

ISOLAMENTO TÉRMICO DE FACHADAS COM UTILIZAÇÃO DE ELEMENTO VEGETAL

DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020686-703>

Rodrigo Spinelli¹

Luã Carneiro²

Pedro Henrique Dallagnol Pasquali³

Alana Francischett Pitol⁴

Faustino Patiño-Cambeiro⁵

Odorico Konrad⁶



RESUMO

O consumo de energia elétrica tem demonstrado significativo aumento. A utilização de isolamento térmico se tornou uma das alternativas aplicadas na construção civil, com o objetivo de diminuir a necessidade de equipamentos de climatização. Surge então, a necessidade do desenvolvimento de materiais para a construção civil ecologicamente corretos, visando a sustentabilidade e o conforto dos usuários. O desenvolvimento de materiais naturais, sendo alternativos e renováveis, tem sido um dos pontos de estudo e pesquisa aplicada ao desempenho térmico de edificações. O estudo tem como objetivo desenvolver um painel de isolamento térmico para aplicação em fachadas, utilizando a casca de pinheiro. A pesquisa se desenvolve a partir de metodologia exploratória, em que executadas placas de revestimento de fachada em argamassa, com interior em casca de pinheiro aplicadas em protótipo. Para analisar sua funcionalidade como isolante térmico, foram registrados dados de temperatura interna e externa, utilizando sensores do tipo DHT03, comparando os com dados coletados em protótipo idêntico, porém, sem aplicação de revestimento de fachada. Através do dimensionamento de carga térmica e análise do consumo de energia de forma comparativa entre os protótipos, a aplicação das placas de isolamento resultou na redução de, aproximadamente, 50% do consumo energético.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Isolamento térmico. Eficiência energética.

¹Arquiteto, mestre e doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD), rspinelli@univates.br.

²Engenheiro Civil, carneiro.l@hotmail.com.

³Acadêmico de Arquitetura e Urbanismo, pedro.pasquali@universo.univates.br.

⁴Engenheira Civil, mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD), alana.pitol@universo.univates.br.

⁵Doutor, Professor pela Universidade de Vigo, faustinopc@gmail.com, Universidade de Vigo (Espanha)

⁶Doutor, Professor do PPGAD, okonrad@univates.br. Universidade do Vale do Taquari – Univates.

THERMAL INSULATION OF FACADES WITH VEGETABLE ELEMENT.

ABSTRACT

Electricity consumption has shown significant increase. The use of thermal insulation has become one of the alternatives applied in civil construction, aiming to reduce the need for air conditioning equipment. Then comes the need to develop environmentally friendly materials for construction, aiming at sustainability and user comfort. The development of natural materials, being alternative and renewable, has been one of the points of study and research applied to the thermal performance of buildings. The study aims to develop a thermal insulation panel for application in facades, using pine bark. The research is developed from an exploratory methodology, in which mortar façade cladding boards are made, with pine bark interior applied in a prototype. To analyze its functionality as a thermal insulator, internal and external temperature data were recorded using DHT03 sensors, comparing them with data collected in an identical prototype, but without the application of facade cladding. Through thermal load sizing and comparative analysis of energy consumption between prototypes, the application of insulation plates resulted in a reduction of approximately 50% of energy consumption.

Key words: Sustainability. Thermal Insulation. Energy Efficiency.



1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das maiores geradoras de impactos ao meio ambiente, seus serviços na área de construção, operação, reforma e demolição de edifícios, ocasionam a destruição ambiental por meio de seu alto consumo de recursos naturais e da grande quantidade de resíduos gerados, e esses fatos levaram a engenharia civil a estudar construções sustentáveis, desenvolvendo conceitos e serviços ambientalmente corretos (VILHENA, 2007). A construção sustentável tem como um dos seus principais objetivos, planejar e construir uma edificação que não seja prejudicial ao meio ambiente, além de ter como finalidade o conforto e a qualidade de vida dos habitantes (GANHÃO, 2011).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2017), o Brasil apresentou um aumento de 2,9% no consumo de energia elétrica, totalizando 40.371GWh no mês de março de 2017, dados que foram comparados ao mesmo mês do ano anterior.

Se tratando somente do consumo energético em residências, houve um aumento no mês de março de 2017 de 7,8% em relação a março de 2016 (EPE 2017),

com esse cenário preocupante, o uso de energia tem tido uma ênfase especial, a fim de promover estratégias para o consumo eficiente e ecológico de energia (SANTOS, 2010).

Para Carlo (2008), o consumo de energia está diretamente ligado ao uso de sistemas e equipamentos consumidores, tais como, o ar-condicionado e aparelhos de iluminação artificial, e uma das formas de minimizar a necessidade de utilização desses sistemas e equipamentos e assim, para diminuir o consumo de energia se faz necessária a análise de tipo e qualidade dos materiais utilizados na envoltória dos edifícios, suas características e propriedades térmicas. Carlo (2008) diz que:

Dentre os conceitos que compõem uma edificação sustentável, destaca-se a racionalização do uso da energia através da eficiência energética. A eficiência energética é adotada em projetos de edificações a fim de racionalizar o consumo evitando desperdícios sem comprometer os serviços necessário à saúde, segurança, conforto e produtividade do usuário de uma edificação (CARLO, 2008, p. 2-3).

