



## Desempenho de painéis laminados com resíduos de embalagens de longa vida para isolamento térmico

Maria Fernanda Felipe Silva<sup>1</sup>; Gabriela Lima dos Anjos<sup>2</sup>; Mariana Pires Franco<sup>2</sup>; Cristiane Inácio de Campos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Engenharia e Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Guaratinguetá/SP, Brasil; <sup>2</sup> Instituto de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Itapeva/SP, Brasil – [mff.silva@unesp.br](mailto:mff.silva@unesp.br)

**Resumo:** O desempenho térmico das edificações pode ser alcançado de maneira sustentável a partir do uso de materiais ecologicamente corretos. O objetivo do presente trabalho foi desenvolver e analisar painéis laminados de madeira com adição de resíduo de embalagem longa-vida em diferentes configurações. A análise térmica foi realizada com o auxílio de uma câmara térmica adaptada com um lado intercambiável e temperatura interna média de 40°C, simulando o exterior de uma residência. O uso das embalagens aumentou o isolamento térmico dos painéis, com destaque para o tratamento produzido com embalagens inteiras, podendo ser utilizado em paredes divisórias e forros de ambientes.

**Palavras-chave:** Conforto térmico, Embalagem longa-vida, Painel compensado.

### Performance of laminated panels with long-life packaging waste for thermal insulation

**Abstract:** The thermal performance of buildings can be achieved sustainably through the use of environmentally friendly materials. The aim of the present work was to develop and analyze laminated wood panels with the addition of used UHT packaging waste in different configurations. The thermal analysis was conducted using a thermal chamber equipped with an interchangeable side and an average internal temperature of 40°C, simulating the exterior of a residence. The use of the UHT packaging increased the thermal insulation of the panels, particularly in the treatment produced with whole packaging, making them suitable for use in partition walls and ceilings of indoor rooms.

**Keywords:** Thermal comfort, UHT packaging, Plywood.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil cada vez mais procura por sistemas construtivos e materiais mais sustentáveis e ecologicamente adequados. Nessa temática, os produtos à base de madeira se destacam como materiais de origem renovável e com bom desempenho físico-mecânico (Hadiji *et al.*, 2024).

Outra vertente para a sustentabilidade nas construções é o uso de materiais recicláveis, como, por exemplo, a embalagem longa-vida. Também chamada de cartonada ou multicamadas, é composta de camadas de papel, polietileno de baixa densidade e alumínio. Esses materiais em camadas criam uma barreira que impede a entrada de luz, ar, água, microorganismos e odores externos e, ao mesmo tempo, preserva o aroma dos alimentos dentro da embalagem (CEMPRE, 2024).

Porém, devido à forte aderência das camadas, torna-se impossível a separação de forma econômica. Cerca de 15% do total das embalagens é reciclado, recuperando-se a celulose e o polietileno contendo alumínio e 85% é enterrado como lixo (Schmutzler, 2003). Assim, a produção de novos materiais é feita com a embalagem em sua totalidade, sem separação das camadas, em usos como telhas, vassouras e casas de animais domésticos e estudos estão sendo realizados quanto ao uso na produção de painéis isolantes (Silva *et al.*, 2022).

Entretanto, os painéis isolantes são produzidos somente com as embalagens, conferindo assim baixa resistência mecânica e integridade ao material (Cembranel *et al.*, 2019; Kensy *et al.*, 2021). Pouco foi visto quanto ao uso da madeira associada à embalagem UHT.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar experimentalmente o desempenho térmico de painéis laminados com embalagens longa vida.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 *Produção dos painéis*

Três tratamentos foram produzidos e comparados com o tratamento controle composto apenas por lâminas de madeira. A Figura 1 mostra a composição dos tratamentos estudados.



