

Painel multicamada com reforço de partículas de bambu

Multilayer panel with bamboo particles reinforcement

Ugo Leandro Belini¹, Holmer Savastano Júnior², Nubia Garzón Barrero³, Diogo Sartori³,
Marta Karina Leite⁴, Juliano Fiorelli⁵ e Mario Tomazello Filho⁶**Resumo**

O presente trabalho avaliou a utilização de partículas de bambu (*Bambusa vulgaris* Schrad.) como reforço em painéis multicamadas de bagaço de cana-de-açúcar de baixa densidade (550 kg m^{-3}), aglutinados com resina a base de óleo de mamona. O delineamento experimental consistiu na concepção dos painéis em camadas externas (CE) e interna (CI), variando-se a distribuição em tamanho de partículas e a dosagem de resina, com a inserção de partículas de bambu na camada CI. Os resultados indicaram que as partículas de menor granulometria, utilizadas nas camadas externas (CE) proporcionaram excelente acabamento superficial, sendo os valores de resistência à tração perpendicular e de inchamento superiores àqueles dos painéis confeccionados exclusivamente com bagaço de cana e similares a painéis de maior densidade (750 kg m^{-3}). Como conclusão geral, a utilização de partículas para reforço permite a obtenção de painel leve com desempenho tecnológico satisfatório, com redução de custo de produto e, fundamentalmente, uma expressiva redução no uso do recurso fibroso adequando sustentavelmente o produto.

Palavras-chave: novos produtos, reforço fibroso, painel de partículas, bagaço de cana-de-açúcar, bambu.

Abstract

This study evaluated the use of bamboo particles (*Bambusa vulgaris* Schrad.) as reinforcement in multilayer panels from sugarcane bagasse with low density (550 kg m^{-3}), bounded with castor oil resin. The experimental design consisted of the use of two layers: external (CE) and internal (CI), varying the particle size and resin content, with addition of bamboo particles in CI layer. The results indicated that particles with smaller size, used in the external layer, provided excellent surface finish and the values of internal bond and swelling in thickness were higher than panels made exclusively with sugarcane bagasse, and similar to panels with 750 kg m^{-3} . As a general conclusion, the use of particles for reinforcement allows to obtain lightweight panel with satisfactory technology performance, reducing product cost and, crucially, a significant lower utilization of fibrous material from sugarcane bagasse, rendering the product in a sustainable manner.

Keywords: new products, fibrous reinforcement, particleboard, sugarcane bagasse, bamboo.

INTRODUÇÃO

O crescente aumento do consumo de madeira, o expressivo crescimento na demanda de painéis de madeira e a necessidade de tecnologias para a utilização de insumos considerados como resíduos, evitando a pressão sobre os ecossistemas naturais, abrem desafios para o

desenvolvimento de tecnologia e inovação de novos produtos, que podem substituir a madeira maciça em diferentes usos, como os painéis particulados na fabricação de móveis e pisos.

Contudo, os painéis de partículas também podem ser destinados ao uso industrial (embalagens, containeres, móveis, partes de veículos, etc.), uso estrutural na construção civil (forros, divisó-

¹Professor Doutor. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos. Rod. Ulysses Gaboardi, km 3, Curitibanos, SC. E-mail: ugo.belini@ufsc.br.

²PhD. Professor. USP/FZEA - Universidade de São Paulo – Faculdade de Zootecnia e Engenharia dos Alimentos. Av. Duque de Caxias Norte, 225, 13635-900, Pirassununga, SP. E-mail: holmersj@usp.br.

³Doutorando(a). USP/FZEA - Universidade de São Paulo – Faculdade de Zootecnia e Engenharia dos Alimentos. Av. Duque de Caxias Norte, 225, 13635-900, Pirassununga, SP. E-mail: nubiagarzonbarrero@yahoo.com; diogosartori@outlook.com.

