



ESTUDO COMPARATIVO DE COBERTURAS EM PROL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

COMPARATIVE STUDY OF ROOFS FOR ENERGY EFFICIENCY

Thaylla Martírios SANTOS

Universidade Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: thaylla.santos85@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0008-2912-8610>

Pedro Henrick Venâncio de SOUZA

Universidade Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: pedrohenrick08@hotmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-8814-6474>

Mariana Matos ARANTES

Universidade Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: mariana.arantes@unitpac.edu.br

ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-4559-2503>

RESUMO

Com o propósito de melhorar a eficiência energética das edificações devido ao crescente consumo de energia elétrica, as análises comparativas como um meio eficaz de comprovação estão se tornando cada vez mais frequentes. Além disso, há um grande aumento no investimento em busca de tecnologias que aumentam o desempenho energético desses materiais sem que haja mudanças na sua composição originária. Os telhados são o principal meio de absorção energética, por isso devem ser compostos por materiais com uma baixa condutividade térmica. Para o desenvolvimento deste trabalho foram escolhidos 4 dos principais tipos de telhas mais utilizados na cidade de Araguaína-TO, para que fossem verificadas suas características e posteriormente passaram por uma análise experimental em um protótipo de acondicionamento que foi posicionado a céu aberto com a ajuda de dois termômetros digitais, sendo um na parte inferior e outro no exterior para coletar os dados de temperatura. Os resultados obtidos foram comparados entre si e foi possível identificar qual possui a melhor eficiência energética, ocasionando melhoria térmica nas edificações.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Telhado. Temperatura.

ABSTRACT

With the aim of improving the energy efficiency of buildings due to the growing consumption of electricity, comparative analyses as an effective means of proof are becoming increasingly frequent. In addition, there is a large increase in investment in the search for technologies that increase the energy performance of these materials without changing their original composition. Roofs are the main means of energy absorption, which is why they must be composed of materials with low thermal conductivity. In order to carry out this work, four of the main types of roof tiles most commonly used in the city of Araguaína-TO were chosen, so that their characteristics could be verified and they were then subjected to experimental analysis in a prototype packaging system that was positioned in the open air with the help of two digital thermometers, one at the bottom and the other outside to collect the temperature data. The results obtained were compared with each other and it was possible to identify which has the best energy efficiency, leading to thermal improvements in the buildings.

Keywords: Energy efficiency. Roof. Temperature.

INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores que mais consome energia, desde a produção e transporte dos materiais, passando pelo processo de construção no canteiro de obras, até a energia utilizada pelas atividades desenvolvidas na edificação e pelos equipamentos de condicionamento térmico. De acordo com Michel (2018), no Brasil os setores comercial, público e residencial consomem 46,7% do total da energia elétrica produzida.

O crescente consumo de energia elétrica não era visto como um problema até o dia 17 de outubro de 1973, dia em que o primeiro choque do petróleo ocorreu. O choque de 1973 se caracterizou pelo rápido aumento no preço do petróleo como uma das consequências da Guerra do Yom Kippur e tendo o petróleo como uma das principais fontes de energia, começou-se a desenvolver uma preocupação mundial com a eficiência energética (Romero e Reis, 2012).

Para contornar a situação começou-se a estudar algumas vertentes, tais como: mudança das fontes de energia e o desenvolvimento de sistemas e materiais que

reduzissem, direta e indiretamente, o consumo de energia elétrica. Sobre este último, o desenvolvimento de materiais para a construção de edifícios, fez grandes conquistas como vidro de baixa emissividade para esquadrias, tintas reflexivas em revestimentos e diferentes tipos de telhados: verdes, reflexivos e com isolamento térmico avançado.

Com o desenvolvimento de variados materiais de cobertura, é crucial realizar a avaliação para analisar quais são mais eficientes energeticamente, considerando o clima e a incidência solar da região. O uso de sistemas de refrigeração e aquecimento em residências e edifícios resulta em alto consumo de energia, especialmente em regiões onde há temperaturas mais elevadas. Devido a esses fatores, é de suma importância a comparação entre esses diferentes tipos de materiais de cobertura quanto a reflexão solar, isolamento térmico e custo-benefício, pois pode promover economia de energia e reduzir a dependência de sistemas de climatização, além de incentivar novas pesquisas na área.