**Figura 1.** Composição dos painéis

### Tratamento T1

Embalagem longa-vida
Lâmina de madeira
Embalagem longa-vida

### Tratamento T2

Lâmina de madeira
Embalagem longa-vida picada
Lâmina de madeira
Lâmina de madeira
Lâmina de madeira
Embalagem longa-vida picada
Lâmina de madeira

### Tratamento T3

Lâmina de madeira
Embalagem longa-vida picada
Lâmina de madeira
Embalagem longa-vida picada
Lâmina de madeira
Embalagem longa-vida picada
Lâmina de madeira
Embalagem longa-vida picada
Lâmina de madeira

Fonte: (Autor)

Para a produção dos painéis foram utilizadas lâminas de *Eucalyptus urograndis* com dimensões nominais de 450 mm x 450 mm x 15 mm. As lâminas foram classificadas visualmente conforme as especificações da norma NBR ISO 2426-3 (2006), utilizando lâminas Classe I e II. Posteriormente, as lâminas foram secas em estufa a  $60 \pm 2$  °C por 24 horas.

Resina fenol-formaldeído com teor de sólidos de 60% e taxa de espalhamento de 400 g/m<sup>2</sup> foi usada para a produção dos painéis. O adesivo foi aplicado na superfície das lâminas, e os painéis foram montados com uma defasagem de 90° entre as lâminas de madeira. Para as camadas de embalagens de longa vida



particuladas, a resina foi misturada com as partículas e então disposta na lâmina de madeira anterior.

Os painéis foram pré-prensados por 10 minutos a uma pressão de 0,05 MPa. Posteriormente, os painéis foram prensados a 1,2 MPa a 130°C por 10 minutos, com alívio de pressão a cada 3 minutos. Após a produção, os painéis foram condicionados por 24 horas antes do seccionamento e depois condicionados por mais 24 horas até a realização da análise térmica. A Figura 2 mostra algumas etapas de produção dos painéis.

**Figura 2.** Estágios de produção dos painéis, onde A) Classificação visual, B) Secagem das lâminas, C) Formação do painel, e D) Pré-prensagem.

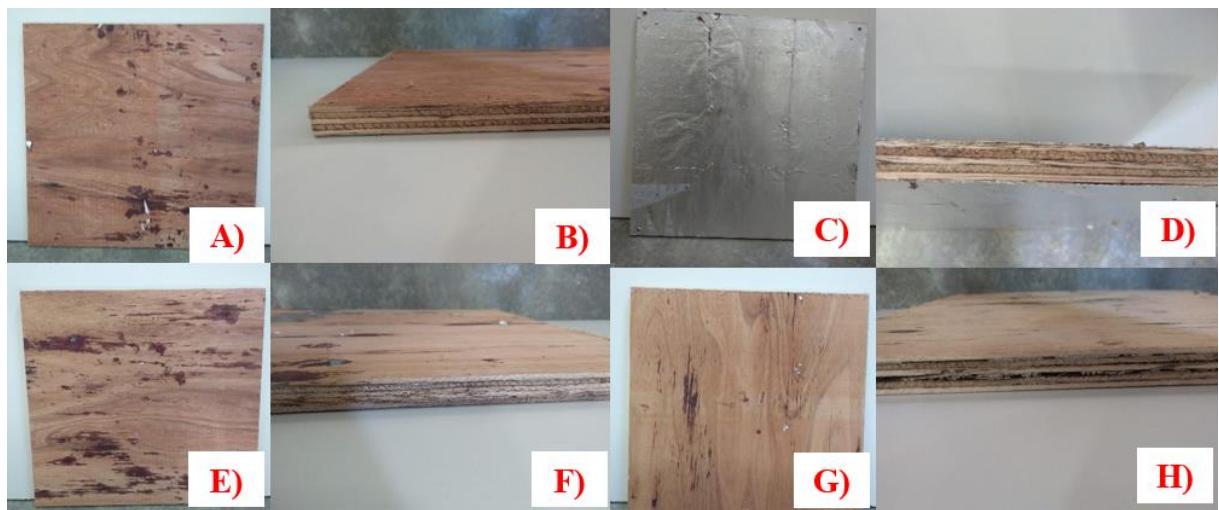


Fonte: (Autor)

A Figura 3 mostra as vistas frontais e o detalhe das camadas dos painéis para cada tratamento.



