

Conforto Térmico em Casas de Madeira: O uso de Embalagens Cartonadas Multicamadas

Thermal Comfort in Wooden Houses: The use of Multilayer Cartons

Júlia Martinelli de Oliveira,^a Miriam Tvrzská de Gouvêa,^b Daniela Helena Pelegrine Guimarães,^c José Pucci Caly,^b Maria Thereza de Moraes Gomes Rosa^{a,*} 

^a Universidade Presbiteriana Mackenzie, Centro de Ciências e Tecnologia, Campus Campinas, CEP 13073-148, Campinas-SP, Brazil.

^b Universidade Presbiteriana Mackenzie, Escola de Engenharia, Campus São Paulo, CEP 01302-907, São Paulo-SP, Brazil.

^c Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena, Campus de Lorena, CEP 12602-810, Lorena-SP, Brazil.

*E-mail: maria.rosa@mackenzie.br

Recebido: 2 de Abril de 2021

Aceito: 11 de Maio de 2021

Publicado online: 8 de Setembro de 2021

The present study aimed to evaluate the thermal behavior of wooden houses models differently coated with multilayer carton packaging. The evaluation of the improvement in thermal discomfort was obtained by measuring the internal and external temperatures. Three models of wooden houses were built, with a fiber cement tile roof. In the first case, the walls were lined internally with multilayer carton packs positioned with the paper face inwards; on the other, the ceiling was covered with the packaging positioned in the same way; and the third one was not coated. Temperatures were measured hourly, from 12pm to 4pm, for three Saturdays and three Sundays in the month of July 2019. For cooler days, internal temperatures had similar behaviors and close values. For hotter days, a reduction in the internal temperature of the coated models was observed, with a decrease, on the hottest day, of up to 5.3 °C in the model with the coated cover and of 3.5 °C in the model with coated walls.

Keywords: Wood; multilayer carton packaging; thermal behavior.

1. Introdução

A avaliação climática da região nem sempre é um item primordial para o projeto e construção de uma residência. A preocupação com a estética sobressai às características do clima, interferindo na satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente, ou seja, no conforto térmico, segundo NBR 15220-1.¹ O desconforto térmico é bastante característico nas residências onde se encontram a população de baixa renda, pois o seu baixo poder aquisitivo dificulta a aquisição de meios artificiais que aliviam as insatisfações térmicas, como o ar condicionado ou um aquecedor. Fato esse que se agrava quando a moradia é construída com madeira.

Uma das alternativas viáveis é a reutilização das embalagens cartonadas multicamadas aplicadas como subcoberturas ou forros em telhados ou como revestimento das paredes, atuando como isolante térmico, contribuindo na redução do fluxo de calor para o interior das edificações. Cembranel *et al.*² concluíram que o isolante térmico desenvolvido com embalagens usadas de *Tetra Pak*® possui, estatisticamente, a mesma condição de isolamento térmico que o isolante comercial. Os autores demonstraram a capacidade destas embalagens em reduzir a transferência de calor, com a vantagem de possuir uma instalação simples, barata e sem necessidade de mão de obra especializada. Almeida *et al.*³ mostraram que o emprego de placas formadas por fibras de água de coco e embalagens *Tetra Pak*® foi capaz de manter a temperatura em níveis agradáveis dentro de um ambiente após o desligamento do ar condicionado.

Buscando melhorar a condição do conforto térmico da população de baixa renda, o presente trabalho teve como objetivo estudar uma solução acessível e sustentável, com o uso de embalagens cartonadas multicamadas como revestimento nas habitações populares de madeira. Salienta-se que as embalagens cartonadas multicamadas merecem especial atenção em relação ao seu descarte, podendo acontecer uma destinação aleatória e sem responsabilidade, mesmo havendo leis que objetivam a direção mais correta e sustentável deste resíduo sólido. Assim, estabelecer um uso para elas é de grande relevância.