⁴Doutora. USP/ESALQ - Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Av. Pádua Dias, 11, 13418-260, Piracicaba, SP. E-mail: marta.leite@usp.br.

⁵Professor Doutor. USP/FZEA - Universidade de São Paulo – Faculdade de Zootecnia e Engenharia dos Alimentos. Av. Duque de Caxias Norte, 225, 13635-900, Pirassununga, SP. E-mail: julianoofiorelli@usp.br.

⁶PhD. Professor. USP/ESALQ - Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Av. Pádua Dias, 11, 13418-260, Piracicaba, SP. E-mail: mtomazel@usp.br.

rias, fôrmas e caixas de concreto, paredes internas e externas, etc.) ou até mesmo para confecção de brinquedos, prateleiras e usos domésticos.

Pesquisas desenvolvidas na última década têm avaliado a aplicação de matérias-primas fibrosas de resíduos de culturas agrícolas de menor custo, para a confecção de compósitos, em diferentes regiões do mundo – e notadamente o bagaço de cana-de-açúcar no Brasil, com resultados satisfatórios quanto às propriedades dos materiais obtidos (LEE et al., 2006; KHALIL et al., 2010; MENDES et al., 2010; ORTUNÕ et al., 2011; FIORELLI et al., 2012).

No Brasil, o excedente do bagaço produzido nas usinas de açúcar e de álcool é indicado como matéria-prima para inúmeras aplicações, tendo como uma rota alternativa a confecção de painéis. Saliente-se que o estado de São Paulo, maior produtor de cana-de-açúcar, encontra-se em privilegiada localização na região centro-sul do país, local que concentra a quase totalidade das indústrias de painéis reconstituídos de fibras e partículas e que poderiam demandar este recurso fibroso.

Em pesquisas recentes com bagaço de cana para painéis, a resina à base de óleo de mamona vem sendo uma alternativa sustentável para substituição do adesivo comercial, sendo que trabalhos recentes (LIMA et al., 2008; FIORELLI et al. 2012) tem apresentado resultados satisfatórios na confecção de painéis particulados com esta resina, no entanto indica-se a necessidade de efetuar-se um estudo mais aprofundado buscando otimizar a etapa de confecção das chapas e a realização de ensaios complementares que visem atestar a qualidade dos painéis produzidos.

Assim, a manufatura de materiais compósitos com fibras naturais ou a partir de resíduos agroindustriais, aliado a utilização de resinas ecologicamente sustentáveis, desperta interesse nos meios acadêmicos e industriais por quesitos tecnológicos e pelas possibilidades associadas de serem materiais ecologicamente favoráveis e com propriedades mecânicas competitivas comparadas com aquelas de outros compósitos reforçados com fibras sintéticas, podendo ainda contribuir para um maior desenvolvimento sustentável.

O uso de partículas vegetais, por suas características intrínsecas, vai ao encontro de tal necessidade, uma vez que podem ser utilizados como reforço de painéis particulados. Além disso, recursos lignocelulósicos podem contribuir com o crescimento econômico e melhoria social através do incremento de culturas com baixo período de

rotatividade, como é o caso do bambu, comparativamente às espécies convencionais madeireiras.

Nesta temática, o objetivo deste trabalho foi confeccionar painéis de partículas multicamadas (externas – CE e interna – CI) de bagaço de cana-de-açúcar com reforço de partículas de bambu, determinando protocolo de confecção e realizando caracterização físico-mecânica destes novos compósitos.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção e classificação das matérias primas fibrosas

As partículas de bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp) foram coletadas em pátio imediatamente após a moagem, gentilmente cedidas pela Baldin Bioenergia, em Pirassununga-SP.

