

Revista  
**Ciência, Tecnologia & Ambiente**

## Embalagem secundária do tipo *display* de OSB de resíduo de madeira-balsa (*Ochroma pyramidale*)

Display type secondary packaging of OSB residual wood from balsa  
(*Ochroma pyramidale*)

Luiz Eduardo Campos Filho<sup>1\*</sup>, Maria Teresa de Alvarenga Freire<sup>2</sup>,  
Rodrigo Methner Schmidt<sup>1</sup>, Wanley Eduardo Lopes Júnior<sup>3</sup>, Guilherme Henrique Ament Barbirato<sup>3</sup>,  
Romulo Henrique Batista Martins<sup>3</sup>, Juliano Fiorelli<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Curso de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo – USP, Pirassununga, SP, Brasil. \*Autor para correspondência: luiz.eduardo.filho@usp.br

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo – USP, Pirassununga, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Materiais, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo – USP, Pirassununga, SP, Brasil.

<sup>4</sup>Departamento de Engenharia de Biossistemas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo – USP, Pirassununga, SP, Brasil.

**Como citar:** CAMPOS FILHO, L.E.; FREIRE, M.T.A.; SCHMIDT, R.M.; LOPES JÚNIOR, W.E.; BARBIRATO, G.H.A.; MARTINS, R.H.B.; FIORELLI, J. Embalagem secundária do tipo *display* de OSB de resíduo de madeira-balsa (*Ochroma pyramidale*). *Revista Ciência, Tecnologia e Ambiente*, vol. 11, e11186. <https://doi.org/10.4322/2359-6643.11186>.

### RESUMO

A sociedade contemporânea vem se tornando cada vez mais dependente de embalagens para armazenar produtos e alimentos. As denominadas secundárias são produzidas na maioria das vezes com papelão ou madeira. O uso de resíduos florestais como matéria-prima para produzir embalagens secundárias é pouco explorado, sendo este trabalho uma proposta de inovação para este setor. Assim, o objetivo dessa pesquisa consistiu em avaliar o potencial de uso de painéis *Oriented Strand Boards (OSB)* de resíduo de madeira-balsa [*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb., Malvaceae] para produção de embalagens secundárias do tipo *display*. Para tanto, foram analisadas as propriedades físicas e mecânicas de painéis OSB de média densidade (650 kg.m<sup>-3</sup>) produzidos com 13% de resina poliuretana à base de óleo de mamona. Um modelo de embalagem foi projetado, executado e avaliado por meio de análise sensorial para identificar a aceitação do produto pelos usuários. Os resultados obtidos para as propriedades físicas e mecânicas desse material indicam sua adequação dos painéis OSB obtidos com resíduos de madeira de balsa para uso como constituinte de embalagens secundárias, desde que a resistência mecânica solicitada esteja adequada à aplicação desejada. Os resultados sugerem ainda uma boa aceitação do novo produto por usuários de embalagens secundárias do tipo *display* para alimentos.

**Palavras-chave:** embalagens para alimento, resíduos florestais, pau-de-balsa, painéis de madeira.

### ABSTRACT

Contemporary society is becoming increasingly dependent on packaging to store products and food. The so-called secondary packaging is usually produced with cardboard or wood. The use of forest residues as raw material to produce secondary packaging is little explored, and this work is an innovation proposal for this sector. Thus, the aim of this research was to evaluate the potential use of Oriented Strand Boards (OSB) panels of Balsa wood [*Ochroma pyramidale*



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

(Cav. Ex Lam.) Urb., Malvaceae] for the production of secondary display type packaging. For this purpose, the physical and mechanical properties of medium density OSB panels ( $650 \text{ kg.m}^{-3}$ ) produced with 13% polyurethane resin based on castor oil were analyzed. A packaging model was designed, executed and evaluated by means of sensory analysis to identify the acceptance of the product by users. The results obtained for the physical and mechanical properties of this material indicate its suitability of the OSB panels obtained with balsa wood residues for use as a constituent of secondary packaging, as long as the requested mechanical resistance is adequate for the desired application. The results also suggest a good acceptance of the new product by users of secondary display type packaging for food.

**Keywords:** food packaging, forest waste, balsa wood, wood panels.

## INTRODUÇÃO

As embalagens desempenham papel fundamental no tocante à conservação de produtos nelas armazenados, uma vez que exercem a função de preservá-los contra agentes que representam perigos microbiológicos, químicos ou físicos, e que podem levar à rejeição dos mesmos pelo consumidor. Para que o sistema de embalagem seja eficiente é necessário que atue simultaneamente como uma barreira contra choques mecânicos, e como uma importante ferramenta de marketing para impulsionar a venda do produto (Sousa et al., 2012).

Conforme as funções que desempenham, as embalagens são classificadas em quatro tipos: primária, secundária, terciária e quaternária. Aludindo à finalidade primordial das embalagens, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil, 2002) classifica a embalagem secundária como aquela que abrange uma ou mais embalagens primárias, as quais mantêm contato direto com o alimento armazenado.