De acordo com Correia (2017), a utilização de materiais para isolamento térmico aplicados no exterior de fachadas, é uma ótima solução construtiva, que pode ser utilizada com a finalidade de melhorar a eficiência energética dos edifícios e assim minimizar o consumo de energia. Segundo Ganhão (2011), nas fachadas de edifícios, o isolamento térmico pode ser aplicado pelo exterior, pelo interior ou ainda na caixa de ar aplicado entre paredes duplas, mas preferencialmente sua aplicação deve ser feita pelo exterior da edificação de forma contínua, devido a um maior número de benefícios.

O método de aplicação do isolamento térmico pelo exterior, é considerado uma solução versátil, de fácil aplicação e eficiente, que tem o acabamento como uma de suas principais vantagens devido as inúmeras possibilidades de execução, que pode ser escolhido a gosto do cliente e/ou projetista. O sistema de isolamento térmico traz benefícios ao meio ambiente, ao edifício e ao próprio utilizador, além de várias razões consideradas importantes para a escolha do método de aplicação pelo exterior, como por exemplo o aumento do espaço útil coberto, pela não utilização de paredes duplas, e o aumento da vida útil do edifício e do menor custo de manutenção, devido a proteção ao envoltório da edificação (ROMÃO, 2015).

Os materiais de isolamentos térmicos utilizados no setor da construção civil, podem ser classificados de acordo com sua natureza, sendo sintética, mineral, animal

ou vegetal. Entre os inúmeros materiais que existem dentro dessa classificação, podem ser citados como uns dos mais convencionais, a lã de rocha, fibra de vidro, poliuretano, poliestireno expandido (EPS) e poliestireno extrudado (XPS), em que a maioria deles causam um grande impacto ao meio ambiente em seu processo de produção (SILVA, 2013).

Para Asdrubali et al. (2015), os materiais que geralmente são usados no isolamento de edificações, são de origens petroquímicas, como o poliestireno, ou de origens naturais, mas que em seus processos de fabricação consomem grande quantidade de energia, como a lã de rocha e lã de vidro. A criação de materiais alternativos para isolamento térmico que sejam ecologicamente corretos é uma preocupação constante, surgindo assim a ideia de utilizar materiais naturais, que sejam renováveis e que se encontrem com maior facilidade e abundância no meio ambiente (MARCOS, 2016).

1.1 Utilização de materiais naturais como isolamento térmico

A sustentabilidade é de grande importância na construção civil e deve ser considerado em todas as fases da construção, inclusive na escolha do material usado para isolamento térmico. Devido a esses materiais utilizados serem frequentemente de origem sintética, a análise e estudo de novos materiais com origem natural, é de extrema importância (MARCOS, 2016). O conceito de sustentabilidade reintegrado nos sistemas de construção de projetos, é o motivo dos estudos e pesquisas remetidas a procura de novos materiais de origem natural ou reciclados para utilização como isolantes térmicos e acústicos (ASDRUBALI et al., 2015).

Segundo estudos realizados por Marcos (2016), a microestrutura do granulado da casca de pinheiro, realizada através de imagens, que foram ampliadas para as escalas respectivamente de 500 μ m e de 100 μ m, apresentam uma estrutura perfeita e muito semelhante a do XPS. No estudo, a evolução da temperatura e o fluxo de calor do granulado da casca de pinheiro, através de estudos e ensaios, onde conseguiu determinar uma condutividade térmica do material com um valor de $\lambda=0.069$ W/m.k. Também em estudo para caracterização da Casca de Pinus, Spinelli et al. (2019) identifica a potencialidade de utilização do material para isolamento térmico, e determina a condutividade térmica de $\lambda=0.061$ W/m.k. Estes índices de condutividade

térmica corroboram com o estudo de Asdrubali et al. (2015), em que indica que para um material ser considerado como isolante térmico, deve possuir a condutividade térmica inferior a $\lambda < 0,07 \text{ W/m.k}$.

Considerada como um subproduto pelas indústrias madeireiras, a casca de pinheiro não tem um grande mercado como a madeira em si, assim sendo, ela é frequentemente enterrada ou queimada, classificada como sobra, um resíduo com pouquíssimo valor (RIBEIRO et al., 2001), se tornando assim de grande importância o estudo referente a este material, para assim agregar valor e uma melhor destinação para seu uso final.

1.2 Objetivo

Analisar o desempenho térmico das placas de revestimento executada com argamassa e casca de pinheiro aplicadas em fachadas, e comparar a outro protótipo sem isolamento térmico.

1.2.1 Objetivos específicos

- Desenvolver placas com concreto e casca de pinheiro para revestimento de fachada com finalidade de isolamento térmico;
- Aplicar as placas em um protótipo com intuito de avaliar as mudanças na temperatura do ambiente interior;
- Verificar a resistência térmica e transmitância térmica dos componentes;
- Analisar a carga térmica e consumo de energia; comparar os dados obtidos a outro protótipo com características iguais, porém sem isolamento.

2 MÉTODO

O presente estudo é classificado como uma pesquisa exploratória. De acordo com Gil (2006, p.41), “[...]têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado”.

2.1 Local de Estudo

Os protótipos que foram utilizados para o presente estudo estão localizados em frente ao LATEC, nas proximidades do Prédio 17, da Universidade do Vale do Taquari – Univates da Cidade de Lajeado-RS. (Figura 1). As coordenadas locais são: latitude 29°26'55" S; longitude 51°56'42" W; altitude de 44m.

Figura 1 – Localização dos Protótipos



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor (2019).

Foram executados com materiais de características similares das edificações construídas na região do Vale do Taquari, sendo as fachadas executadas com alvenaria de tijolos cerâmicos maciços com dimensões de 11 x 5,5 x 19 cm, assentados com argamassa convencional em juntas de 1,5cm de espessura, sem reboco e pintura, e as lajes foram executadas com vigotas e tabelas, com cobertura de telha cerâmica (Figura 2).