Os colmos de bambu (*Bambusa vulgaris* Schrad.) foram obtidos junto à Fazenda Experimental Areão da ESALQ/USP, em Piracicaba-SP. Para a escolha desta espécie considerou-se sua abundância em território nacional e pelo fato de apresentar maior comprimento de fibras (PEREIRA; BERALDO, 2008), parâmetro anatômico de fundamental interesse na confecção de painéis de partículas. Após coleta, os colmos foram transportados ao Laboratório de Química, Celulose e Papel da ESALQ/USP que gentilmente cedeu um picador, acoplado a trator, para a transformação dos colmos em cavacos.

Para ambas matérias-primas fibrosas, após efetuar-se a secagem em estufa, procedeu-se a distribuição em tamanho das partículas em peneira vibratória Produstest, pertencente ao Laboratório de Construções e Ambiente (FZEA/USP), para separação das frações a serem utilizadas nas camadas externas e interna dos painéis. Nesta etapa, foram realizadas determinações prévias e foram efetuados ajustes em função de aberturas de peneiras disponíveis definindo-se, experimentalmente que (i) na camada externa (CE) foram utilizadas partículas que ficaram retidas nas peneiras com aberturas 0,6 mm e 0,3 mm e (ii) na camada interna (CI) foram utilizadas partículas que ficaram retidas nas peneiras com abertura 1,0 mm, 2,0 mm e 4,0 mm, aberturas estas que são similares àquelas utilizadas em condições mercadológicas atuais.

Confecção dos painéis

A fabricação dos painéis de partículas aglutinados com resina poliuretana à base de óleo de mamona seguiu as recomendações de Paes

(2011). Após obtenção e secagem das partículas para um teor de umidade final entre 5-8%, o material foi levado à encoladeira onde ocorreu a adição de adesivo poliuretano à base de óleo de mamona em uma proporção de 12 a 15% do peso seco de matéria-prima, não sendo adicionado emulsão de parafina e tampouco catalisador. Este adesivo é composto por dois componentes: (A) um derivado vegetal e (B) um isocianato aromático, misturados em partes iguais. O componente A é um poliól para obtenção de poliuretanas, derivado de óleos vegetais, com aspecto líquido colorido e densidade 1,0 – 1,2 (aproximadamente). Já o componente B é um isocianato di ou polifuncional, com aspecto líquido marrom escuro e densidade de 1,24 (aproximadamente)

O adesivo foi aplicado por aspersão e foi utilizado um misturador planetário para homogeneizar a mistura das partículas com a resina. Um importante detalhe é que todo o sistema de aplicação por aspersão deve ser imediatamente lavado com thinner após a aplicação, para evitar incrustação da resina.

Após a mistura, o material foi disposto em molde (colchão) e inserido em uma prensa hidráulica a uma temperatura média variando de 90 °C a 110 °C, por 10 minutos de prensagem, com pressão média de 5 MPa, para a formação da chapa, com tempo de fechamento da prensa em 10 s.

Foram consideradas duas densidades nominais aparentes: 550 e 750 kg m⁻³, que segundo a norma ABNT (2006) definem a faixa de amplitude para a classificação de um painel de partículas de média densidade. Todos os painéis foram confeccionados nas dimensões nominais 15 mm x 400 mm x 400 mm. Os painéis com densidade 550 kg m⁻³ receberam reforço de partículas de bambu na camada interna (CI), em um percentual de 40% em massa, juntamente

com as partículas do bagaço de cana-de-açúcar de maior granulometria, em uma conformação inovadora, mas que mantêm as características mercadológicas do novo produto.

A quantificação da produção final indicou: (i) 3 painéis multicamadas com densidade 550 kg m⁻³; (ii) 3 painéis multicamadas com densidade 750 kg m⁻³; (iii) 3 painéis híbridos, com reforço de partículas de bambu na CI e densidade de 550 kg m⁻³.

Após a saída da prensa, os painéis foram climatizados por 72 h, período em que ocorre a continuação do processo de cura da resina e posteriormente refilados em dimensões finais (380 mm x 380 mm).