As embalagens secundárias são de fundamental importância para a indústria, já que exercem as funções de agrupamento das unidades de embalagens primárias, protegendo-as contra eventuais danos mecânicos que podem ser decorrentes das várias etapas envolvidas da cadeia produtiva, além de evitar sua contaminação por ação de sujidades e microrganismos. Neste contexto, destacam-se as etapas de transporte e distribuição, armazenamento, e exposição nas gôndolas nas quais o consumidor terá acesso no ato da compra (contexto local). Assim, um sistema de embalagens eficiente deve ser corretamente projetado, levando em conta prováveis abusos, tais como choques e quedas (Shin e Selke, 2014; Jorge, 2013; Pereira, 2006).

A aplicabilidade da categoria de embalagem *display*, como uma ferramenta técnico-econômica,

pode ser inserida no contexto da logística, dado que tais embalagens percorrem toda a cadeia de suprimentos. Soma-se a isso a multidisciplinaridade envolvida na produção, uma vez que os projetos e suas execuções necessitam da compreensão acerca de otimização do processo logístico, resistência dos materiais, e técnicas de fabricação, tendo como finalidade a produção de uma embalagem que promova a segurança do produto em conformidade com baixas despesas para a produção da mesma (Brito Junior e Spejorim, 2010).

Os materiais utilizados convencionalmente para produção de embalagens secundárias são o plástico, o papelão, a madeira e seus derivados (painéis de partículas), cujas matérias-primas constituintes são de origem natural de fontes finitas (petróleo) ou de áreas de reflorestamento, geralmente de pinus ou eucalipto.

Em face da atuação da indústria na fabricação de produtos para um mercado sustentável, que atenda a um novo nicho de mercado consumidor, preocupado com a sustentabilidade em relação ao que consome, Freire et al. (2016) produziram modelos de embalagens para transporte de bebidas e produtos hortícolas a partir de painéis de partículas fabricados com bagaço de cana-de-açúcar. Evidenciou-se a potencialidade de emprego desse material no campo de embalagens para alimentos, já que as propriedades físicas e mecânicas dos painéis se mostraram semelhantes aos materiais convencionais utilizados.

A realização de pesquisas voltadas à sustentabilidade permitiu associar o reaproveitamento de resíduos à elaboração de embalagens biodegradáveis compostas por painéis de partículas. Os painéis de densidades  $400$  e  $600 \text{ kg.m}^{-3}$  foram produzidos com resíduos agroindustriais de bagaço de cana-de-açúcar, observando-se as propriedades físico-mecânicas dos painéis, a fim

de verificar a estrutura que melhor se adequava ao tipo de alimento que seria armazenado. O estudo permitiu constatar que a densidade de  $600 \text{ kg.m}^{-3}$  apresentou melhor desempenho quanto aos aspectos de absorção de água, inchamento em espessura, módulo de ruptura e módulo de elasticidade para embalagens destinadas ao transporte de bebidas e alimentos (Fiorelli et al., 2014).

Em busca da utilização de matérias-primas alternativas para a produção de embalagens, desenvolveu-se uma embalagem utilizando placas fabricadas a partir de favo de mel, material dotado de boa resistência mecânica, alta rigidez, isolamento térmico e peso leve, sendo avaliados os parâmetros físico-mecânicos de espessura, teor de umidade, rigidez estática e força de compressão das chapas produzidas, podendo-se observar ao final do estudo o potencial de adoção dessa embalagem não convencional frente aos tradicionais paletes de madeira usados no transporte de produtos (Du et al., 2014).

Na esfera do reaproveitamento da biomassa florestal e buscando a agregação de valor a esse material, encontram-se os painéis Oriented Strand Boards (OSB), constituídos por partículas de madeira dispostas em três níveis, transpostos longitudinalmente e transversalmente. O arranjo das partículas confere ao painel diferentes características dimensionais e estruturais requeridas conforme a aplicação para a qual sua utilização é planejada. No Brasil, a fabricação de painéis OSB teve início em 2001, surgindo como uma alternativa aos painéis de madeira compensada constituídos de lâminas. Esses painéis são utilizados em decoração, indústria moveleira, na construção civil e na confecção de embalagens (Carvalho et al., 2015; Mattos et al., 2008).

As matérias-primas lignocelulósicas, dentre as quais os resíduos de madeira-balsa fazem parte, apresentam-se como promissores na busca por alternativas sustentáveis com grande aplicabilidade em diversos setores, como móveis, construção e embalagem. Além disso, podem ser produzidos diferentes tipos de painéis de partículas a partir de distintos materiais lignocelulósicos, a exemplo de pequenas toras de madeira e outros resíduos de madeira (Cortez-Barbosa et al., 2015).

A geração de subprodutos agroindustriais, dentre os quais está inserida a madeira-balsa residual, aliada ao seu descarte impróprio no meio ambiente provoca a

poluição de rios e solos na medida em que dá margem ao processo de lixiviação de materiais. Há ainda a importância socioeconômica do reaproveitamento desses subprodutos, já que tal processo favorece uma aplicação sustentável aos resíduos concomitantemente com a agregação de valor a determinado produto (Costa Filho et al., 2017).

Leão et al. (2008) afirmam que a madeira-balsa [*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. Malviceae], também conhecida como pau-de-balsa, está largamente difundida desde a região sul do México até a Bolívia e a Amazônia, estando sua utilização relacionada à indústria moveleira e à produção de celulose, além de ser aplicada na construção de barcos, forros de teto e isolantes térmicos. A utilização de tal madeira se deve ao fato de a mesma apresentar baixa densidade e elevadas propriedades físico-mecânicas, apresentando-se como um material de fácil manipulação em função da considerável maciez da madeira (Caldeira, 2017).