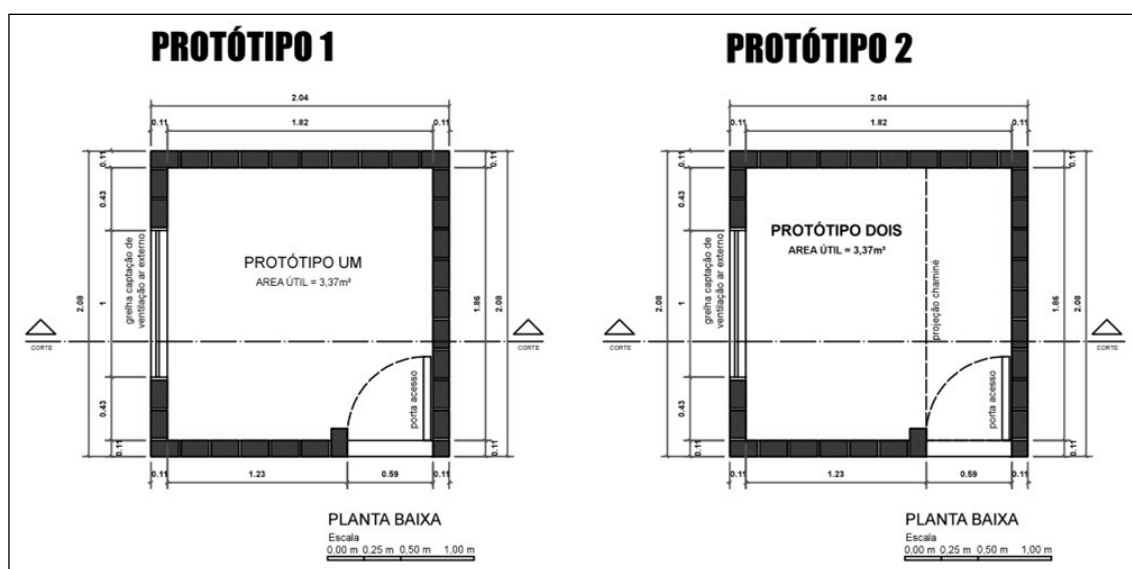
Figura 2 – Protótipos.



Fonte: Autores (2019)

As entradas de ar dos protótipos assim como a chaminé do protótipo 2, que é usada como um sistema de ventilação (Figura 3), foram fechadas para ter maior similaridade entre os protótipos em estudo.

Figura 3 – Planta baixa dos Protótipos.



Fonte: Autores (2019)

2.2 Revestimento de Fachadas

As placas executadas têm como função apenas de isolamento térmico, sem fins estruturais e resistindo assim apenas ao seu próprio peso. Para o sistema proposto de fachadas ventiladas, foram executadas 93 placas para fechamento da envoltória do protótipo, sendo, 74 placas com dimensões de 35 x 45 x 4 cm (base x altura x largura), 8 com dimensões de 22 x 45 x 4 cm, 4 com dimensões de 29 x 45 x 4 cm, 4 com dimensões de 17 x 45 x 4 cm e 3 com dimensões de 35 x 25 x 4, sendo executadas no estilo sanduíche, com as faces externas compostas por argamassa em espessura de 1cm cada e preenchida por uma camada de 2 cm de espessura da casca de pinheiro triturada no estado seco.

A casca de pinheiro coletada para o desenvolvimento do estudo são de boa qualidade e já se encontravam no estado seco. Inicialmente foram trituradas com o

auxílio de maquinário agrícola, empregado na moagem de pastagens e grãos. Após o processo de trituração, armazenou-se o material dentro de sacos plásticos, numa quantidade capaz de se obter uma espessura de 2 cm, elaborando assim o material que seria adicionado no interior das placas para o revestimento de fachada. Esse processo foi necessário para não ocorrer o contato das cascas com a argamassa evitando assim, que elas absorvessem umidade e gerassem alguma patologia nas placas.

Na moldagem das placas, inicialmente foi realizado o assentamento da primeira camada de argamassa na forma de madeira com o auxílio de uma colher de pedreiro e uma régua gabarito para atingir uma espessura de 1cm em todas as placas confeccionadas. Em seguida, se aplicou a casca de pinheiro ensacada sobre a camada de argamassa já disposta na forma, posicionada manualmente até ficar com uma espessura de 2cm e espaços livres ao redor da mesma, para assim ocorrer a aderência adequada das duas camadas de argamassa. Também foi realizado manualmente a retirada do excesso de ar dentro do saco, para uma melhor compactação da placa e evitando uma interferência nos resultados de cálculos de desempenho térmico. A última etapa da moldagem das placas foi o assentamento da segunda camada de argamassa, na espessura de 1cm, finalizando a execução das placas (figura 4). Após executadas ficaram em processo de cura durante o período de 48 horas, sendo desformadas e em seguida levadas para a câmara úmida, onde ficaram por mais 72 horas até serem afixadas nos protótipos.

Figura 4 – Execução das Placas de Revestimento para Fachadas.



Fonte: Autores (2019)

As placas foram fixadas com a utilização de peças metálicas de alumínio para evitar uma possível corrosão, perda de resistência e evitando manchas nas placas, sendo estes ancorados na estrutura do protótipo e engastados nas placas de revestimento. Conforme fosse respeitado o tempo de cura e câmara úmida, as placas eram posicionadas nas fachadas, com um afastamento da alvenaria do protótipo de 2,00 cm.

