XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Comparação da fibra de coco e lã de rocha no isolamento térmico em diferentes zonas bioclimáticas

Comparación de la fibra de coco y la lana de roca para el aislamiento térmico en diferentes zonas bioclimáticas

Comparison of coconut fiber and rock wool for thermal insulation in different bioclimatic zones

4-Desempenho térmico do ambiente construído

Pedroso, Gabrielle(1); Brito, Rafael(1); Guagliardi, Mariana(1); Iatagan, Rafael(1); Mascarenhas, André(2); Mattoso, Larissa(2); Nogueira, Vitória(2); Pacheco, Gabriela(2); Teixeira, Joyce(2); Zucchi, Luísa(2).
(1) Estudante de Graduação (2) Arquiteto(a) e urbanista; Mitsidi, São Paulo, Brasil, gpedroso@mitsidi.com

Resumo

Este estudo analisa o desempenho térmico de dois isolantes – lã de rocha e fibra de coco – aplicados em uma unidade habitacional unifamiliar padrão com sistema construtivo em *wood frame*, por meio de simulações no software *EnergyPlus*. A pesquisa avaliou o impacto dos materiais em oito zonas bioclimáticas brasileiras, considerando diferentes configurações de isolamento (cobertura, paredes externas e ambas). Os resultados indicam que a escolha do isolante e sua espessura devem ser adaptadas ao clima local. Em geral, a aplicação dos isolantes piorou o desempenho em climas quentes, sendo mais eficiente em zonas amenas e frias. Na comparação entre os materiais, observou-se um comportamento semelhante, especialmente quando o isolamento foi aplicado somente na cobertura ou nas paredes, o que reforça o potencial da fibra de coco como alternativa sustentável para isolamento térmico em habitações.

Palavras-chave: Isolamento térmico. Simulação computacional. Fibra de coco. Lã de rocha. Desempenho térmico.

Resumen

Este estudio analiza el desempeño térmico de dos aislantes – lana de roca y fibra de coco – aplicados en una unidad habitacional unifamiliar estándar con sistema constructivo en wood frame, mediante simulaciones en el software EnergyPlus. La investigación evaluó el impacto de los materiales en ocho zonas bioclimáticas brasileñas, considerando diferentes configuraciones de aislamiento (cubierta, paredes externas y ambas). Los resultados indican que la elección del aislante y su espesor deben adaptarse al clima local. En general, la aplicación de los aislantes empeoró el desempeño en climas cálidos, siendo más eficiente en zonas templadas y frías. En la comparación entre los materiales, se observó un comportamiento similar, especialmente cuando el aislamiento se aplicó solo en la cubierta o en las paredes. Esto refuerza el potencial de la fibra de coco como una alternativa sostenible para el aislamiento térmico en viviendas.

Palabras clave: Aislamiento térmico. Simulación por computadora. Fibra de coco. Lana de roca. Desempeño térmico.

Abstract

This study analyzes the thermal performance of two insulation materials – rock wool and coconut fiber – applied in a standard single-family housing unit using a wood frame construction system, through simulations in the EnergyPlus software. The research evaluated the impact of these materials across eight Brazilian bioclimatic zones, considering different insulation configurations (roof, external walls, and both). Results indicate that the choice of insulation and its thickness should be adapted to the local climate. In general, the use of these insulators worsened building performance in hot climates, while being more effective in mild and cold zones. When comparing the two materials, similar behavior was observed, especially in cases where insulation was applied only to the roof or to the walls. This highlights the potential of coconut fiber as a sustainable alternative for thermal insulation in housing.

Keywords: Thermal insulation. Computer simulation. Coconut fiber. Rock wool. Thermal performance.

Introdução

O emprego de isolamento térmico é essencial para edificações de menor consumo energético, uma vez que minimiza ou elimina a necessidade de sistemas de climatização, reduzindo significativamente o consumo de energia elétrica. Um exemplo comum é a lã de rocha, que, comercialmente, se encontra disponível como manta e painel. Dentre suas características que justificam sua popularidade, pode-se citar suas propriedades térmicas e acústicas, sua resistência ao fogo e à parasitas, e um bom custo-benefício (Paniz, 2014).