A madeira-balsa é uma espécie de árvore que possui crescimento destinado ao corte comercial no período de 4 a 6 anos, atingindo 25 m de altura e 60 cm de diâmetro. Mundialmente são comercializados 150 mil  $\text{m}^3$  de madeira-balsa por ano, mobilizando aproximadamente US\$ 71 milhões (Fletcher, 1951). O processamento desta madeira gera expressiva quantidade de subprodutos com capacidade de aproveitamento para a utilização dos mesmos na confecção de itens derivados (Behling, 2012).

A capacidade de aproveitamento da madeira é expressiva, sendo desenvolvidas diversas pesquisas ligadas ao tema. Barbirato et al. (2020) estudaram o potencial de utilização de subprodutos da madeira-balsa como matéria-prima para a produção de painéis OSB. No estudo foram produzidos painéis de  $300 \text{ kg.m}^{-3}$  e  $400 \text{ kg.m}^{-3}$ , com teor de resina poliuretana à base de óleo de mamona de 11% e 15%. Os resultados obtidos indicaram pela viabilidade de produção dos painéis com densidade de  $400 \text{ kg.m}^{-3}$  e teor de resina de 15%, os quais apresentaram propriedades físicas e mecânicas que os classificaram como painéis do tipo 01, destinados a usos gerais para mobiliários e ambientes internos, sem que haja contato com umidade.

Lopes Junior et al. (2021) avaliaram o potencial de uso de resinas comerciais (ureia-formaldeído e

fenol-formaldeído) e resina poliuretana à base de óleo de mamona para a produção de painéis OSB de média densidade ( $650 \text{ kg.m}^{-3}$ ). Os resultados obtidos indicaram que o teor de 13% de resina poliuretana à base de óleo de mamona proporcionou as melhores propriedades físicas e mecânicas e é indicado como adequado para a produção desse tipo de painel.

Dentro desse escopo, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o potencial de uso de painéis OSB de média densidade ( $650 \text{ kg.m}^{-3}$ ) de partículas de madeira-balsa residual aglomeradas com 13% de resina poliuretana à base de óleo de mamona para produção de embalagens secundárias do tipo *display*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Produção dos Painéis

Os resíduos de madeira-balsa utilizados no estudo foram porções de toras oriundas do processamento de serrarias que empregam a madeira como matéria-prima da produção de móveis e componentes aeronáuticos. O resíduo gerado é inapropriado para a utilização em ambiente fabril, tendo em vista as baixas dimensões e a consequente impossibilidade de aplicação do resíduo em outras partes do processamento da madeira. A resina poliuretana à base de óleo de mamona (PU) foi adquirida comercialmente.

A madeira-balsa residual foi reduzida à blocos com dimensões de  $9 \times 5 \text{ cm}$ , a fim de ser utilizada em um moinho gerador de partículas de madeira (MA685). As partículas foram misturadas à resina poliuretana à base de óleo de mamona, por meio de aspersão e o material introduzido no molde formador de colchão de dimensões  $400 \times 400 \text{ mm}$ , em uma proporção de massa de partículas face-miolo-face foi de 1:3:1. Esse material foi transferido para uma prensa termo-hidráulica, sob as condições de pressão  $50 \text{ kgf.cm}^{-2}$ , temperatura de  $100^\circ\text{C}$  e tempo de prensagem de 10 min. (Figura 1).

Os painéis foram armazenados em temperatura ambiente durante 72h para que a etapa de cura da resina ocorresse. Após esse período, foram produzidos os corpos de prova utilizados nos ensaios físicos e mecânicos.

### Ensaio Físicos e Mecânicos

Para a realização dos ensaios físicos e mecânicos foram extraídos corpos de prova dos painéis OSB de

madeira-balsa residual nas dimensões especificadas no documento normativo “*EN 300:2006 - Oriented Strand Boards (OSB) – Definitions, classification and specifications*”. As amostras foram avaliadas seguindo as recomendações das normas “*EN 310:1993 - Wood-based panels: determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength*”, “*EN 317:1993 - Particleboards and fiberboards: determination of swelling in thickness after immersion in water*” e “*EN 319:1993 - Particleboards and fiberboards: determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board*”, a fim de avaliar os painéis quanto à adequação das propriedades físico-mecânicas dentro da categoria de painéis OSB do tipo 01, indicados para aplicação em mobiliários e ambientes internos na ausência de umidade (European Committee for Standardization, 1993, 2006).

Para avaliação do inchamento em espessura, foram coletados 10 corpos de prova, medindo-se as dimensões dos mesmos em período anterior e posterior à sua imersão em água destilada durante 24h em pH igual a 7 e temperatura de  $20^\circ\text{C}$  ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ).

As amostras foram submetidas aos testes mecânicos utilizando-se aparelhagem universal de ensaio EMIC e máquina servo-hidráulica MTS, em conformidade com os documentos normativos “*EN 310:1993 e EN 319:1993*”. Os equipamentos possuem sistema computacional integrado para seleção das condições de cada teste e posterior coleta dos resultados.

Segundo os parâmetros estabelecidos pela norma “*EN 300:2006*”, foram avaliados 10 corpos de prova com dimensões de  $250 \times 50 \text{ mm}$  para obtenção dos valores de Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) nas direções longitudinais e transversais à distribuição de partículas no painel.