2.3 Coleta de Dados

Para a coleta da temperatura interna, utilizou-se sensores do tipo DHT03, distribuídos um em cada face interna das paredes do protótipo, um na laje e um centralizado no ambiente interno, conectados a um Arduino Mega e os dados coletados armazenados em um cartão de memória SD.

A coleta da temperatura externa, utilizou-se a estação meteorológica modelo Vantage PRO 2, marca DAVIS, localizada nas coordenadas: latitude 29°26'40.40"S; longitude 51°57'27.51"W; altitude de 85,00 m, que foi disponibilizada pelo Núcleo de Informações Hidro meteorológicas (NIH) da Univates, juntamente com dados de radiação solar, velocidade do vento, e outros dados climáticos.

3 RESULTADOS

Para análise do desempenho térmico dos protótipos, desenvolveu-se o cálculo de transmitância térmica com base na NBR 15220-2 (ABNT, 2005), tendo seus requisitos mínimos verificados de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013). As propriedades térmicas dos materiais foram apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades térmicas dos materiais.

MATERIAL	CONDUTIVIDADE TÉRMICA “λ” (W/m.K)	DENSIDADE APARENTE (Kg/m³)
Argamassa	1,15	1900
Tijolo cerâmico maciço	0,9	1600
Casca de pinheiro	0,069	329,9
Casca de Pinus	0,061	331

Fonte: Adaptado NBR 15220 (ABNT, 2005) e Marcos (2007).

Para determinação da transmitância térmica das paredes dos protótipos, se utilizou com base a NBR 15220 (ABNT, 2005), desenvolvida por planilha eletrônica no *software Microsoft Excel*. As fachadas do protótipo 1 não receberam nenhum isolamento térmico, sendo suas paredes compostas por tijolo cerâmico maciço, com espessura de 11cm e sem reboco. A Transmitância térmica (U) da materialidade do protótipo 1, foi de 3,5256 W/m².k.

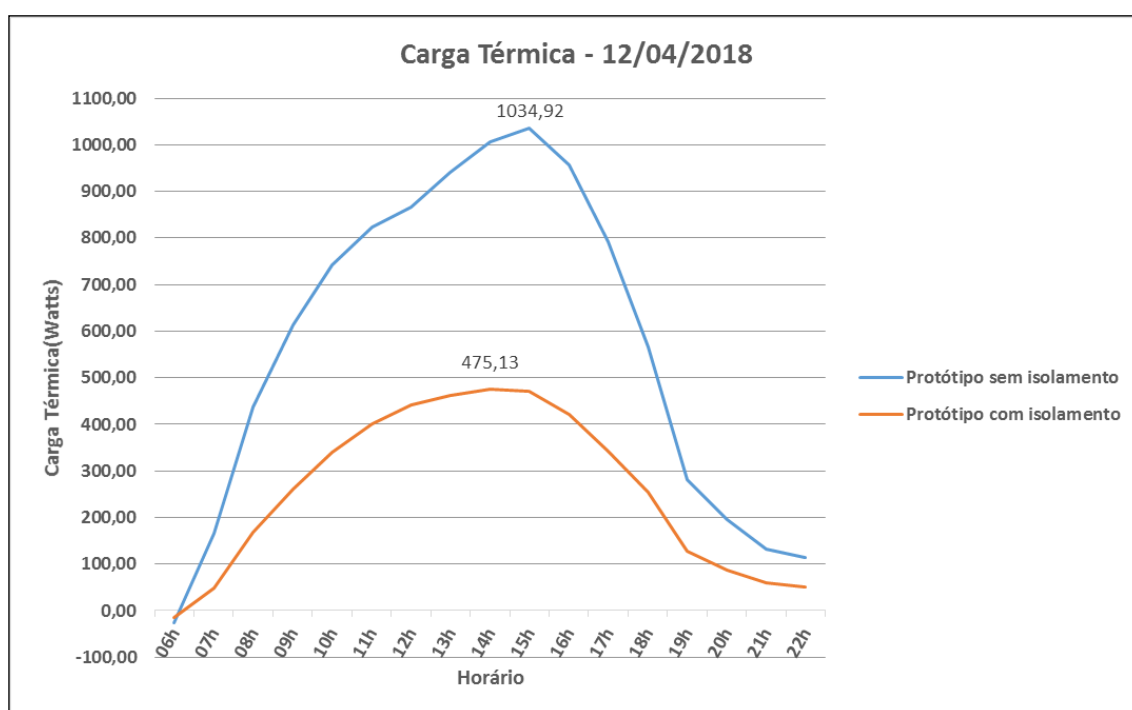
Segundo a NBR 15575-4, (ABNT, 2013b, p.26), o valor encontrado de transmitância térmica das paredes do protótipo sem isolamento se encontra acima do recomendado, pois, para a zona bioclimática 2, localização da cidade de Lajeado, valor máximo admissível de transmitância térmica é 2,5 W/m².K.

O protótipo 2 se instalou as placas de revestimento de fachada desenvolvidas para isolamento térmico. Os cálculos desenvolvidos para determinação de transmitância térmica das alvenarias do protótipo 2, acrescentou-se a resistência térmica da camada de ar, devido a fachada ser ventilada, e das placas de isolamento. Assim, a transmitância térmica das alvenarias do protótipo com isolamento térmico é de 1,3318 W/m².K. Comparando o valor de transmitância térmica do protótipo 2, com o valor máximo permitido pela NBR 15575 (ABNET, 2013) que é de 2,5 W/m².K, o mesmo está respeitando a exigência normativa para edificações localizadas na zona bioclimática 2.