Contudo, materiais isolantes convencionais predominantemente utilizados como a lã de rocha, a fibra de vidro e o poliestireno expandido (EPS), este último derivado do petróleo, não são recicláveis e possuem impactos negativos para o ambiente e para a saúde humana, no que se refere ao manuseio e à instalação (Santos e Ino, 2023). Em contrapartida, isolantes naturais oferecem vantagens expressivas: redução de emissões de carbono, capacidade de reciclagem ou biodegradabilidade, menor impacto à saúde humana e eficiência energética. Embora materiais como a cortiça, a celulose e outras fibras vegetais sejam amplamente acessíveis no mercado europeu a preços competitivos, no Brasil ainda se observam barreiras para a sua adoção em larga escala, principalmente devido à limitada disponibilidade de fornecedores especializados. Esse cenário evidencia a necessidade de maior incentivo à pesquisa e à produção nacional desses materiais (Zanoto, Rotter e Campos, 2021).

Em relação ao *wood frame,* trata-se de uma alternativa de sistema construtivo sustentável, com baixa geração de resíduos e que dispensa demolições para instalações hidráulicas e elétricas (Soares, 2023). Seu uso predominante de madeira renovável contribui para um ciclo fechado de produção, reduzindo impactos ambientais (Santos e Ino, 2023). Além disso, conforme o estudo de Ghellere (2020), o uso de painéis duplos de madeira pré-fabricados se mostra uma alternativa equilibrada entre viabilidade econômica e um bom desempenho térmico, se adicionada uma camada de isolamento. Sendo, portanto, um sistema construtivo com grande potencial para ser aplicado em habitações de interesse social (HIS) (Santos e Ino, 2023).

A simulação termoenergética computacional, por sua vez, vem se consolidando como uma ferramenta crucial para o estudo do conforto térmico (Hensen e Augenbroe, 2004), sobretudo, para analisar de forma mais detalhada as interações entre variáveis climáticas, materialidade e forma arquitetônica (Crawley, 2001). Foram desenvolvidas ferramentas computacionais que permitem aprimorar, principalmente, o desempenho térmico das edificações antes que os projetos avancem para a fase de construção. Esse aprimoramento é essencial para garantir condições adequadas de habitabilidade, atendendo aos requisitos obrigatórios do item 11 da ABNT NBR 15575:2024 – Edificações Habitacionais: Desempenho Térmico, possibilitando a redução no consumo de energia dos edifícios.

Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo analisar e comparar o desempenho de dois isolantes térmicos - a lã de rocha e a fibra de coco - aplicados em um estudo de caso de uma habitação térrea com o sistema construtivo de *wood frame*. Nesse sentido, foi escolhido um modelo de habitação para realizar simulações computacionais no intuito de demonstrar o comportamento térmico desses materiais considerando oito zonas bioclimáticas brasileiras, definidas pela ABNT NBR 15220-3:2005 e aplicadas no Protocolo SiNAT 2021 (Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais).

Metodologia

O objeto de estudo deste artigo foi o mesmo modelo estudado por Moraga (2017), se tratando de uma casa residencial térrea isolada, com 2 dormitórios, um banheiro, sala e cozinha integradas, totalizando 40,29 m² de área útil (Figura 1). Além disso, para ampliar o escopo de análise desta pesquisa, a planta foi avaliada em oito orientações (N, S, L, O, NO, NE, SO, SE).

Para definir a composição das paredes do modelo simulado, voltou-se para o sistema descrito na Ficha de Avaliação de Desempenho referente a vedações em *wood frame*, a FAD nº 069 (2024), disponibilizada pelo PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat). Optou-se por usar a FAD como referência para uma avaliação técnica do *wood frame* respaldada pelo SiNAT, que inclui o estudo de seu desempenho térmico em conformidade com as normas da

ABNT NBR 15575. Dessa forma, o modelo analisado se encontra dentro dos padrões desses estudos prévios.