A Figura 1 ilustra aspectos da conformação dos painéis “standard” e “híbrido” em multicamadas bem como descreve detalhes da distribuição em tamanho das partículas, espessuras de camadas e dosagens diferenciadas de resina.

Considerando-se o percentual em massa, para o painel standard a conformação foi 15% em cada camada externa (CE) e 70% na camada interna (CI). Para o painel híbrido, a conformação foi de 10% em cada CE e 40%/40% para as partículas de cana e de bambu, respectivamente, na CI.

Ensaios de caracterização tecnológica

A determinação das propriedades físico-mecânicas foi norteada pela norma ABNT (2006) - *Chapa de madeira aglomerada*, e realizada no Laboratório de Construções e Ambiente da FZEA/USP. Para cada um dos tratamentos, foram realizados 12 ensaios de (i) verificação de espessura, (ii) densidade e resistência à tração perpendicular, (iii) inchamento e absorção 2 h e (iv) arrancamento de parafuso; e 15 ensaios de (i) flexão estática para a obtenção de MOR e MOE, que superam a especificação de número de corpos de prova previsto na referida norma.

Conformação do painel "standard"	Conformação do painel "híbrido"	Granulometria partículas	Espessura camada (mm)	Dosagem resina (%)
CE	CE	0,5 - 0,15	2	15
CI	CI (cana + bambu)	2,0 - 0,8	11	12
CE	CE	0,5 - 0,15	2	15

Figura 1. Conformação dos painéis em multicamadas, granulometria de partículas, espessura de camadas e dosagens de resina.

Figure 1. Forming panels in multilayers, particle size, thickness of layers and resin percent.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Granulometria das partículas

A distribuição em tamanho das partículas do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp) e bambu (*Bambusa vulgaris*), em peneiras de vibratórias nas aberturas delineadas, indicou os percentuais retidos descritos na Tabela 1.

Conforme Tabela 1, verifica-se que 68,6% das partículas de bagaço de cana e 84,5% das partículas de bambu foram utilizadas diretamente na confecção dos painéis nas camadas externas - CE (partículas retidas nas peneiras com aberturas 4, 2 e 1 mm) e camada interna - CI (partículas retidas nas peneiras com aberturas 0,6 e 0,3 mm), podendo ser considerado um volume expressivo de direta utilização para este tipo de painel particulado. Ainda, o material retido na peneira com abertura 8,0 mm pode ser repicado e submetido à nova classificação, aumentando o percentual aproveitado.

Já as partículas finas, retidas no coletor (granulometria < 0,3 mm), não foram utilizadas na confecção dos painéis devido à alta densidade aparente, que reflete-se em maior consumo de resina, e também por possuir indicativo de maior presença de impurezas minerais (sílica) nesta fração, elemento este que aumenta o desgaste de equipamentos de corte e processamento dos painéis e oriundo em parte da planta e

parte de contaminação ocorrida durante a colheita. A Figura 2 ilustra a presença de partícula de areia identificada em imagem MEV (microscopia eletrônica de varredura) na fração fina do bagaço de cana, quimicamente confirmada através do alto pico do elemento Si em gráfico EDS (*energy dispersive scan*), característico das impurezas minerais.

Resultados das propriedades físico-mecânicas

Os resultados físico-mecânico dos painéis, nos diversos tratamentos, estão descritos na Tabela 2, que também indica os resultados médios dos quesitos tecnológicos, comparado aos requisitos mínimos de norma, bem como o comparativo estatístico.

De acordo com a Tabela 2, a inserção de partículas de bambu (*B. vulgaris*) na camada interna (CI) dos painéis promoveu expressivo acréscimo em resistência à tração perpendicular e manteve o inchamento após 2 h dos painéis em valores médios estatisticamente semelhantes aos painéis de alta densidade. Assim, mostrou-se tecnicamente viável a obtenção de um painel leve (550 kg m^{-3}) com desempenho similar àquele do painel com densidade superior (750 kg m^{-3}) para dois importantes quesitos tecnológicos: resistência à tração perpendicular e inchamento em espessura.