2. Material e Métodos

2.1. Construção dos modelos

Para o estudo, foram construídos três modelos de casa, o modelo vertical, o modelo horizontal e o modelo controle. Os modelos foram confeccionados com madeira no estilo de

uma casa em escala reduzida, com 0,60 m x 0,50 m x 0,60 m (comprimento x largura x altura), resultando em um volume interno de 0,18 m³, dispostos sobre uma base de concreto de 6 cm de espessura. No modelo vertical, conforme ilustrado na Figura 1a, somente as paredes foram revestidas internamente com uma camada composta por embalagens cartonadas multicamadas grampeadas e posicionadas com a face de papel para dentro do modelo. No modelo horizontal somente o teto foi revestido com as embalagens posicionadas da mesma maneira e coladas com cola de poliuretano (PU) com pouca porosidade, segundo a Figura 1b. O modelo controle não teve revestimento nas paredes e no teto, possibilitando a verificação da diferença de temperatura interna de habitações com e sem o revestimento. Para evitar discrepâncias, os modelos foram ensaiados no mesmo ambiente, lado a lado, com espaçamento significativo para evitar possíveis sombreamentos, conforme mostrado na Figura 1c.

As estruturas dos modelos foram realizadas com perfil metálico 30 mm x 20 mm com espessura de 1,2 mm, pintados com tinta tipo PU preta e soldados com solda MIG. A escolha desse material foi realizada através de pesquisas no mercado, onde concluiu-se que além de ser um material mais barato é de fácil manuseio. Para as paredes, foram utilizadas tábuas de madeira Cedro. A cobertura foi realizada com telhas de fibrocimento ondulado tipo Brasilit, com 3 mm de espessura.

2.2. Levantamento de dados

O equipamento utilizado para a determinação das temperaturas foi um termômetro digital com cabo de 50 cm da marca Pyromed. Sua faixa de medição é de - 50°C a + 70°C, sendo assim, compatível com a região onde foi efetuado o experimento. A exatidão do aparelho é em média de 1°C para a escala de -20°C a +50°C e em média 2°C no restante da escala. Para verificação da calibração do equipamento, foi realizada a medida da temperatura do gelo, cujo valor resultou em 0,3°C. O termômetro foi posicionado no centro geométrico de cada modelo durante cada medição, tendo essas, durações de 1 minuto, tempo necessário para o termômetro estabilizar a temperatura. As aferições de temperatura foram realizadas a cada uma hora no período das 12 horas às 16 horas, no mês de julho, durante os primeiros 3 sábados e domingos do mês, totalizando um

período de 21 dias, na cidade de Americana, município da Microrregião de Campinas, localizada no estado de São Paulo (SP), com latitude de 22° 44' 20" S e longitude de 47° 19' 51" O.

3. Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta as medições de temperatura realizadas no interior de cada modelo e a temperatura externa de cada dia ensaiado.

Considera-se, neste trabalho, temperaturas amenas na casa entre 20 °C e 25 °C. Observa-se que a diferença nos valores das temperaturas internas nos modelos é da ordem de até 5 °C perto das 14h. Contudo, percebe-se que com exceção do dia 6 de julho, o modelo horizontal fornece a temperatura mais confortável, i.e., ou a maior temperatura nos dias amenos ou a menor temperatura nos dias quentes. No dia 7 de julho a temperatura máxima do modelo horizontal é de 24 °C, inferior aos dos demais modelos. Todavia, cabe salientar que a temperatura de 24 °C é muitas vezes a temperatura especificada como *set-point* em sistemas de ar condicionado de acordo com a NBR 16401-2.⁴ Valores de temperatura do modelo vertical estão sempre entre os modelos horizontal e de controle. No dia 07 de julho, o segundo dia mais fresco dos testes (sendo o dia 06 o primeiro), com temperatura externa média inferior a 20°C, o modelo vertical e controle tiveram temperaturas internas muito parecidas e os três modelos tiveram elevação nessa temperatura. Assim, no modelo horizontal, a temperatura interna foi mais amena que nos outros dois, melhorando o conforto térmico interno e apresentando-se como um melhor isolante do que os outros modelos.