O desenvolvimento do dimensionamento de carga térmica utilizou-se como base o método apresentado por Lamberts et al. (2014, p. 218). A carga térmica dos protótipos 1 e 2 foram analisadas na data do dia 12 de abril de 2018 das 06h às 22h.

O gráfico 1 apresenta a carga térmica dos protótipos em estudo, tendo parte dessa carga entrando no ambiente pelas fachadas e parte pela cobertura, assim como também pelas aberturas, portas e janelas, que não foram estimadas neste estudo. Essa análise realizada no ambiente foi utilizada para dimensionar a instalação de um ar condicionado no mesmo.

Gráfico 1 - Carga térmica dos protótipos (12/04/2018).



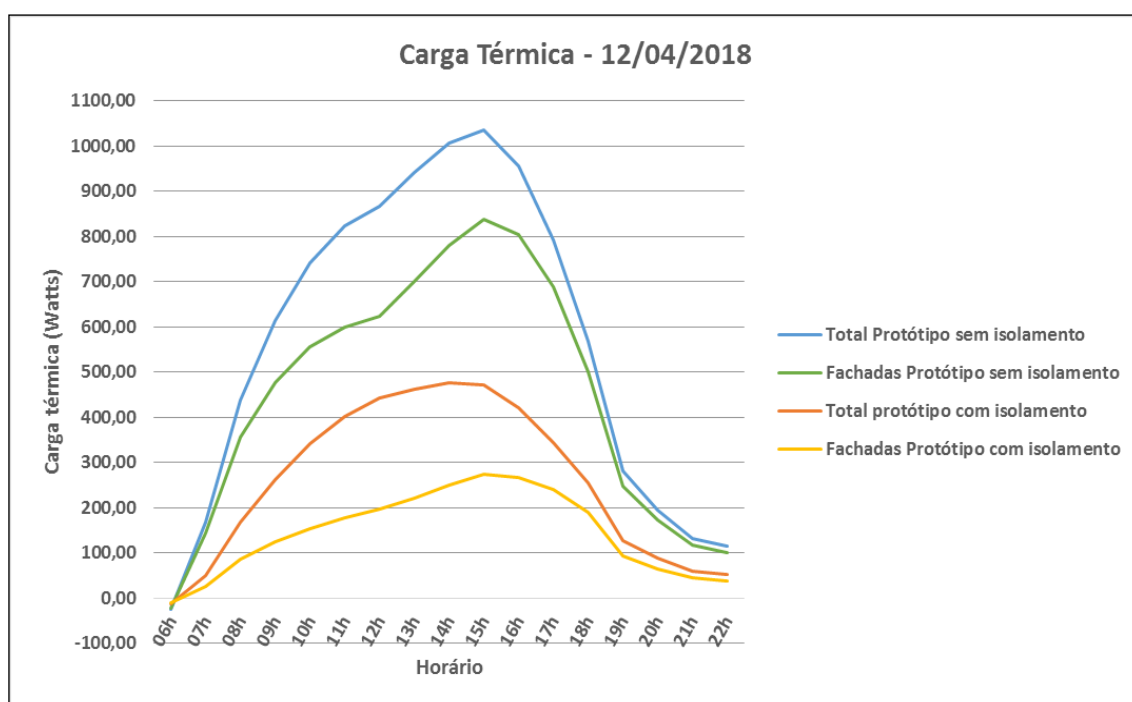
Fonte: Autores (2019)

As placas de revestimento desenvolvidas para o estudo e instaladas nas fachadas do protótipo apresentam eficiência de 54% de redução da carga térmica no interior do protótipo 2, se comparada ao protótipo 1 sem isolamento térmico, sendo considerado esse resultado como positivo para o presente estudo.

Os dados representados no gráfico 1 demonstram que o horário de maior carga térmica do protótipo sem isolamento térmico para o dia em estudo ocorreu às 15h, um total de 1034,92 W, e para o protótipo com isolamento térmico, a maior carga térmica

ocorreu as 14h, chegando a um valor de 475,13 W. A temperatura externa registrada no momento de maior carga térmica foi 34,70 °C. Devido ao isolamento em estudo ter sido executado nas fachadas do protótipo, é importante fazer uma análise comparativa entre a carga térmica ocorrida nas fachadas e sua contribuição na carga térmica total dos protótipos (Gráfico 2), para verificar a eficiência do isolamento térmico.

Gráfico 2 - Contribuição das fachadas na carga térmica total dos protótipos
(12/04/2018)



Fonte: Autores (2019)