Tabela 1. Classificação granulométrica das partículas: percentuais retidos nas diferentes aberturas de peneiras.
Table 1. Particles size classification: percentage retained on different sieves.

Partícula	Abertura de peneira (mm) e material retido (%)			
	8 mm	4-2-1 mm	0,6-0,3 mm	coletor
<i>Saccharum</i> sp	21,5	41,6	27,0	9,9
<i>Bambusa vulgaris</i>	12,5	65,2	19,3	3,0

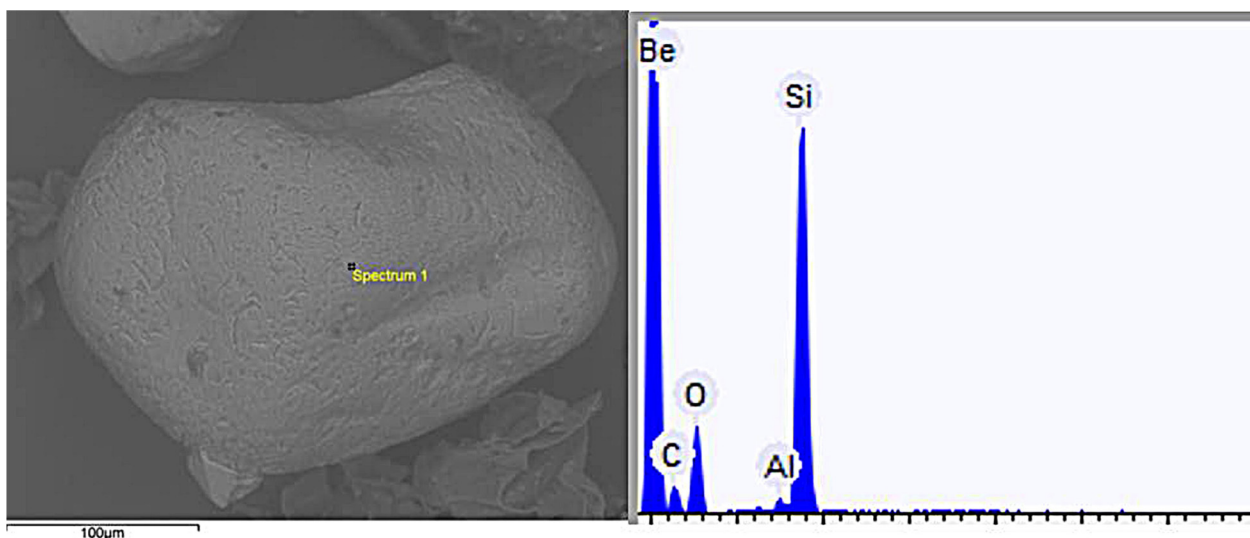


Figura 2. Imagem MEV de partícula de impureza mineral e pico do elemento Si obtido por EDS.
Figure 2. SEM image from mineral particle and peak of Si element obtained by EDS.

Tabela 2. Características tecnológicas dos painéis em multicamadas.**Table 2.** Technological characteristics from multilayers panels.