REFERENCIAL TEÓRICO

Ao longo do tempo, com o desenvolvimento de tecnologias que deixam o cotidiano das pessoas mais confortáveis, houve um aumento exponencial do consumo de energia elétrica. Dentre esses usos, aparelhos que regulam a temperatura dentro dos ambientes têm se tornado cada vez mais comuns e sendo vitais para a manutenção da vida em algumas regiões do mundo já que tal qual Cengel e Ghajar (2009) afirma, o calor é uma forma de energia transferível de um sistema a outro decorrente da diferença de temperatura, assim, nesses locais, ou as pessoas perdem demasiadamente calor, ou elas o recebem em quantidades não suportáveis.

Clima Brasileiro

Parte do Brasil reside na faixa equatorial, dessa forma, a distribuição climática se faz como explicitado na figura 1.



Figura 1. Distribuição geral dos climas brasileiros.
Fonte: Torres e Machado, 2012.

Torres e Machado (2012) explicam que se predomina os climas Equatorial e subequatorial ao norte do país no qual caracteriza-se por ser quente, úmido e sem a presença de estação fria. Ao centro temos o clima tropical em que se tem uma divisão mais acentuada entre verão e inverno, e ao sul temos o clima subtropical de grande amplitude térmica, ou seja, verões quentes e invernos muito frios.

Ao norte do país, mas situado na faixa tropical, as temperaturas registradas pelo INMET na cidade de Araguaína situado ao norte do estado do Tocantins no ano de 2023 e que podem ser vistas na figura 2, tiveram a maior variação entre suas temperaturas médias máximas (em vermelho) e mínimas (em azul) ocorrendo no mês de outubro com

9,7 °C, contudo a menor temperatura média registrada no mês de março não ficou abaixo de 23,6 °C e maior registrada no mês de outubro com 38,1 °C.

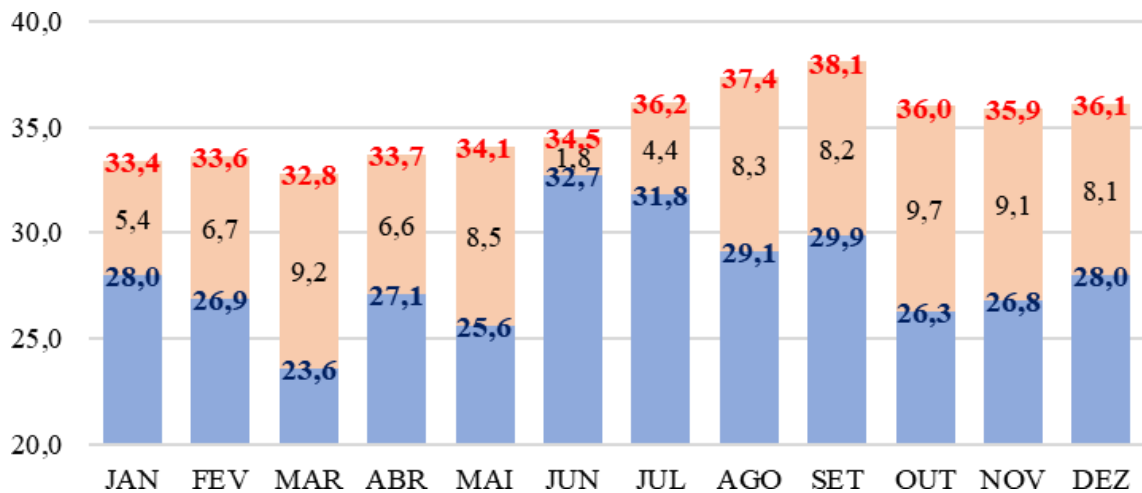


Figura 2. Temperaturas máximas e mínimas em celsius mensais em Araguaína-TO em 2023.
Fonte: INMET, 2023. Adaptado pelos Autores, 2024.

É possível perceber ainda que em média, a temperatura ultrapassou a faixa dos 30 °C em todos os meses de 2023, no primeiro semestre ficou entre 30 e 35 °C e no segundo entre 35 e 40 °C, nesses casos, se faz necessário para a comodidade dos usuários, que os ambientes fechados sejam providos de sistemas de controle de temperatura.