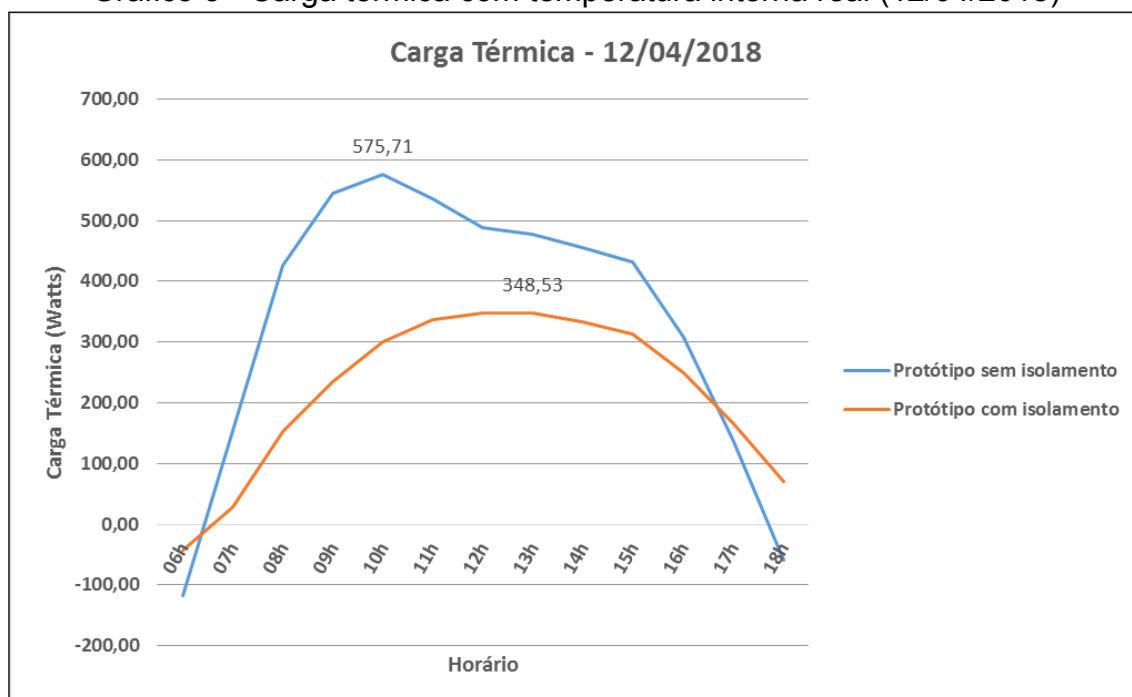
Observa-se através do gráfico 2, a grande contribuição das fachadas do protótipo 1 na carga térmica total, e demonstra que o espaço entre a linha azul e a linha verde equivale a parte da cobertura. A grande diferença entre a contribuição de carga térmica entre a cobertura e as fachadas, ocorreu devido as paredes possuírem uma baixa resistência térmica.

Seguindo na análise do gráfico 2, verifica-se que no protótipo 2 a contribuição das paredes apresentam uma redução considerável, devido ao isolamento térmico das fachadas diminuir a passagem de calor. Ao se comparar os dois protótipos, a

contribuição de calor pela cobertura mantém um padrão, atingindo uma contribuição de carga térmica aproximada de 300 W por volta das 15h, pico de calor para o dia.

Com a utilização dos dados de temperatura interna reais de cada protótipo, coletados através de sensores, foi possível verificar a carga térmica real (Gráfico 3), representando uma edificação que não estivesse utilizando algum aparelho de climatização que mantivesse a temperatura interna do ambiente em um valor pré-determinado.

Gráfico 3 - Carga térmica com temperatura interna real (12/04/2018)



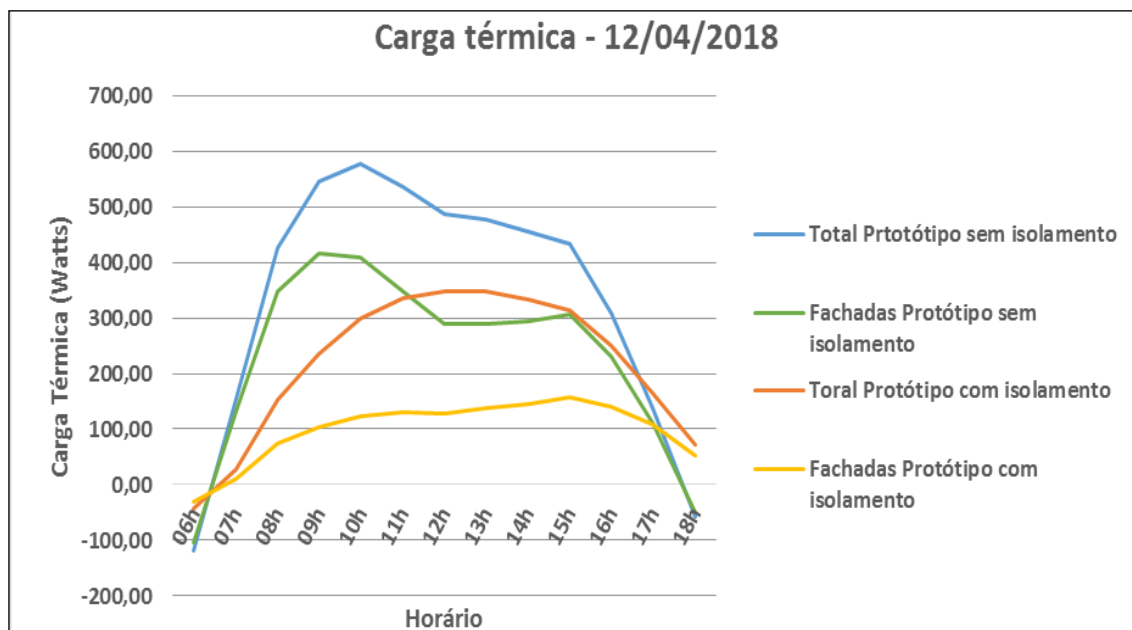
Fonte: Autores (2019)

Observa-se que o gráfico 3 elaborado com a temperatura interna coletada no dia de análise, apresenta para os protótipos 1 e 2, uma redução do ponto crítico de carga térmica quando comparado com o gráfico 1, realizado com temperatura padrão de conforto térmico. Essa redução ocorre devido a diferença da temperatura externa com a interna dos protótipos, ocorrendo a troca de calor por condução na equação.