O ensaio de tração perpendicular para determinação da adesão interna das partículas seguiu as recomendações da norma “*EN 319:1993*” e foram avaliados 10 corpos de prova com dimensões de  $50 \times 50 \text{ mm}$ , os quais foram posicionados no dispositivo para ensaio de tração perpendicular e submetidos a esforços de tração sob velocidade de  $4 \text{ mm/min}$ . Após a realização do ensaio, foi calculada a adesão interna (AI) das partículas para identificação da eficiência da resina.

### Produção da Embalagem Secundária Tipo *display*

Nessa fase foi elaborado um projeto de embalagem secundária do tipo *display* e realizada a produção com painéis OSB de madeira-balsa residual (Figura 2). A estruturação da embalagem foi planejada de acordo com sua utilização para o acondicionamento de alimentos que estivessem envolvidos por embalagens primárias. Além disso, para que o emprego da embalagem secundária do tipo *display* fosse eficaz, foi fundamental que sua disposição atendesse ao quesito de marketing do produto. Desse modo, a embalagem foi desenvolvida com dimensões suficientes de modo a adquirir espaço suficiente tanto para a proteção do produto quanto para a exposição do mesmo.

### Análise dos Dados

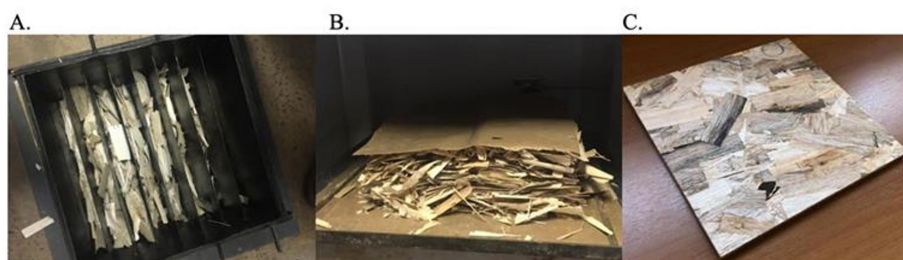
Verificou-se se a média aritmética dos resultados das propriedades físicas e mecânicas dos painéis produzidos está dentro dos limites aceitos no documento normativo “EN 300:2006” para painéis OSB do tipo 01, classificados como painéis destinados ao uso geral para interiores e mobiliário em ambiente seco.

### Análise Sensorial da Embalagem *display*

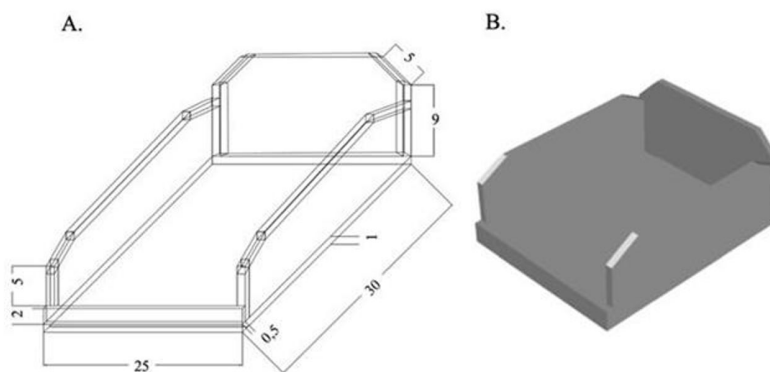
A fim de verificar a aceitação da embalagem secundária do tipo *display* objeto desse estudo, foi

realizada uma análise sensorial com seis colaboradores, repositores de produtos em supermercados localizados na cidade Pirassununga (SP). Esta categoria de participantes foi definida com base no usuário do tipo de embalagem em estudo, uma vez que os repositores estão em contato constante com embalagens secundárias estando aptos, portanto, a avaliar o protótipo produzido em comparação com as embalagens convencionais, principalmente em relação aos aspectos de praticidade de manuseio e disposição em gôndolas.

Para a aplicação da análise sensorial, empregou-se a escala hedônica estruturada de 9 pontos. Para tanto, foi utilizado um questionário comparativo (Material suplementar) constituído de quatro questões de escala hedônica não-estruturada em que foram testados os atributos de aparência, praticidade de manuseio, dimensões e disposição em gôndolas através da exposição de embalagem secundária do tipo *display* convencionalmente encontrada em estabelecimentos comerciais (Data Embalagens, 2020) e da apresentação do protótipo de embalagem fabricado a partir de subprodutos de madeira-balsa residual (Figura 3). O questionário foi apresentado aos participantes fazendo-se uso de tecnologias de



**Figura 1.** Processo de produção de painéis OSB de madeira-balsa. (A) Inserção e orientação das partículas no molde formador de colchão; (B) Material inserido na prensa termo-hidráulica; (C) Painel de partículas OSB de madeira-balsa.



**Figura 2.** Projeto e produção de embalagem secundária a partir de painéis OSB de madeira-balsa. (A) Estruturação da embalagem (dimensões em centímetros); (B) Representação gráfica do protótipo.