Eficiência Energética

Dentre os principais indutores pela busca da eficiência energética, podemos citar o aumento da demanda e conseqüentemente o aumento dos custos, dado os investimentos necessários para supri-los. Esse aumento acaba sendo repassado para o consumidor final de uma forma ou de outra, seja no aumento da tarifa de energia elétrica, seja no produto comprado nas prateleiras dos comércios em geral. Moreira (2021) ainda aponta que os incentivos dados pelos processos de certificações sustentáveis das edificações como LEED, AQUA e Procel-Edifica é outro fator a corroborar com o crescimento. Barros, Borelli e Gedra (2015) também acrescentam que as políticas públicas ajudam na manutenção desses instigadores, já que com o desenvolvimento de planos, programas e leis, acabam dando suporte a aqueles que resolvem adotar medidas que estejam de acordo com a utilização racional de energia.

Contudo, é conhecido as obstruções para o desenvolvimento de mais dessas tecnologias e sua ampla aplicação: Incertezas, incompreensão das vantagens, falta de recursos, indiferença pelo consumidor final e custos (Roméro e Reis, 2012).

Tecnologias para Melhorar a Eficiência Energética em Telhados

Durante os anos, houve o desenvolvimento de tecnologias e o aprimoramento de materiais que em conjunto garantiram a criação de coberturas com um melhor desempenho térmico que os anteriormente utilizados. Dessa forma, reduzindo o consumo de energia elétrica e aumentando o conforto térmico nas residências.

Atualmente já existem diversas dessas tecnologias disponíveis no mercado e sendo aplicadas nas construções, Galindo (2015) cita as tintas reflexivas associadas ao formato das telhas como um modo de reflexão da energia, que de outra forma acabaria por ser absorvida pela edificação, porém o rápido desgaste, o escurecimento por sujeira, algas, fungos e cianobactérias, acabam tendo que ser levados em consideração ao usar esse método.

Outra solução apontada por ela são os isolantes térmicos que apesar do risco de acidentes com incêndios, são uma alternativa viável no isolamento de dois sistemas, no caso, o exterior com o interior.

Há ainda os telhados verdes, que além de diminuir a temperatura das edificações, ajudam a dissipar parte dos bolsões de calor que se formam nas cidades e a reter e direcionar as águas pluviais. Contudo, a sua implementação é onerosa e a constante manutenção da estrutura da cobertura e da edificação é desgastante para os usuários.

Além desses métodos, existem alguns outros que utilizam a água como um meio de refrigeração, porém pouco utilizado dado ao grande desperdício do recurso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Considerando a enorme gama de materiais para cobertura disponíveis no mercado atualmente, é de suma importância realizar pesquisas e procurar identificar suas características para saber qual tipo é o mais recomendado para a necessidade do consumidor. Dessa forma, foram realizados testes em alguns tipos de coberturas mais utilizadas para avaliação do desempenho térmico e dessa forma realizar um comparativo entre elas.

Para que não houvesse discrepância entre os resultados, influenciados pelo ambiente em que serão analisados, os testes foram realizados em um mesmo protótipo que esteve localizado próximo a Universidade Presidente Antônio Carlos (latitude: 7°12'33"S, longitude: 48°14'13"W), na cidade de Araguaína-TO, em dias sequenciais, fazendo assim com que a variação de temperatura não influencie tanto nos resultados coletados.

Execução da Estrutura

Construiu-se um único protótipo que foi projetado no software Autodesk Revit 2023 e utilizado para o suporte das coberturas. Para a estrutura deste protótipo, foram utilizadas ripas de madeira e o mesmo foi constituído das dimensões de 1,10 m de comprimento por 0,60 m de largura, visíveis nas figuras 3 e 4. A vedação das laterais foi feita com placas de isopor de 25 mm devido sua baixa condutividade térmica, fazendo assim com que não influencie nos resultados obtidos e a união das estruturas de madeira serão realizadas com pregos e parafusos Philips de rosca soberba. Em uma das laterais, houve a abertura de um visor mínimo para averiguação do termômetro interno, essa abertura foi isolada com acetato.