Com intuito de analisar a eficiência do isolamento térmico aplicados nas fachadas, elaborou-se o Gráfico 4, analisando os dados de temperatura interna real para a carga térmica total e para a carga térmica das paredes de cada protótipo. Observou-se que o protótipo sem isolamento térmico, a carga térmica das fachadas é

maior que a carga térmica da cobertura, diferente do protótipo com isolamento, onde a contribuição da cobertura é maior em boa parte do dia, demonstrando a influência positiva do isolamento térmico em estudo que pode auxiliar na redução da necessidade de utilizar algum equipamento de climatização do ambiente.

Gráfico 4 - Contribuição das fachadas na carga térmica total utilizando temperatura interna real (12/04/2018)

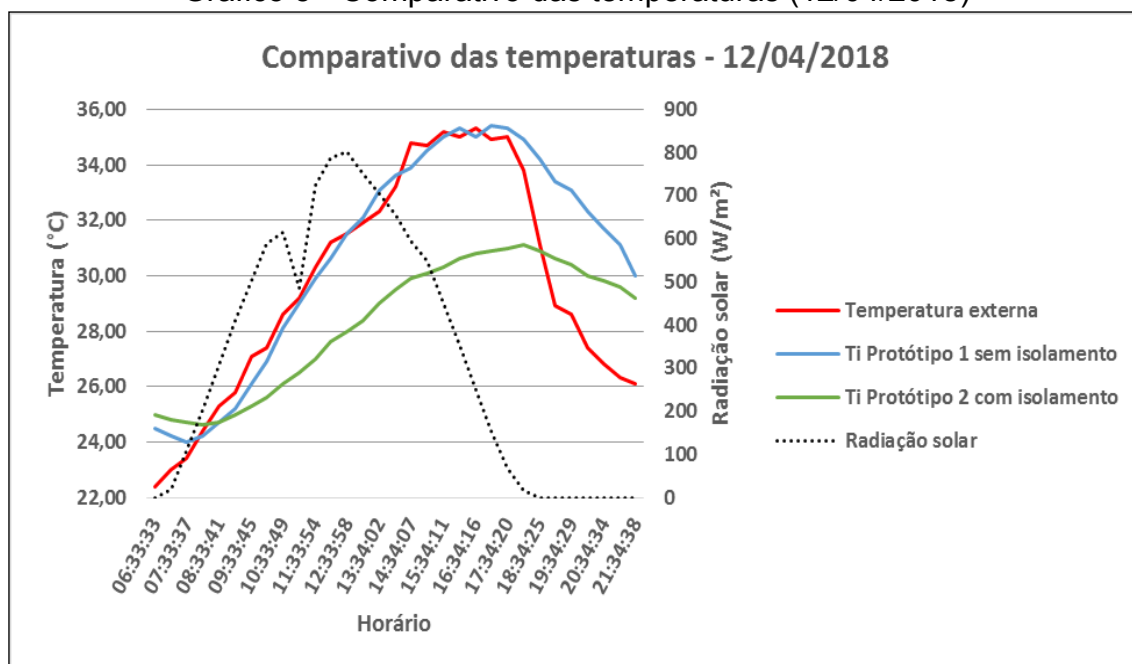


Fonte: Autores (2019)

A maior temperatura externa registrada entre o período de coletas de dados, foi no dia 12/04/2018. Esta data foi utilizada como base para cálculo da carga térmica, demonstrada no Gráfico 5. No dia 12 de abril de 2018, foi registrado a maior temperatura externa registrada foi de 35,30 °C às 16h34min, e a radiação máxima do dia foi 801 W/m², às 12h33min.

Quando a temperatura externa atingiu sua máxima, a temperatura interna do protótipo sem isolamento apontava 35°C, sendo apenas 0,30°C a menos, enquanto a temperatura interna do protótipo com isolamento registrava 30,80°C, sendo 4,50°C a menos. A maior diferença entre a temperatura interna dos dois protótipos em estudo ocorreu às 15h34min, momento em que o protótipo com isolamento, registrava 30,30°C, estando assim 4,70°C abaixo do protótipo sem isolamento.

Gráfico 5 - Comparativo das temperaturas (12/04/2018)



Fonte: Autores (2019)

3.1 Consumo de energia



A partir da carga térmica crítica, do dia 12/04/2018, foi possível dimensionar a potência para equipamentos de ar condicionado necessário para a retirada do calor do interior de cada protótipo, utilizando o intervalo entre os dois pontos com carga térmica de maior valor, vencendo o momento crítico da data em análise. Dimensionou-se também, através da média diária de carga térmica para os dois protótipos, sendo calculado pela área da curva do gráfico de carga térmica.

Foi possível verificar através das potências calculadas, para fins de conforto térmico, o consumo aproximado de energia elétrica médio e para a hora crítica dos protótipos em estudo. Vale ressaltar que, a área útil do ambiente interno dos protótipos 1 e 2 é de 3,37 m², tornando baixo os custos com climatização. Devido a fatores externos e internos interferindo, o valor exato do consumo diário de energia utilizado para climatização não foi possível ser estimado.

A Tabela 2 apresenta o resumo dos dados de desempenho térmico e resultados dos cálculos de consumo de energia dos dois protótipos em estudo. Facilitando a visualização dos dados, demonstrando a diferença nos resultados os protótipos.