Nos dias 13 e 14 de julho, a temperatura interna do modelo horizontal foi menor que a temperatura externa, indicando a eficácia do revestimento em emitir a radiação e minimizando a absorção da mesma pelo ar interno. No dia 14 de julho as temperaturas ficaram menores ou iguais a 25 °C, mantendo a casa em condições amenas. No dia 13 de julho, a temperatura interna foi superior a 25 °C, mas abaixo da temperatura externa. O modelo vertical possibilitou uma melhora do conforto térmico em relação ao modelo controle, mas a temperatura interna ficou muito próxima da temperatura externa, chegando, inclusive, a ser maior que a externa. Assim, percebe-se que a radiação incidente



Figura 1. Modelo de residências: (a) com revestimento vertical (b) com revestimento horizontal (c) visualização da condição de ensaio dos três modelos

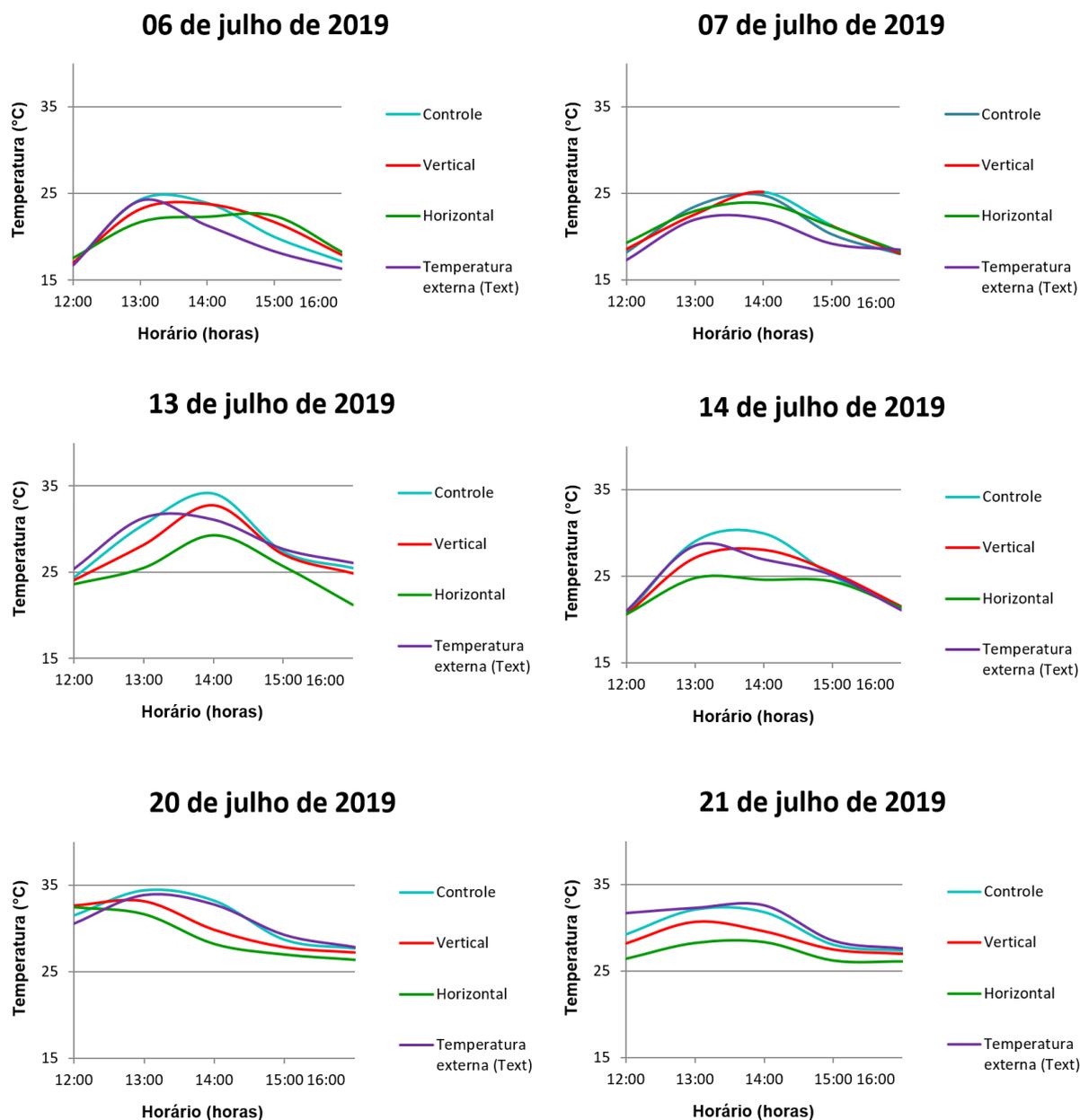


Figura 2. Temperaturas obtidas no interior dos modelos e a temperatura externa

principal é sobre o telhado das casas e desta forma há vantagem em se utilizar o revestimento no telhado da casa.

Nos dias mais quentes (temperaturas superiores a 28 °C), o modelo controle teve temperatura interna muito próxima à externa, entretanto, os outros dois modelos tiveram redução nas temperaturas, sendo que o horizontal foi mais eficiente no isolamento térmico. Esse, mostrou-se mais eficiente, reduzindo a temperatura interna em até 5,3 °C no dia 21, sendo coerente com os resultados obtidos por Trindade e Martini,⁵ que revestiram com embalagem *Tetra Pak*® a janela de uma residência e a cobertura de um modelo construído em madeira, os quais indicaram que a cobertura realizada com as embalagens reduziu mais as temperaturas das paredes revestidas. O modelo vertical teve uma menor redução, atingindo até 3,5 °C a menos

que a temperatura externa. Esses resultados foram parcialmente coerentes com os estudos realizados por Krüger *et al.*,⁶ o qual revestiu três modelos diferentes (um construído com tijolo cerâmico, outro com concreto celular e o último com bloco de concreto) com embalagem *Tetra Pak* e com manta tipo “foil”, no qual a cobertura com embalagem cartonada foi eficiente apenas para temperaturas externas mais baixas, porém nesse estudo, percebeu-se sim a eficiência da cobertura para temperaturas mais altas.