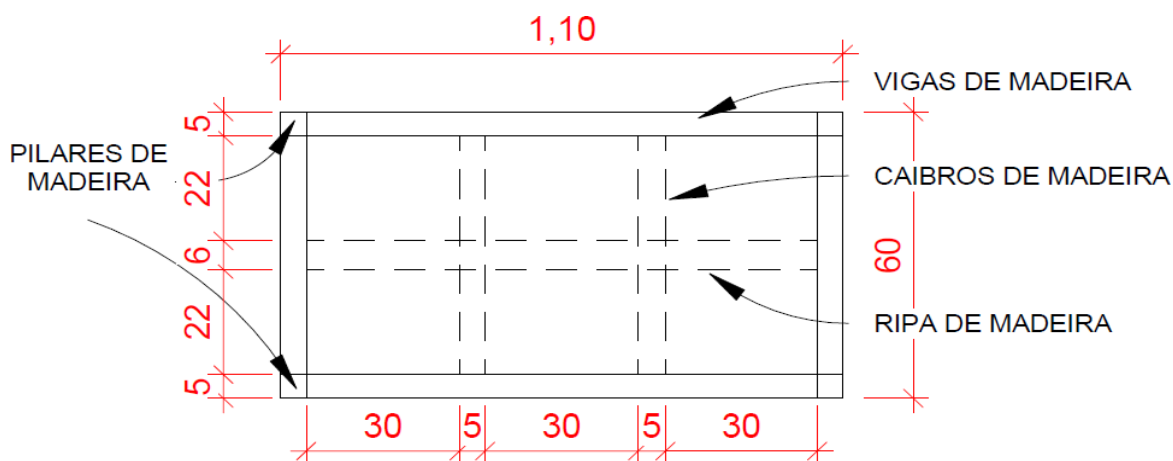


Figura 3. Planta Baixa do protótipo.

Fonte: Autores, 2024

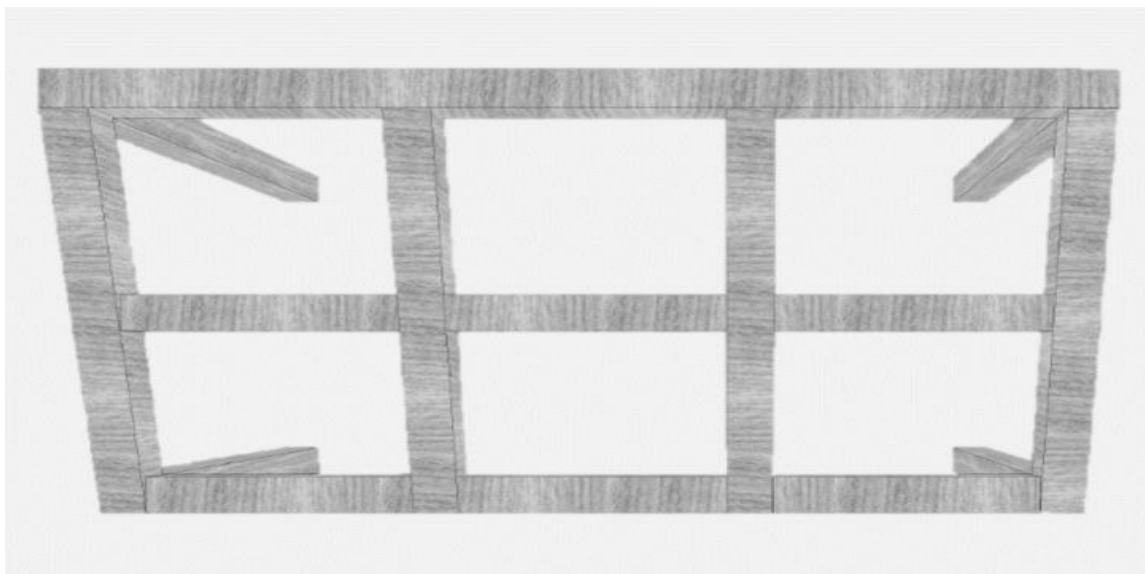


Figura 4. Vista Superior do protótipo

Fonte: Autores, 2024.

Materiais Utilizados

O objetivo deste estudo verificou quais materiais possuem o melhor desempenho térmico para a cobertura de edificações fazendo assim com que a construção civil melhore nas suas características de eficiência energética. A quantidade de energia transferida através da cobertura para os ambientes internos depende de diversos fatores, sendo o principal deles as características do material que compõem o sistema de cobertura.

Dito isto, foram analisados diferentes tipos de telhas empregados na construção civil, a fim de comparar suas características e utilizá-las nos experimentos para constatar na prática a diferença na condutividade térmica para os ambientes internos das edificações.