Figura 1: Planta baixa utilizada.



Fonte: Moraga (2017, p. 53).

Logo, no modelo simulado, foram adotadas as composições de materiais sem isolamento térmico, descritas na Tabela 1, e com isolamento, indicadas na Tabela 2. Em seguida, as propriedades térmicas da lã de rocha e da fibra de coco foram demonstradas na Tabela 3.

Tabela 1: Materiais construtivos dos componentes parede externa, parede interna e cobertura (sem isolamento).

Parede Externa		**Parede Interna**		**Cobertura**	
Material	Espessura (mm)	Material	Espessura (mm)	Material	Espessura (mm)
Placa Cimentícia	8	Placa Gesso Drywall	12.5	Telha Fibrocimento	6
Chapa de OSB	9,5	Chapa de OSB	9.5	Camada de Ar	91
Camada de Ar	90	Camada de Ar	90	Placa Gesso	12,5
Placa Gesso Drywall	12,5	Placa Gesso Drywall	12.5		

Fonte: Adaptado da FAD nº 069 (2024, p. 4, 5 e 26).

Tabela 2: Materiais construtivos dos componentes parede externa e cobertura (com isolamento).

Parede Externa		**Cobertura**	
Material	Espessura (mm)	Material	Espessura (mm)
Placa Cimentícia	8	Telha Fibrocimento	6
Chapa de OSB	9,5	Camada de Ar	VAR.**
Isolamento	VAR.*	Isolamento	VAR.*
Camada de Ar	VAR.**	Placa Gesso	12,5
Placa Gesso Drywall	12,5		

* Variação de espessura de cada simulação ** Variação camada de ar de acordo com a variação da camada de isolamento

Fonte: Adaptado da FAD nº 069 (2024, p. 4, 5 e 26).

Tabela 3: Propriedades térmicas dos materiais isolantes.

Material	Espessura (mm)	Densidade (kg/ m³)	Condutividade (W/mK)	Calor Específico (kJ/kgK)	Resistência Térmica (m²K/W)	Referência Bibliográfica
Fibra de Coco	VAR.*	100-140	0.045	-	VAR.***	(1)
Lã de Rocha	VAR.*	110	0.045	0.75	-	(2)

* Variação de espessura de cada simulação

*** Variação da Resistência Térmica de acordo com a variação da espessura da camada de isolamento

Fonte: (1) Oliveira, Bragança e Almeida (2015) e ABNT NBR ISO 10456 (2022).

Em relação ao método adotado para avaliar o desempenho térmico dos cenários propostos, foi realizado um procedimento de simulação computacional de acordo com as configurações de simulação e modelagem, como as ocupações, cargas e abertura, fechamento de aberturas e horários que seguem as indicações da norma ABNT NBR 15575-1:2024. Além disso, foram seguidas as indicações da norma para o uso do programa de simulação *Energy plus* 9.4 e dos arquivos climáticos INMET 2016, juntamente com o *software DesignBuilder 7.3*, que se destaca por trazer uma integração gráfica com o *EnergyPlus*.

Assim, foi desenvolvido um modelo representativo de uma residência térrea unifamiliar, contemplando suas características geométricas, térmicas e de sombreamento, com o objetivo de avaliar o desempenho térmico de dois materiais isolantes. Para os cenários, variou-se o tipo de isolante — lã de rocha e fibra de coco — quanto suas espessuras, que, por sua vez variaram de 50mm a 250mm, desprezando, a princípio, a viabilidade econômica do seu emprego prático. Além disso, o modelo foi testado em cada uma das oito zonas bioclimáticas brasileiras. Foram utilizadas as cidades representativas de cada zona de acordo com o Protocolo SiNAT de avaliação de desempenho térmico por simulações computacionais (2021) descritas no item 2.3 da referência. As cidades são: Curitiba (ZB1), Santa Maria (ZB2), São Paulo (ZB3), Brasília (ZB4), Vitória da Conquista (ZB5), Campo Grande (ZB6), Cuiabá (ZB7) e Manaus (ZB8). Vale ressaltar que, o protocolo ainda não foi atualizado para as novas zonas bioclimáticas estabelecidas na ABNT NBR 15220-3:2024 e, por conta disso, foi utilizado o zoneamento anterior.