**Figura 3.** A) Vista frontal do painel de tratamento de controle, B) Camadas do painel de tratamento de controle, C) Vista frontal do painel de tratamento T1, D) Camadas do painel de tratamento T1, E) Vista frontal do painel de tratamento T2, F) Camadas do painel de tratamento T2, G) Vista frontal do painel de tratamento T3 e H) Camadas do painel de tratamento T3.



Fonte: (Autor)

## 2.2 Análise térmica

Para a análise térmica foi utilizada uma câmara térmica de madeira de *Pinus* com revestimento interno de poliestireno expandido de 1 cm e juntas de borracha para evitar troca de calor com o ar. No interior da câmara, foi acoplada uma lâmpada incandescente interna com potência de 100 W, mantendo uma temperatura média de 40°C, simulando o ambiente externo de uma edificação. A variação de temperatura foi mantida dentro da mesma faixa utilizando um regulador de corrente.

Para a medição da temperatura interna e externa dos painéis, foram utilizados dois sensores de temperatura pontuais em conjunto com um sistema de aquisição de dados conectado a um computador. Os painéis de cada tratamento foram fixados à câmara térmica com o auxílio de duas pinças em suas laterais sem escape de calor. A Figura 4 mostra o sistema.



**Figura 4.** Realização da análise térmica, onde A) Câmara térmica e B) Execução do teste.

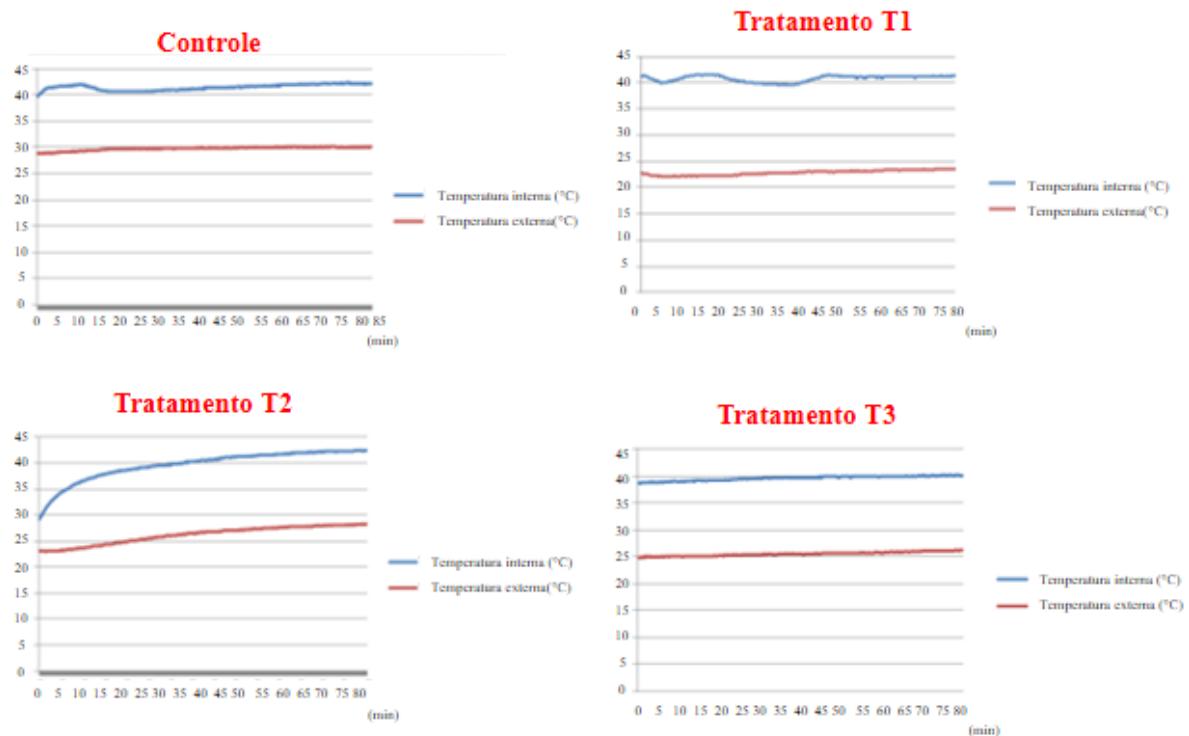


Fonte: (Autor)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 5 mostra as variações da temperatura interna e externa da câmara ao longo do tempo para todos os tratamentos estudados.