Dentre os diversos tipos de telhas, apenas três tipos foram testados:

- ❖ Telha Cerâmica - Telha feita inteiramente de argila, estilo Americano e produzida na cidade de Estrela do Norte - GO;
- ❖ Telha Fibrocimento - Telha da marca Brasilit ondulada de 50 x 120 cm e espessura de 4 mm; e
- ❖ Telha Termoacústica - Isotelha trapezoidal de 100x100 cm e espessura isolante de 30 mm de poliisocianurato.

Os termômetros utilizados para averiguação das temperaturas internas e externas à estrutura foram do modelo BM-HTC2 da marca B-MAX®, com faixa de medição entre -50°C a +70°C, precisão de ± 1 °C e resolução de 0,1 °C, presente na figura 5.



Figura 5. Termômetro BM-HTC2.
Fonte: Banco de Imagens, 2024.

Métodos de avaliação do desempenho térmico



Figura 6. Ensaio com telha isotérmica.
Fonte: Autores, 2024.

Para a avaliação do desempenho térmico dos telhados citados anteriormente, foi utilizado o método experimental em que consistia em averiguar a temperatura dos dois termômetros, um interno e outro externo, de forma horária e durante um período de 24 horas cada. As coberturas ficavam dispostas sobre a estrutura e todo o sistema não sofria de influência de outras construções ou vegetação. Os ensaios ocorreram em três dias simultâneos e dos quais não houve a presença de precipitação, visto nas figuras de 6 a 8.



Figura 7. Ensaio com telha cerâmica.
Fonte: Autores, 2024.



Figura 8. Ensaio com telha de fibrocimento.
Fonte: Autores, 2024.

Houve também a comparação da reflexão solar entre os tipos de cobertura ensaiados, no qual consistiu em dispor das coberturas em uma superfície plana e avaliar de forma visual a reflexão apresentada (figura 9).



Figura 9. Comparação de reflexão
Fonte: Autores, 2024.

Os ensaios ocorreram entre os dias 09 e 11 de julho de 2024, com as telhas isotérmica, fibrocimento e cerâmica, respectivamente. Os resultados estão expressos nas figuras de 10 a 12.

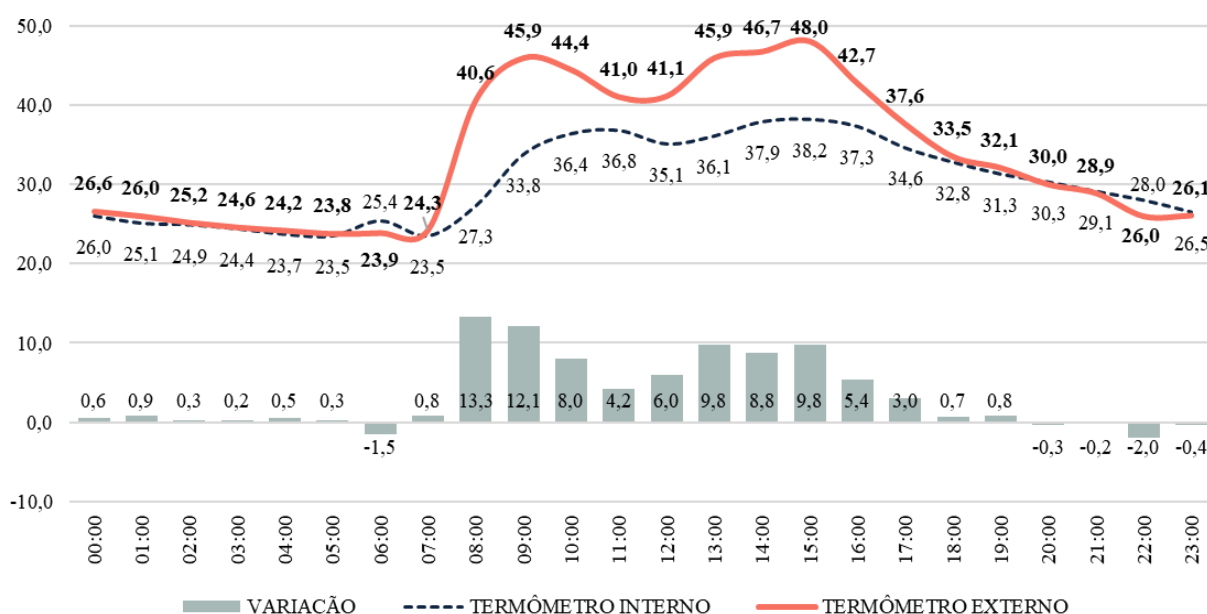


Figura 10. Temperatura horária da cobertura isotérmica.
Fonte: Autores, 2024.