A análise focou no desempenho térmico com ventilação natural, considerando o Percentual de Horas dentro da Faixa de Temperatura Operativa (PHFT) e as Temperaturas Operativas Máximas e Mínimas (Tomáx. e Tomín.). O PHFT considerado equivale à média do PHFT de cada ambiente de permanência prolongada (APP), ou seja, a porcentagem de horas durante um ano em que as temperaturas operativas corresponderam ao respectivo intervalo. Já as Temperaturas operativas consideradas, foram a maior temperatura operativa que ocorreu no ano durante a ocupação (TomáxUH) e a menor temperatura (TomínUH) também considerando cada APP. São considerados três intervalos de temperaturas conforme a Tabela 4:

Tabela 4: Intervalos de temperatura externa para definição do PHFT e a classificação das cidades utilizadas nas 8 zonas bioclimáticas brasileiras.

Intervalos de temperaturas externas	Média anual da temperatura externa de bulbo seco (TBSm)	Faixa de temperatura operativa a ser considerada	Arquivos climáticos correspondentes
Intervalo 1	TBSm < 25,0 °C	18,0 °C < ToAPP < 26,0 °C	ZB1: Curitiba – PR – TBSm=16,4ºC ZB2: Santa Maria – RS TBSm=19,1ºC ZB3: São Paulo – SP TBSm=18,9ºC ZB4: Brasília – DF TBSm=20,7ºC ZB5: Vit. da Conquista – BA TBSm=22,5ºC ZB6: Campo Grande – MS TBSm=23,5ºC ZB7: Cuiabá – MT TBSm=26,3ºC ZB8: Manaus – AM TBSm=26,4ºC
Intervalo 2	25,0 °C ≤ TBSm < 27,0 °C	ToAPP < 28,0 °C	
Intervalo 3	TBSm ≥ 27,0 °C	ToAPP < 30,0 °C	-

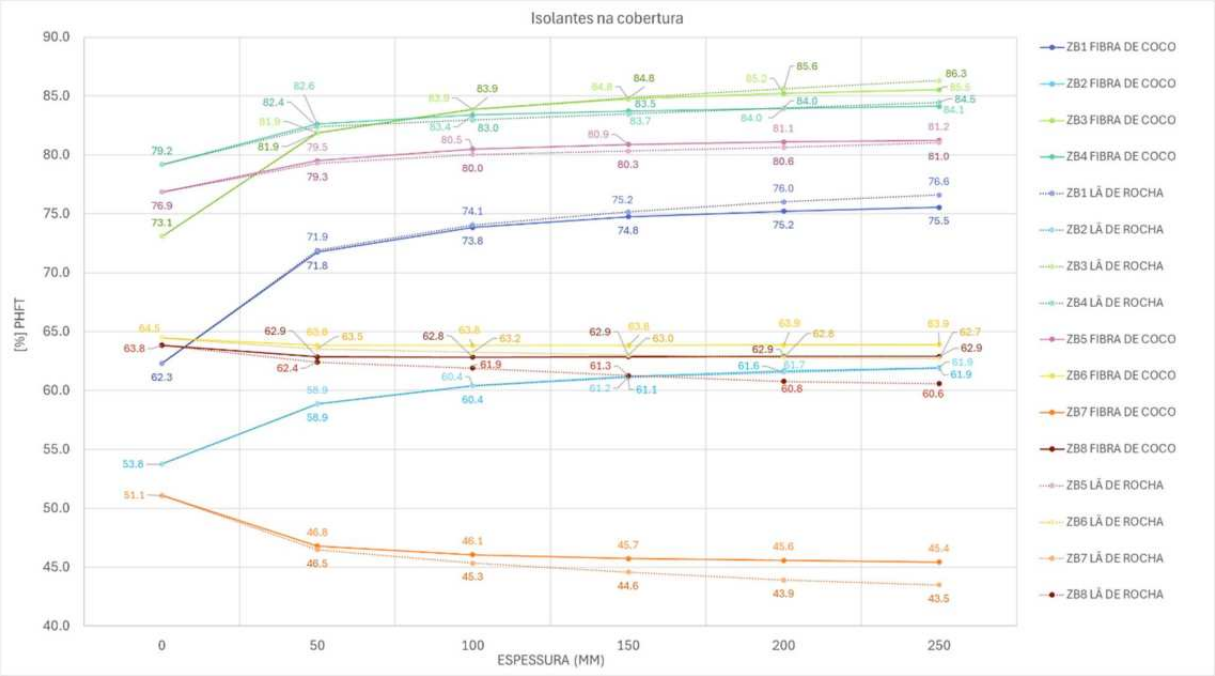
Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15575:2024 (2024, p. 21 e 22).