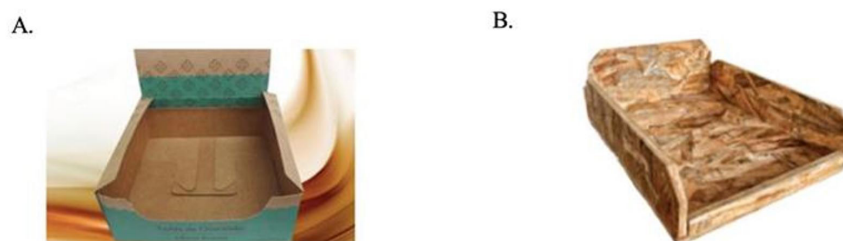
informação e comunicação, cedendo aos colaboradores as informações necessárias e expondo as imagens junto às perguntas em formato digital.

Os resultados da análise sensorial da embalagem do tipo *display* produzida com painéis OSB de madeira-balsa residual foram verificados mediante a aplicação do teste t de Student, pareado ao nível de significância de 5%,

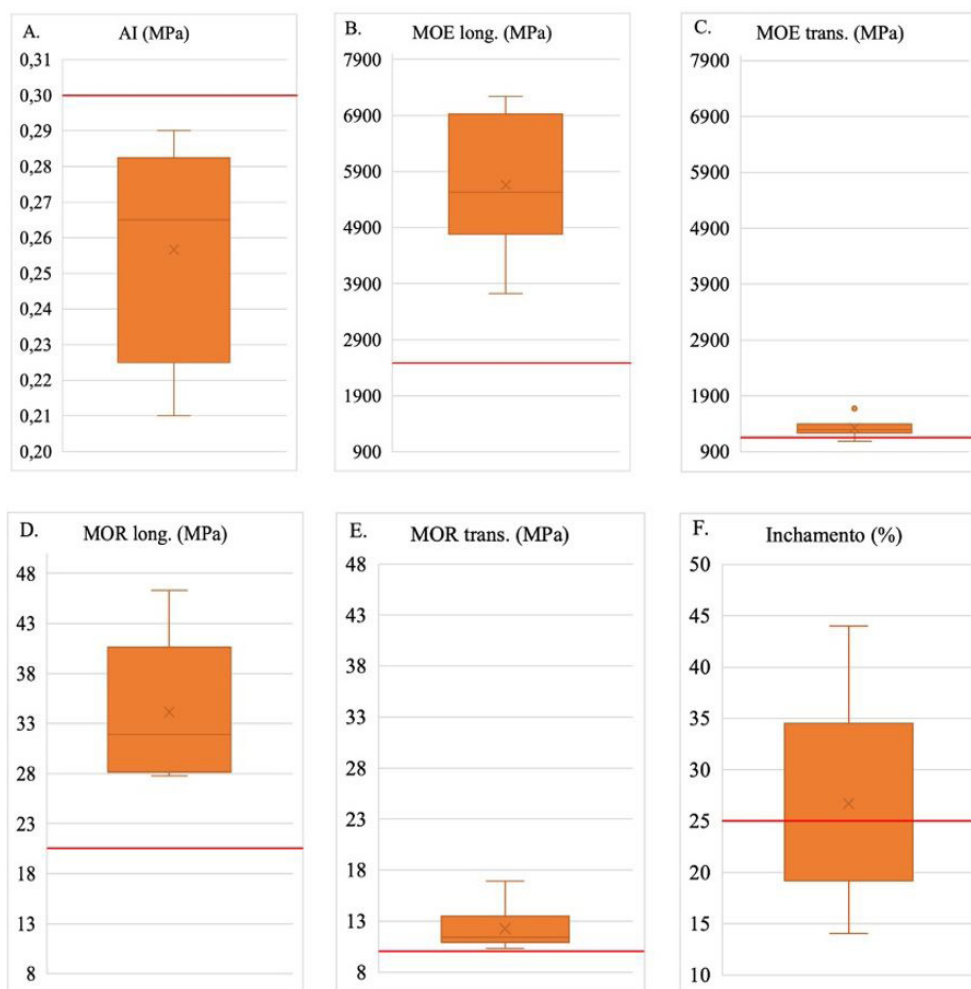
sendo analisada a existência de diferença significativa entre as médias obtidas a partir das respostas fornecidas pelos participantes da análise sensorial.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta os resultados médios das propriedades físicas e mecânicas dos painéis OSB de



**Figura 3.** Análise sensorial comparativa entre embalagens secundárias. (A) Avaliação da aparência de embalagem secundária convencional do tipo *display*; (B) Avaliação quanto a aparência do protótipo de embalagem secundária produzida a partir de madeira-balsa residual.



**Figura 4.** Valores médios das propriedades físicas e mecânicas de painéis OSB de madeira-balsa residual com 13% PU e valores mínimos preconizados pela norma “EN 300:2006”, representados pela linha horizontal vermelha. (A) Adesão interna (AI); (B) Módulo de elasticidade longitudinal (MOE long); (C) Módulo de elasticidade transversal (MOE trans); (D) Módulo de ruptura longitudinal (MOR long); (E) Módulo de ruptura transversal (MOR trans); (F) Inchamento em espessura.