**Figura 5.** Gráfico de temperaturas interna e externa em função do tempo.



Fonte: (Autor)

O tratamento de controle se estabilizou após 15 minutos do início da leitura e a variação de temperatura entre o exterior e interior da câmara foi de 11,6°C.

Para o tratamento T1, observa-se que após 30 minutos do início da leitura dos dados, a temperatura dentro da câmara se estabilizou. Quando a temperatura dentro da câmara se estabilizou, a variação de temperatura foi de 17,9°C.

Para o tratamento T2, observa-se que após 40 minutos do início da leitura dos dados, a temperatura dentro da câmara se estabilizou. Quando a temperatura dentro da câmara se estabilizou, a variação de temperatura foi de 14,2°C.

Para o tratamento T3, observa-se que após 10 minutos do início da leitura dos dados, a temperatura dentro da câmara se estabilizou. Quando a temperatura dentro da câmara se estabilizou, a variação de temperatura foi de 14,0°C.

Desta forma, é possível verificar que todos os painéis com o uso das embalagens longa-vida apresentaram melhor desempenho térmico em relação ao painel testemunha, com destaque ao tratamento T1, com as embalagens inteiras, que apresentou maior isolamento térmico.

A colagem da embalagem longa-vida na lâmina de madeira apresenta baixa adesão, devido a isto, propõe-se uma maior temperatura de prensagem para que haja a fusão entre os materiais e tratamento da superfície da embalagem, para que haja maior interação entre os materiais.

#### 4. CONCLUSÃO

Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:

- O uso de embalagens longa-vida na composição dos painéis melhorou o isolamento térmico do material;
- Além da melhora do isolamento térmico, o uso deste material é favorável ao meio ambiente e apresenta uma aplicação de maior valor agregado;
- Para a melhora da adesão entre a lâmina de madeira e o material reciclável, sugere-se o aumento da temperatura de prensagem e tratamento superficial da embalagem longa-vida;
- Destaque para o tratamento T1, com uso de embalagens inteiras, que apresentou melhor isolamento térmico.



## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UNESP - Instituto de Ciências e Engenharia - Campus de Itapeva de por fornecer acesso à sua infraestrutura e laboratórios.

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 2426-2**: Madeira compensada - Classificação pela aparência superficial - Parte 2: Folhosas. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

CEMBRANEL, A. S.; HENKES, J. A.; AGUIAR, W.; GOMES, T. C.; PAGLIARINI, M. V. *et al.* Embalagens TETRA PAK® no isolamento térmicos de cobertura em edificações. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**. p. 388-404, 2019.

CEMPRE. **Embalagens Longa Vida**. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/9/embalagens-longavida>>. Acesso em: 31 jul. 2024.

HADIJI, H.; SERRA, J.; CURTI, R. *et al.* Characterization of mode II delamination behaviour of poplar plywood and LVL. **Theoretical And Applied Fracture Mechanics**. p. 1-11, 2024.

KENSY, B. S.; SOUZA, P. F. D.; SILVA, M. V. C. A utilização de embalagens TETRA PAK como isolante térmico: estudos práticos. In: SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 26, 2021, Cruz Alta. **Anais** [...]. Cruz Alta: UNICRUZ, 2021. p. 1-11.

PIEREZAN, M. E. Z.; CASTRO, R. V.; MISAKA, B. L. S. *et al.* Utilização de embalagens TETRA PAK como isolante térmico de habitações populares de madeira. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 12, 2020, Bagé. **Anais** [...]. Bagé: UNIPAMPA, 2020. p. 1-2.

SCHMUTZLER, L. O. F. **Projeto Forro Vidalonga UNICAMP**, 2003 Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~vidalong/projleite.html>> Acesso em: 31 jul. 2024.

SILVA, I. C.; MORAIS, T. J.; BONINI, L. M. M. *et al.* Embalagens TETRA PAK® e os desafios para o meio ambiente. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**. p. 1412-1429, 2022.