Resultados

A análise dos resultados da simulação foi compilada em gráficos, de acordo com cada Zona Bioclimática e o material isolante em função do critério avaliado – PHFT, TomáxUH e TomínUH – no entanto, os resultados mais relevantes para este estudo se concentraram na avaliação do critério de PHFT, uma vez que apresentam maiores variáveis, como será apresentado a seguir.

No cenário com isolamento apenas na cobertura (Figura 2), a melhor performance térmica ocorreu na ZB3 com 250 mm de lã de rocha (86,3%), seguido da fibra de coco (85,5%), com um desempenho semelhante, com apenas 0,8% de diferença. Os dois tipos de isolante atingiram valores de PHFT de 81,9%, 83,9% e 84,8%, para as espessuras de 50, 100 e 150 mm, respectivamente. Isso indica que, para este caso, a fibra de coco é uma alternativa à lã de rocha.

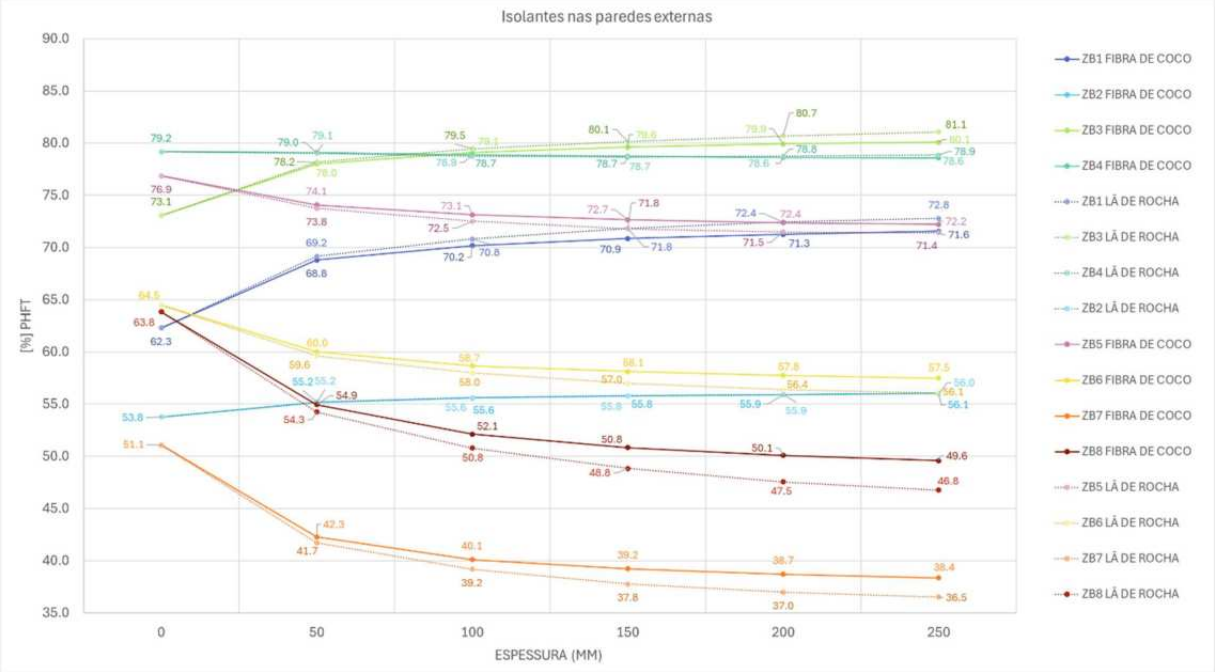
Figura 2: Gráfico de resultados do estudo comparando o PHFT (%) dos isolantes da cobertura nas oito zonas bioclimáticas.