partículas de madeira-balsa residual aglomeradas com 13% de resina poliuretana à base de óleo de mamona e aqueles recomendados pela norma EN 300-2006 para painéis do tipo 1, indicado para uso geral em interiores e mobiliário em ambiente seco. A espessura dos painéis em estudo estava em conformidade com os valores mínimos preconizados pela norma “EN 300:2006” para painéis OSB do tipo 01.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 4, verifica-se que os painéis OSB apresentaram propriedades físicas e mecânicas que atendem, na sua maioria, as recomendações da norma “EN 300:2006” para painéis OSB do tipo 01, com exceção da propriedade de adesão interna das partículas (AI), cujos valores atingidos foram próximos aos valores estabelecidos pelo documento normativo. Essa variação pode ter ocorrido devido à baixa densidade da madeira-balsa que acarreta um volume maior de material a ser moldado para atingir a densidade requerida para os painéis, exigindo-se maiores teores de resina que os convencionais, utilizados para produção de painéis com espécies de madeira comerciais, por exemplo, pinus. Os desvios em relação à média são explicados pela heterogeneidade da matéria-prima, tendo em vista que a mesma é caracterizada como um subproduto proveniente do processamento das toras de madeira.

Hellmeister (2017) identificou o teor de 12% de resina poliuretana à base de óleo de mamona como aquele que apresentou o melhor resultado para os ensaios físicos e mecânicos aplicados a painéis OSB com densidades de 350, 500 e 650 kg.m<sup>-3</sup> a partir de subprodutos de madeira-balsa.

Barbirato (2018) avaliou o potencial de utilização da madeira-balsa residual como matéria-prima para produção de painéis OSB em aplicação para protótipos de aviários.

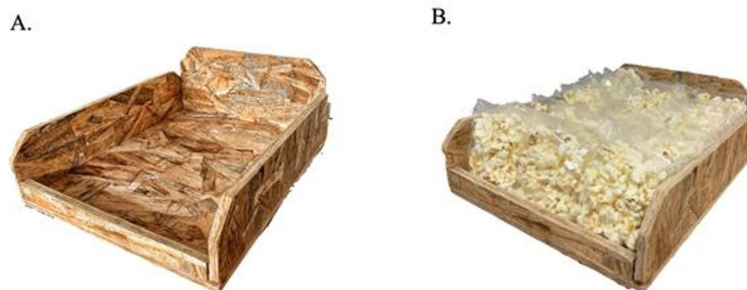
Como resultado do estudo verificou-se que alterações na densidade e no teor de resina proporcionaram diferenças significativas nas propriedades físico-mecânicas dos painéis, concluindo que os painéis de madeira-balsa residual aglomerada com 15% da resina poliuretana à base de óleo de mamona e com baixa densidade (400 kg.m<sup>-3</sup>) apresentaram os melhores desempenhos físico-mecânicos.

A fim de otimizar o teor de resina poliuretana à base de óleo de mamona aplicado aos painéis OSB, Lopes Junior et al. (2021) avaliaram o teor ótimo da mesma, concluindo pela aplicação de 13% da resina sobre a massa de painéis OSB de média densidade (650 kg.m<sup>-3</sup>), cujas propriedades físicas e mecânicas atenderam às normas do documento “EN 300:2006” para painéis OSB do tipo 01. Diante destas informações, a concentração de 13% desta resina foi selecionada para a confecção das embalagens secundárias com painéis OSB de madeira-balsa residual.

Com o propósito de validar os resultados alcançados nesse estudo para aplicação dos painéis OSB como constituintes de embalagens secundárias do tipo *display* foi produzido um protótipo, conforme ilustrado na Figura 5.

Apesar de o protótipo produzido atender às normas utilizadas, ressalta-se que não há normas específicas para a embalagem constituída pelo material em questão, em virtude de se tratar de um produto inovador. Portanto, deve-se limitar sua aplicação para o acondicionamento de embalagens primárias cujo conteúdo não exceda a resistência máxima permitida, podendo-se propor estudos posteriores que envolvam experimentos de aplicação.

Os resultados obtidos a partir da efetivação da análise sensorial indicaram que houve diferença estatística do protótipo de embalagem secundária do tipo



**Figura 5.** Embalagem secundária do tipo *display* de madeira-balsa residual. (A) Protótipo finalizado; (B) Acondicionamento de alimentos no protótipo.

**Tabela 1.** Resultados da análise estatística.

Parâmetros	Amostra	
	Convencional	Protótipo com madeira-balsa
Aparência	7,7 <sup>a</sup> ± 1,5	7,7 <sup>a</sup> ± 1,1
Praticidade de manuseio	7,2 <sup>a</sup> ± 1,4	7,7 <sup>a</sup> ± 1,1
Dimensões	5,8 <sup>a</sup> ± 3,8	6,8 <sup>b</sup> ± 3,4
Disposição em gôndolas	6,0 <sup>a</sup> ± 8,0	7,3 <sup>a</sup> ± 3,5

*display* produzida no projeto de pesquisa em relação à embalagem secundária convencional apenas quanto às dimensões (Tabela 1). Porém, a nota obtida foi maior para o protótipo, evidenciando a sua adequação dimensional.

Médias que possuem letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si, pelo teste t, com intervalo de confiança de 95%; o número seguido da média de cada um dos atributos testados refere-se ao desvio padrão.

A análise sensorial indicou elevadas notas de aceitação do protótipo de embalagem, o que demonstra o favorável potencial de aplicabilidade de subprodutos para a produção de embalagens secundárias do tipo *display* para alimentos, uma vez que o aspecto visual e a praticidade da embalagem têm relação direta com a aceitação global do produto, fazendo-se necessário que se compreendam as características de estruturação da embalagem a fim de fornecer ao consumidor uma experiência que lhe conduza à aquisição do produto (Rundh, 2013).