4. Conclusão

Os ensaios mostram que o modelo horizontal foi capaz de manter a temperatura interna em valores menores que o

modelo vertical, sendo que este último apresentou melhoras no conforto térmico em relação ao modelo convencional chamado de modelo controle. Nos dias de temperaturas mais baixas, a temperatura interna foi, em geral, maior no modelo horizontal, mantendo-se mais elevada e mais próxima de 24-25 °C. Nos dias quentes, este modelo é o que manteve a temperatura interna nos níveis mais baixos. Assim, há vantagem do revestimento do telhado com este material. Esta solução pode ser implementada em residências levando a uma melhora do bem-estar e em residências em que há uso de sistemas de ar condicionado ou climatização, espera-se uma redução no consumo de energia.

Referências Bibliográficas

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220-1 de 04/2003: Desempenho Térmico de Edificações. Parte 1: Definições, Símbolos e Unidades. Rio de Janeiro, 2003.
2. Cembranel, A. S.; Henkes, J. A.; Aguiar, W.; Gomes, T. C.; Pagliarini, M. V.; Embalagens Tetra Pak® no isolamento térmico de cobertura em edificações. *Revista gestão & sustentabilidade ambiental* **2019**, *8*, 388. [[Link](#)]
3. Almeida, A. W. N.; Oliveira, E. A. A.; Silva, F. B.; Pantoja, I. C.; Quintas, M. C.; Gemelli, S.; Termodinâmica da economia: Redução dos custos de energia elétrica através do revestimento de paredes com fibras de coco e Tetra Pak®. *Revista Científica multidisciplinar do CEAP* **2019**, *1*, 1. [[Link](#)]
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16401-2: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 2: Parâmetros de Conforto Térmico. Rio de Janeiro, 2008.
5. Trindade, T. Q.; Martini, D.; *Proceedings Publication location: Unemat*, Barra do Bugres, Brasil, 2009. [[Link](#)]
6. Krüger, E. L.; Suetake, G. Y.; Adriazola, M. K. O. *Proceedings Publication location: ENCAC/ELACAC*, Maceió, Brasil, 2005. [[Link](#)]