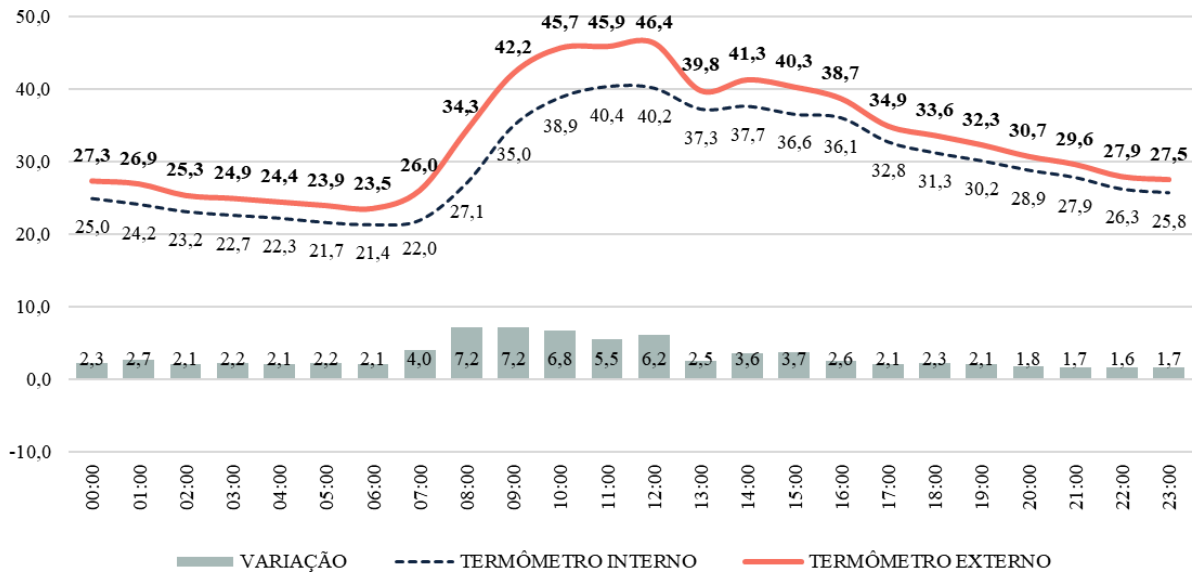


Figura 11. Temperatura horária da cobertura fibrocimento
Fonte: Autores, 2024.