Fonte: Elaboração Própria (2025)

Em contrapartida, como pode-se observar nas curvas decrescentes do gráfico (Figura 2), a instalação de isolamento na cobertura prejudicou o desempenho das unidades simuladas nas zonas bioclimáticas 6, 7 e 8, devido às maiores médias de temperatura características dessas regiões. Mais especificamente, o cenário de 250mm de lã de rocha na zona 7 foi o que obteve o pior desempenho, alcançando apenas 43,5% de horas dentro da faixa operativa.

Figura 3: Gráfico de resultados do estudo comparando o PHFT (%) dos isolantes nas paredes externas nas oito zonas bioclimáticas



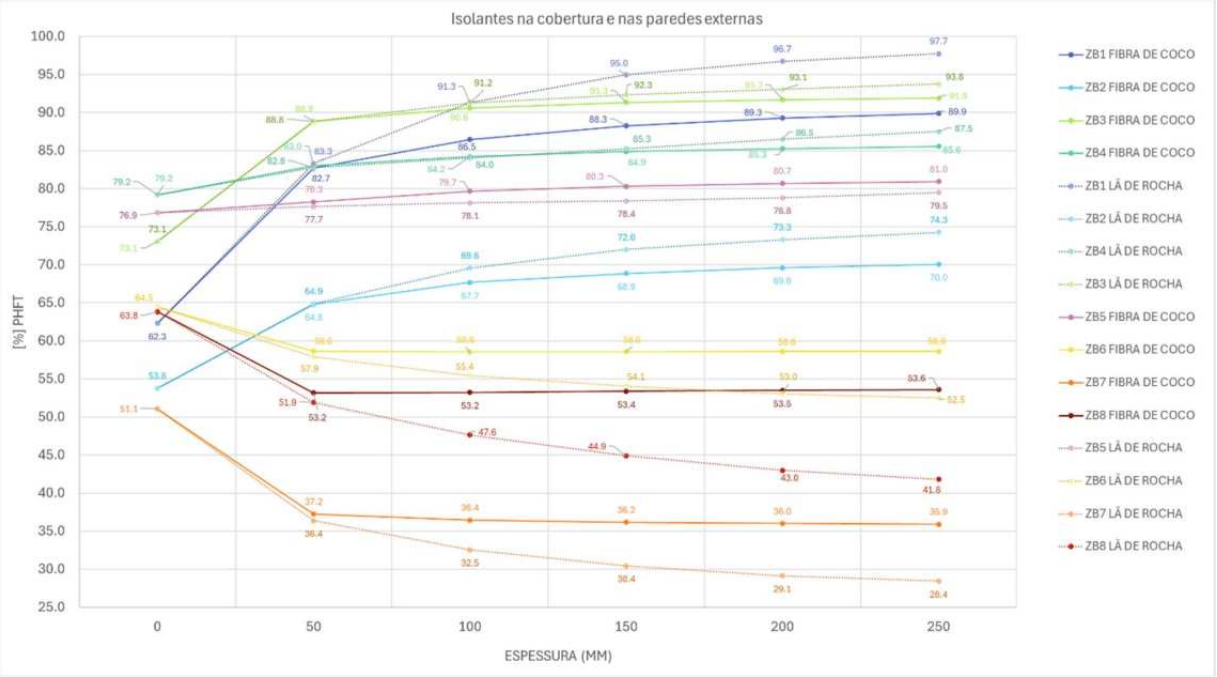
Fonte: Elaboração Própria (2025)