As inovações no setor de embalagens para alimentos se dão em função dos mecanismos modernos presentes no varejo e de alterações no modo de vida do consumidor (Majid et al., 2018). Diante disso, a atribuição de elevadas notas para o protótipo de embalagem demonstra uma alteração gradativa da percepção do usuário frente às embalagens, na medida em que se buscam alternativas sustentáveis e que agreguem valor à matéria-prima dentro do contexto da economia circular, como pôde ser praticado na utilização de subprodutos de madeira visando à produção de embalagens secundárias.

O estudo realizado indicou o promissor aproveitamento do resíduo de uma espécie madeireira, tida como não nobre, para a produção de embalagens secundárias do tipo *display* para alimentos com boa aceitação pelos usuários. Sendo assim, a utilização da madeira-balsa para a confecção de painéis OSB abre caminhos para a

adoção de mecanismos de agregação de valor à espécie, possibilitando vantagens para o detentor do resíduo e para o meio ambiente, posto que o resíduo ganha um novo destino além do mero descarte, reinserindo a madeira na cadeia produtiva através da elaboração de novos produtos.

Recomenda-se que em estudos posteriores sejam exploradas novas conformações dos painéis OSB de madeira-balsa residual conferindo maior praticidade aos usuários, por meio da remoção de cada embalagem secundária da estrutura de forma unitária em uma estrutura modular, fazendo-se uso do mecanismo de instalação de trilhos na parte inferior de cada uma das embalagens. Tal estrutura pode contar também com rodas em sua parte inferior, a fim de conferir mobilidade ao conjunto.

## CONCLUSÕES

A aplicação de painéis OSB de média densidade (650 kg.m<sup>-3</sup>) produzidos a partir de partículas de madeira-balsa residual aglomeradas com 13% de resina poliuretana à base de óleo de mamona voltada à constituição de embalagens secundárias do tipo *display* teve viabilidade técnica e científica. Dadas as elevadas notas de avaliação sensorial obtidas, revelou-se a aceitação da embalagem por parte dos usuários em relação aos parâmetros de aparência, praticidade de manuseio, adequação dimensional e disposição em gondolas do protótipo produzido, indicando pelo favorável potencial de aplicabilidade de subprodutos de madeira para a produção de embalagens voltadas à indústria de alimentos. Aponta-se para a possibilidade de agregação de valor à espécie por intermédio da reinserção da madeira na cadeia produtiva de embalagens para produtos alimentícios, abrindo caminhos para novas conformações dos painéis OSB para a estruturação de embalagens.



## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (processos nº 2018/157192 e 2019/117585) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (processo nº 2017/18076-4) pelo financiamento concedido a este trabalho.

## REFERÊNCIAS

- BARBIRATO, G.H.A., 2018. *Forro OSB de madeira Balsa residual aplicado em protótipo de aviário*. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo. 107 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais. <http://dx.doi.org/10.11606/D.74.2018.tde-17102018-101007>.
- BARBIRATO, G.H.A., LOPES JUNIOR, W.E., HELLMEISTER, V., PAVESI, M. & FIORELLI, J., 2020. OSB panels with balsa wood waste and castor oil polyurethane resin. *Waste and Biomass Valorization*, vol. 11, no. 2, pp. 743-751. <http://dx.doi.org/10.1007/s12649-018-0474-8>.
- BEHLING, M., 2012. Pau-de-balsa: aptidões e desafios. *Revista da Madeira*, vol. 23, no. 133, pp. 12-14.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, 2002 [acesso em 26 maio 2020]. Resolução nº 259, de 20 de setembro de 2002: regulamento técnico para rotulagem de alimentos embalados [online]. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil* [online], Brasília. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC\\_259\\_2002.pdf/e40c2ecb-6be6-4a3d-83ad-f3cf7c332ae2](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_259_2002.pdf/e40c2ecb-6be6-4a3d-83ad-f3cf7c332ae2)
- BRITO JUNIOR, I. & SPEJORIM, W., 2010. Gestão estratégica de armazenagem. In: W. SPEJORIM, org. *Embalagens logísticas: proteção do produto na movimentação e armazenagem*. Curitiba: IESDE Brasil S.A., pp. 229-247.
- CALDEIRA, R.A. P.F., 2017. *Propriedades da madeira de pau-de-balsa em duas idades*. Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso. 24 p. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal.
- CARVALHO, A.G., PIRES, M.R., ZANUNCIO, A.J.V., MENDES, R.F., MORI, F.A. & MENDES, L.M., 2015. Desempenho de painéis OSB com adesivos comerciais e tânico de barbatimão. *Revista Árvore*, vol. 39, no. 6, pp. 1155-1163. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000600019>.
- CORTEZ-BARBOSA, J., MORALES, E.A.M., LAHR, F.A.R., DO NASCIMENTO, M.F., DE ARAUJO, V.A. & ZAIA, U.J., 2015. Bamboo particulate waste: production of high performance structural panels. In: F.A.R. LAHR, H. SAVASTANO JUNIOR & J. FIORELLI, orgs. *Non-conventional building materials based on agro-industrial wastes*. Bauru: Tiliform, pp. 10-20.
- COSTA FILHO, D.V., SILVA, A.J., SILVA, P.A.P. & SOUSA, F.C., 2017. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. In: *Anais do Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER PDVAgro*, 2017. Natal: Instituto Internacional Despertando Vocações, pp. 1-8.
- DATA EMBALAGENS, 2020 [acesso em 31 março 2021]. *Embalagem caixa display expositor para pão-de-mel, trufas (20,6x20,5x8,1 cm) MAP11* [online]. São Paulo: Data Embalagens. Disponível em: <https://dataembalagens.com.br/dataEmbalagens/produto/embalagem-caixa-display-expositor-para-pao-de-meltrufascosmesticosbrinquedos-21x21x85-cm-map11/>
- DU, Z., GAO, W.Y., LIU, C.J., YANG, J., LIU, S.J. & TIAN, F., 2014. Study on a new green packaging material performance and development. *Advanced Materials Research*, vol. 1030-1032, pp. 181-184. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1030-1032.181>.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 1993. *EN317: particleboards and fibreboards: determination of swelling in thickness after immersion in water*. London: European Committee for Standardization. 12 p.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 1993. *EN319: particleboards and fibreboards: determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board*. London: European Committee for Standardization. 6 p.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 1993. *EN310: wood-based panels: determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength*. London: European Committee for Standardization. 5 p.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2006. *EN300: Oriented Strand Boards (OSB): definitions, classification and specifications*. London: European Committee for Standardization. 24 p.