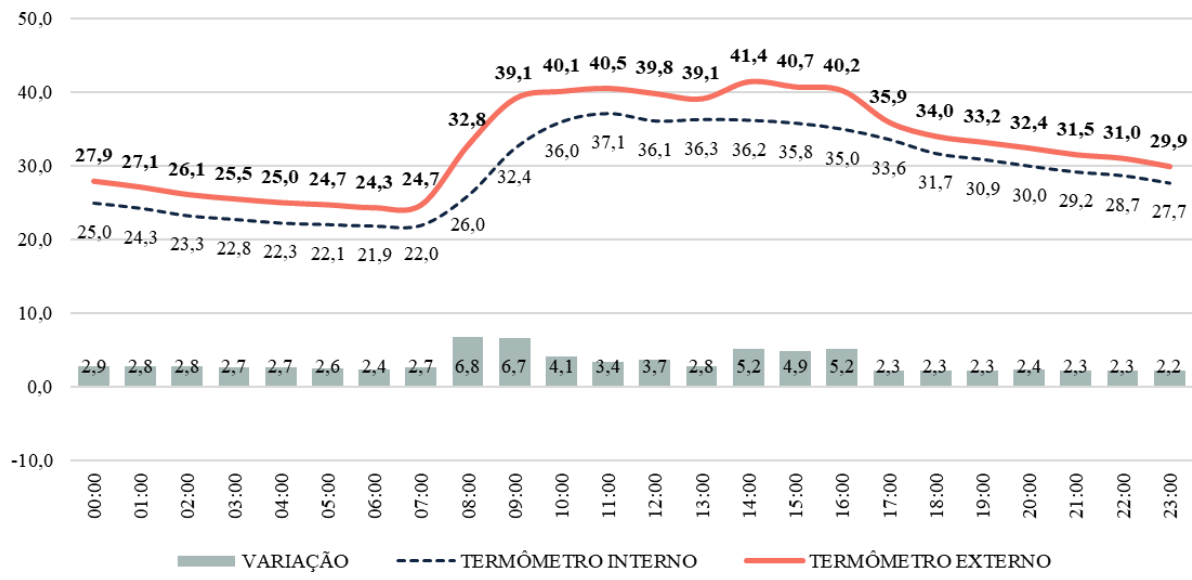


Figura 12. Temperatura horária da cobertura cerâmica.
Fonte: Autores, 2024.

Através dos resultados disposto nos gráficos, o telhado isotérmico iguala as temperaturas quando amenas, o que foi que aconteceu entre 18:00 e 07:00 e reflete bem os raios solares, e conseqüentemente, o calor, já que a temperatura externa acima do telhado chegou a quase 50 °C e as temperaturas internas manteve uma certa constância, um comportamento que resultante dos materiais empregado na confecção desse tipo de

cobertura, que possui as camadas externa em zinco e o interior de poliisocianurato, um isolante.

Já a cobertura de fibrocimento, teve a sua variação de temperatura maior no início da manhã e foi diminuindo ao longo do dia quando as temperaturas externas aumentaram. Sua variação foi medianamente constante, porém sua temperatura interna chegou a 40 °C, em outras palavras, esse tipo de cobertura é ruim em dissipar calor.

As telhas cerâmicas mantiveram uma variação térmica quase constante entre 17:00 e 07:00 e as temperaturas internas no restante do dia ficaram relativamente constantes, ou seja, houve uma certa dissipação de energia térmica. A temperatura acima do telhado variou bem menos em relação a temperatura média registrada pelo INMET em 2023 vista na figura 2, sendo verificado que o material utilizado é mais inerte que os demais.

Quando comparados visualmente e ao mesmo momento, é perceptível que a cobertura isotérmica é a mais reflexiva dentre as coberturas averiguadas.

CONCLUSÕES

Cada tipo de cobertura possui características bem específicas e suas chamadas desvantagens podem ser contornadas com a aplicação ou desenvolvimento de sistemas, bem como suas vantagens podem ser anuladas ou se transformar em uma desvantagem caso o uso seja incorreto ou inadequado à necessidade.

Como desvantagem, as telhas isotérmicas necessitam de um resfriamento ou calefação de forma forçada. Contudo, as temperaturas internas se mantêm quase constantes ao longo do dia, ou seja, necessitando menos esforços dos equipamentos e menos uso de energia.

Já as coberturas cerâmicas são pesadas e constituídas de peças relativamente pequenas, precisando de uma estrutura mais rebuscada. Essas telhas tendem a ser porosas e acumular água em dias mais úmidos, aumentando seu peso. Contudo, essa carga extra de água pode ser resolvida com a impermeabilização da telha.

Por último, pode-se citar que a desvantagem da telha de fibrocimento se encontra na ineficaz permeabilidade do ar aquecido. Dessa forma, com um sistema de ventilação adequado ao projeto, esse tipo de telha se torna uma ótima opção.

A vista disso, é necessário que a construção civil continue inovando a fim de que o catálogo de opções de materiais e métodos adequados para as mais diversas situações se expanda.

REFERÊNCIAS

BARROS, B. F.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. **Eficiência Energética** - Técnicas de Aproveitamento, Gestão de Recursos e Fundamentos. São Paulo: SRV Editora LTDA, 2015. E-book. ISBN 9788536518404.

CENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática**. Porto Alegre: AMGH, 2009. E-book. ISBN 9788580551280.

GALINDO, A. **Eficiência energética de telhados no Brasil**. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 135. 2015.

INMET. **Dados Históricos Anuais**, 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 15 de jun. 2024.

MICHELS, C. **Avaliação experimental do desempenho térmico de coberturas**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, pp. 240. 2018.

MOREIRA, J. R. S. **Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021. E-book. ISBN 9788521636816.

ROMÉRO, M. A.; REIS, L. B. **Eficiência Energética em Edifícios**. Barueri: Editora Manole, 2012. E-book. ISBN 9788520444580.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à Climatologia**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2012. E-book. ISBN 9788522112609.