Tabela 2 - Resumo dos dados térmicos

	PROTÓTIPO 1 (SEM ISOLAMENTO)	PROTÓTIPO 2 (COM ISOLAMENTO)	VALOR MÁX. NBR 15575/2013	REDUÇÃO DO P1 PARA P2
TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (W/m ² .K)	3,53	1,33	2,5	62%
CARGA TÉRMICA DO MOMENTO CRÍTICO - 12/04/2018 (W)	1034,92	475,13	X	54%
INFLUÊNCIA MÁX. DA FACHADA NA CARGA TÉRMICA TOTAL - 12/04/2018 (W)	837,51 (fachadas) de 1034,92 (total)	273,39 (fachadas) de 470,79 (total)	X	81% para 58%
CONSUMO DE ENERGIA PARA MOMENTO CRÍTICO (kW.h) E CUSTO - 12/04/218	0,3397 R\$ 0,27	0,1614 R\$ 0,13	X	52%
CONSUMO DE ENERGIA MÉDIO (kW.h) E CUSTO R\$ - 12/04/2018	0,1819 R\$ 0,15	0,083 R\$ 0,07	X	53%
CUSTO PELO USO DO AR CONDICIONADO EM UM MÊS (10h por dia - 20 dias por mês) - 12/04/2018	R\$ 30,00	R\$ 14,00	X	53%

Fonte: Autores (2019)

4 CONCLUSÕES

O sistema de isolamento térmico é uma das alternativas disponibilizadas para atingir o conforto térmico e reduzir o consumo de energia, porém seus materiais são geralmente não renováveis e não recicláveis. Devido a este problema sentiu-se a necessidade de utilização de materiais ecológicos, que sejam renováveis e apresentem dados térmicos para serem utilizados como isolamento térmico de edificações.

A transmitância térmica calculada a partir das propriedades dos materiais dos protótipos analisados, resultou em redução significativa no valor encontrado para o protótipo 2, onde foi aplicado o isolamento térmico em estudo, chegando em 62% de redução quando comparado ao protótipo 1, que não possuía isolamento térmico em sua envoltória, ou seja, a passagem de calor entre o meio externo e interno diminui

consideravelmente com a aplicação das placas de isolamento térmico de casca de pinheiro.

Através dos valores de transmitância térmica, foi possível analisar a carga térmica dos protótipos, onde encontrou-se redução do protótipo 2 com isolamento térmico se comparado ao protótipo 1. O ar condicionado necessário para os protótipos, determinado através do consumo médio diário de energia, com temperatura interna de conforto em 24°C, se obteve uma redução satisfatória de 53% do protótipo com isolamento térmico comparado ao protótipo 1. Quando comparado as temperaturas através de gráficos, pode-se averiguar a eficiência do isolamento térmico em estudo, devido ao registro de temperaturas internas mais amenas e estáveis, trazendo a maior diferença entre temperatura externa e interna de 6,10°C, e de 4,80°C em temperatura interna, quando comparado ao protótipo 1.

Após a análise final dos resultados, o isolamento térmico em estudo apresentou dados térmicos satisfatórios, obtendo redução nas temperaturas e carga térmica, demonstrando consumo energético considerável. O isolamento térmico de casca de pinheiro tem grande potencial para tornar uma edificação sustentável, energeticamente eficiente e que seja capaz de atingir o conforto necessário dos usuários.

REFERÊNCIAS

ASDRUBALI, Francesco; D'ALESSANDRO, Francesco; SCHIAVONI, Samuele. A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*, 2015, vol. 4, p. 1-17.

CARLO, Joyce Correna, et al. Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais. 2008.

CORREIA, Mariana Sofia Gomes. *Análise de sustentabilidade de materiais e tecnologias construtivas verdes*. 2017. Tesis de Maestría – University of Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.

EPE. Empresa De Pesquisa Energética. Resenha mensal do mercado de energia elétrica. Ano X, n. 115. 2017.

GANHÃO, António Miguel Ganço Dias. *Construção Sustentável-Propostas de melhoria da eficiência energética em edifícios de habitação*. 2011. Tesis Doctoral. FCT-UNL.

GIL, Antonio Carlos. Livro-Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4ª ed. – 8º reimpressão. São Paulo: Atlas. 2006.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano. PEREIRA, FOR Eficiência energética na arquitetura. 2ª Edição, revisada. *São Paulo: PW*, 2014.

MARCOS, Juliana Sofia Lopes. *Materiais naturais alternativos de isolamento térmico*. 2016. Tesis de Maestría. University of trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.

RIBEIRO, H. M., et al. Utilizacao de casca de pinheiro envelhecida na cultura de plantas ornamentais envasadas. *Revista de Ciencias Agrarias XXIV (3–4): 176*, 2001, vol. 183.

ROMÃO, Maria do Rosário Firmino de, et al. *Contribuição do isolamento térmico para o aumento da eficiência energética em edifícios*. 2015. Tesis Doctoral. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Santos, F. A. C. Avaliação do impacto do isolamento no conforto térmico de um edifício. Dissertation (master's degree). University of Aveiro. 2010.

SILVA, Filipe Manuel Fernandes. Estudo de materiais de isolamento térmico inovadores. 2013. Dissertation (master's degree). University of Porto, 2013.

SPINELLI, R.; PASQUALI, P. H. D. A.; BERTOTTI, A.; LERIN, D.; PITOL, A. F.; CAMBEIRO, F. P.; KONRAD, O. Development of Methodology for Determining the Physical Properties of Natural and Innovative Materials. No prelo. 2019.

VILHENA, Juliana Machado. Diretrizes para a sustentabilidade das edificações. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 2007, vol. 2, no 1, p. 59-78.