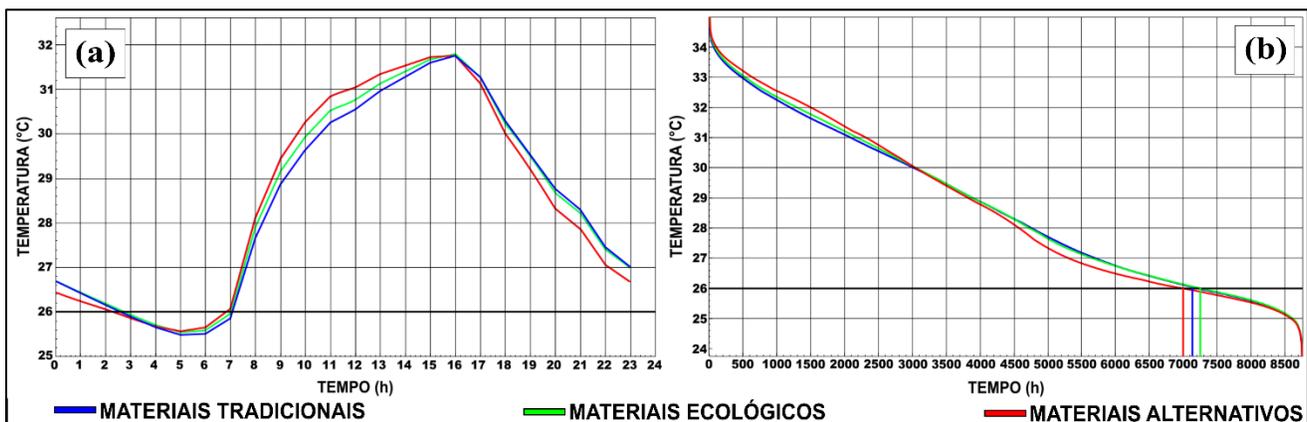


Figura 2: (a) Temperatura Interna do ar; (b) Curva de Duração ao Longo do Ano. Fonte: Autores (2022).

5. CONCLUSÃO

O cenário 3 é o que melhor se destaca em relação ao comportamento da temperatura mostrando uma representatividade (%) maior em relação ao desempenho térmico. Observa-se que entre os materiais estudados os alternativos e ecológicos se demonstraram melhores isolantes térmicos. Com isso, além desses materiais favorecerem o conforto térmico dos habitantes ainda ajudam no controle da poluição ambiental.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

REFERÊNCIAS

- [1] Borges, L. S. (2022). *Simulação Numérica da Temperatura do Ar em um Edifício com Materiais Construtivos Alternativos*. Trabalho de Conclusão de Curso, UFPA, Ananindeua, PA, Brasil.
- [2] Brasileiro, L. L., Matos, J. M. E. (2015). Revisão bibliográfica: *reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil*. Cerâmica. vol.61 n.358, São Paulo.
- [3] Callister, W. D. (2002). *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. John Wiley & Sons.
- [4] Dal Soglio, C. R et al. (2018). *Avaliação das propriedades térmicas de tijolos de terra crua (adobes)*. Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, p. 1124-1130.
- [5] Dunel, M. P. (2020). *Avaliação do desempenho térmico de tijolos ecológicos em Aracaju/SE por meio de simulação computacional*.
- [6] EnergyPlus. V9.3.0. Capturado *on-line* em 03/08/2022 de <<https://energyplus.net/>>.
- [7] ISO 9241. (2011). “*Ergonomics – Determination of metabolic heat production*”, Genebra.
- [8] Material Properties. Pet. Capturado *on-line* em 03/08/2022 de <<https://material-properties.org/pet-density-strength-melting-point-thermal-conductivity/>>.
- [9] Nobre, J. C. A. (2022). *Análise e Simulação Numérica sobre Desempenho Térmico Estrutural em um Auditório Utilizando o Software EnergyPlus*. Trabalho de Conclusão de Curso, UFPA, PA, Brasil.
- [10] OpenStudio. Versão 1.0.0. Capturado *on-line* em 03/08/2022 de <<https://www.openstudio.net/>>.
- [11] Poletto, S. F. S. (2020). *Telhas fabricadas com resíduos de madeira de reflorestamento de Pinus sp. tratadas com CCB para o emprego na construção civil â caracterização física e propriedades térmicas*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- [12] Projeto 02:135.07-001/2. (2002). *Desempenho térmico de edificações Parte 2*. Rio de Janeiro.
- [13] SketchUp. V19.0.685. Capturado *on-line* em 03/08/2022 de <<https://www.sketchup.com/pt-BR>>.
- [14] Sousa, D. L. P. (2022). *Análise do Desempenho Térmico de um Edifício utilizando o Software EnergyPlus*. Trabalho de Conclusão de Curso, UFPA, Ananindeua, PA, Brasil.