O gráfico da Figura 3 indica que o isolamento térmico nas paredes externas reduziu o desempenho das unidades a partir da ZB4, provavelmente devido as vedações verticais estarem isoladas enquanto a cobertura não, retendo o calor recebido pelo telhado sem isolamento. No entanto, para as zonas mais quentes (ZB6, ZB7 e ZB8), o desempenho da fibra de coco apresentou

melhores resultados do que o da lã de rocha, apesar da edificação geral perder performance com a aplicação de qualquer isolamento nesses casos.

Por outro lado, o melhor PHFT foi registrado na ZB3 com 250 mm de lã de rocha (81,1%), seguido da fibra de coco (80,1%), com apenas 1% de diferença entre os materiais. Quando comparados com 100mm, uma espessura mais comercialmente difundida, essa diferença se torna ainda menor (apenas 0,4%), a lã de rocha com 79,5% e a fibra de coco com 79,1%.

Figura 4: Gráfico de resultados do estudo comparando o PHFT (%) dos isolantes na cobertura e nas paredes externas nas oito zonas bioclimáticas.



Fonte: Elaboração Própria (2025)

No cenário com isolamento na cobertura e nas paredes externas (Figura 4), o melhor desempenho ocorreu na ZB1 com 250 mm de lã de rocha, refletindo a necessidade de conservar calor em regiões mais frias, pois, como o frio é a causa da maior parte do tempo em que as unidades estão fora da faixa de temperatura operativa, ao aumentar seu isolamento conserva-se

uma maior quantidade de calor no seu interior. Essa estratégia beneficiou a maioria das zonas bioclimáticas, exceto nas ZB6, ZB7 e ZB8, onde a retenção de calor prejudicou o conforto térmico.

Ademais, nesse cenário, a diferença de desempenho entre os materiais usados no isolamento foi mais expressiva em comparação aos casos anteriores, com a zona bioclimática 1 alcançando 7,8% de diferença entre a lã de rocha e a fibra de coco. Mesmo assim, vale ressaltar que com 50mm de espessura, ambos os isolantes apresentam uma melhora significativa em relação ao cenário sem isolamento, saindo de 62,3% para a casa dos 80%.

Conclusão

As simulações computacionais confirmaram que o uso de isolantes térmicos impacta significativamente no desempenho térmico das habitações, complementando o estudo de Ghellere (2020). A eficácia do isolamento varia conforme a zona bioclimática e a estratégia adotada (nas paredes, na cobertura ou em ambos).

Em resumo, a comparação entre lã de rocha e fibra de coco mostrou desempenhos semelhantes na maioria dos cenários, revelando o potencial da fibra de coco como uma alternativa sustentável. Tal semelhança foi mais evidente nos cenários de aplicação dos isolantes apenas na cobertura e apenas nas paredes para a maioria das zonas frias e amenas. Para zonas quentes, o desempenho da fibra de coco apresentou melhores resultados do que a lã de rocha, apesar da edificação geral perder performance com a aplicação de qualquer isolamento nesses casos. Em contrapartida, no cenário de aplicação do isolante em coberturas e paredes, a lã de rocha se destaca como mais eficiente em zonas frias.

Destaca-se que apesar do presente estudo não ter considerado a viabilidade econômica das espessuras dos isolantes, notou-se que aquelas entre 50mm e 100mm (que são mais utilizadas comercialmente) causaram um maior impacto no desempenho da edificação em relação ao modelo sem isolamento.