- FIGLIOTTI, J., SCHMIDT, G.M., COSTA, T.B. & FREIRE, M.T. A., 2014. Embalagens biodegradáveis produzidas com painéis de partículas de bagaço de cana-de-açúcar para o armazenamento de alimentos. In: *Anais do XXII Simpósio Internacional de Iniciação Científica e Tecnológica da USP - SIICUSP*, 2014. São Paulo: USP.
- FLETCHER, M.I., 1951. Balsa: production and utilization. *Economic Botany*, vol. 5, no. 2, pp. 107-125. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02984770>.
- FREIRE, M.T. A., FIGLIOTTI, J. & SAVASTANO JUNIOR, H., 2016. Potencial de aplicação de subprodutos agroindustriais na confecção de embalagens de transporte para alimentos. *International Life Sciences Institute Ilsi Brasil*, vol. 24, no. 1, pp. 6-7.
- HELLMEISTER, V., 2017. *Painel OSB de resíduo de madeira-balsa (Ochroma Pyramidale)*. Pirassununga: Universidade de São Paulo. 144 p. Tese de Doutorado em Ciência dos Materiais.
- JORGE, N., 2013. Conceitos gerais. In: N. JORGE. *Embalagens para alimentos*. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, pp. 19-23.
- LEÃO, N.V.M., FREITAS, A.D.D. & CARRERA, R.H.A., 2008. Pau-de-balsa: *Ochroma Pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban. *Informativo Técnico Redes de Sementes da Amazônia*, vol. 8, no. 19, pp. 1-2.
- LOPES JUNIOR, W.E., BARBIRATO, G.H.A., PAVESI, M., SORIANO, J. & FIGLIOTTI, J., 2021. Avaliação do teor ótimo de resinas orgânicas para produção de painéis OSB de madeira Balsa (*Ochroma Pyramidale*) residual. *Scientia Forestalis*, vol. 49, no. 129, pp. e3442. <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v49n129.22>.
- MAJID, I., AHMAD NAYIK, G., MOHAMMAD DAR, S. & NANDA, V., 2018. Novel food packaging technologies: innovations and future prospective. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, vol. 17, no. 4, pp. 454-462. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2016.11.003>.
- MATTOS, R.L.G., GONÇALVES, R.M. & CHAGAS, F.B., 2008. Painéis de madeira no Brasil: panoramas e perspectivas. *BNDES Setorial*, vol. 1, no. 27, pp. 121-156.
- PEREIRA, D.F., 2006. *A embalagem como voz comercial do produto/marca*. Porto: Universidade do Porto. 88 p. Dissertação de Mestrado em Design Industrial.
- RUNDH, B., 2013. Linking packaging to marketing: how packaging is influencing the marketing strategy. *British Food Journal*, vol. 115, no. 11, pp. 1547-1563. <http://dx.doi.org/10.1108/BFJ-12-2011-0297>.
- SHIN, J. & SELKE, S.E.M., 2014. Food packaging. In: S. CLARK, S. JUNG & B. LAMSAL, eds. *Food processing: principles and applications*. New Jersey: John Wiley & Sons, pp. 249-273. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118846315.ch11>.
- SOUSA, L.C.F.S., SOUSA, J.S., BORGES, M.G.B., MACHADO, A.V., SILVA, M.J.S., FERREIRA, R.T.F.V. & SALGADO, A.B., 2012. Tecnologia de embalagens e conservação de alimentos quanto aos aspectos físico, químico e microbiológico. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, vol. 8, no. 1, pp. 19-27. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v8i1.249>.

## **MATERIAL SUPLEMENTAR**

Este artigo acompanha material suplementar.

Este material está disponível como parte da versão online do artigo na página:

<https://drive.google.com/file/d/1dgdX4UDPeUfqF3Sur8byAZfkCnUdPf0j/view?usp=sharing>