Assim, o estudo reforça que a escolha ideal de material, espessura e aplicação do isolamento deve considerar as particularidades climáticas de cada zona bioclimática, visando soluções mais eficientes que melhorem o desempenho e conforto térmico nas habitações.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 15575. 2021. **ABNT-NBR 15575 - Edificações habitacionais Desempenho** - Parte 1: Requisitos gerais. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Acesso em 13 jan. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 15220. 2003. **ABNT-NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações** – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Estratégias de Condicionamento Térmico Passivo para Habitações de Interesse Social. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Acesso em 13 jan. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR ISSO 10456. 2022. **ABNT NBR ISO 10456 - Materiais e produtos de construção - Propriedades higrotérmicas - Valores e procedimentos de projeto tabulados para determinar valores térmicos declarados e de projeto.** Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Acesso em 30 abr. 2025.

CRAWLEY, Drury B.; LAWRIE, Linda K.; WINKELMANN, Frederick C.; BUHL, W.F.; HUANG, Y.Joe; PEDERSEN, Curtis O.; STRAND, Richard K.; LIESEN, Richard J.; FISHER, Daniel E.; WITTE, Michael J.. EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program. **Energy And Buildings**, [S.L.], v. 33, n. 4, p. 319-331, abr. 2001. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/s0378-7788(00)00114-6.

GHELLERE, Frederico Beloti. Painel de vedação vertical pré-fabricado em madeira. 2020. 172 f. Dissertação (Mestrado) - **Curso de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.** Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-04022021-155602/publico/DissCorrigidaFredericoGhellere.pdf. Acesso em: 10 jan. 2025.

HENSEN, Jan; AUGENBROE, Godfried. Performance simulation for better building design. **Energy And Buildings,** [S.L.], v. 36, n. 8, p. 735-736, ago. 2004. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.06.004.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Arquivos climáticos INMET 2016**, Florianópolis, janeiro de 2016. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016. Acesso em 22 abr. 2025.

MORAGA, Gustavo Longaray. Avaliação do Ciclo de Vida e simulação termoenergética em unidade habitacional unifamiliar do Programa Minha Casa Minha Vida. **Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil)** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

OLIVEIRA, Carlos; BRAGANÇA, Luís ; ALMEIDA, Manuela. Materiais de isolamento térmico de edifícios. Para além da energia operacional. [s.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/39456/1/2189-Euro-ELECS_2015-Materiais%20de%20isolamento%20t%C3%A9rmico.pdf>. Acesso em: 30 de abr. 2025.

PANIZ, Oscar Giordani. Análise do desempenho térmico de compósitos de cimento branco estrutural aditivados com fibras vegetais**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de materiais)** – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2014.

SANTOS, Isabella Sabrina Fernandes dos; INO, Akemi. Estudo sobre emprego de isolantes termoacústicos ecológicos em painéis pré-fabricados de madeira na arquitetura e na construção civil. **Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina**, 2023.

SECRETARIA NACIONAL DE HABITAÇÃO DO MINISTÉRIO DAS CIDADES. **FAD Nº 069: Sistema de vedação vertical interna e externa (SVVIE) em light *wood frame*, estruturado em peças de madeira maciça serrada com fechamento em chapas, com função estrutural**. Brasília. 2024. Disponível em: <https://pbqp-h.mdr.gov.br/biblioteca/fad-no-069>. Acesso em 7 jan. 2025.

SECRETARIA NACIONAL DE HABITAÇÃO DO MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Protocolo SINAT Protocolo de avaliação de desempenho térmico de sistemas construtivos para habitações por simulações computacionais**. Brasília. 2021. Disponível em: < https://pbqp-h.mdr.gov.br/biblioteca/protocolo-sinat/>. Acesso em 7 jan. 2025.

SOARES, Alessandra Cardoso Maia. Construções de Residências Sustentáveis em *202* no Brasil: Vantagens e Desvantagens do Método Construtivo. **Rebena-Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, v. 6, p. 373-390, 2023. Acesso em 13 jan. 2025.