Variáveis Tecnológicas	Cana	Cana+Bambu	Cana	ABNT NBR 14810
	550 kg m ⁻³		750 kg m ⁻³	
Espessura (mm)	15,2 a (15,3-15,0) (0,1) (0,6)	15,5 a (15,8-15,4) (0,2) (1,1)	15,6 a (15,8-15,4) (0,2) (1,1)	
Densidade aparente (kg m ⁻³)	560 a (606-495) (31) (5,6)	577 a (635-528) (39) (6,8)	730 b (782-654) (41) (5,6)	
Módulo de ruptura (MPa)	11,4 a (13,4-8,7) (1,5) (13,4)	10,5 a (11,6-8,9) (0,8) (7,8)	23,3 b (27,4-19,2) (2,1) (9,1)	mínimo 15 MPa
Módulo de elasticidade(MPa)	1048 a (1149-792) (113) (10,8)	1045 a (1179-859) (100) (9,6)	2176 b (2473-2003) (126) (5,8)	mínimo 1500 MPa
Resistência à tração perpendicular (MPa)	0,38 a (0,60-0,24) (0,09) (23,5)	0,57 b (0,72-0,46) (0,15) (21,5)	0,63 b (0,80-0,45) (0,11) (16,3)	mínimo 0,55 MPa
Resistência ao arrancamento de parafuso topo (kgf)	651 a (816-446) (137) (21,1)	637 a (768-540) (79) (12,5)	1167 b (1262-1091) (67) (5,9)	
Resistência ao arrancamento de parafuso face (kgf)	773 a (996-683) (114) (14,8)	695 a (768-502) (100) (14,5)	1303 b (1556-996) (183) (14,1)	
Inchamento 2h (%)	4,8 a (5,8-3,9) (0,7) (14,5)	3,5 b (4,7-2,7) (0,6) (18,8)	3,4 b (4,3-2,6) (0,7) (20,1)	máximo 4,0%
Absorção 2h (%)	28,1 a (31,3-24,5) (2,4) (8,6)	27,5 a (34,0-20,7) (4,2) (15,2)	15,8 b (18,9-13,5) (2,0) (12,7)	

Valores médios seguidos de (máxima; mínima) (desvio padrão) e (coeficiente de variação); letras diferentes em uma mesma linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade (teste Tukey).

É relevante comentar que houve semelhança estatística entre a espessura e densidade dos painéis nos tratamentos com 550 kg m⁻³, o que é fundamental para isolar estes dois quesitos e evitar suas influências nas determinações tecnológicas, visto que notadamente a densidade apresenta forte correlação com propriedades físico-mecânicas da madeira e de painéis reconstituídos (MALONEY, 1989; VASSILIOU; BARBOUTIS, 2005; BELINI, 2012).

Ainda, o baixo valor dos coeficientes de variação indica a homogeneidade da densidade dos painéis intra e inter tratamentos. O coeficiente de variação (CV) obtido para a maioria dos ensaios pode ser considerado de baixo a médio, de acordo com Garcia (1989 apud GOMES, 1985), com CV inferior a 10%, indicado como baixo, e de 10-20%, indicado como médio.

Painéis MDP de 15 mm, com 700 kg m⁻³, de diferentes percentuais de partículas de eucalipto, pinus e cana-de-açúcar, com 6, 9 e 12% de resina UF, apresentaram valor de 0,49 MPa de resistência à tração perpendicular (HEIN et al., 2011), ligeiramente inferior para os painéis com adição de bambu e densidade 550 kg m⁻³. Já painéis aglomerados de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e fibras de eucalipto, com 12% de resina UF, apresentaram valor de 0,85 MPa para o mesmo ensaio (MENDES et al., 2010).

Também conforme Tabela 1, os painéis particulados multicamadas confeccionados com densidade 550 kg m⁻³ apresentaram variáveis

que não atenderam o valor mínimo especificado, como no caso do MOR e do MOE. Neste aspecto, além da continuidade das pesquisas, deve-se considerar a recomendação para a necessidade de adequações dos quesitos normativos da ABNT (2006) em função da densidade do painel particulado que se obtêm.

Na normatização nacional vigente para painéis de fibra (ABNT, 2009) houve avanço no sentido da segregação de novos produtos por faixas de densidade, criando-se a categoria *ultra-light* para os painéis confeccionadas com densidade entre 450 – 550 kg m⁻³, faixa esta na qual se inserem os painéis da presente pesquisa. Neste caso, a especificação dos requisitos mínimos remete a menores valores exigidos indica, por exemplo o valor mínimo de resistência à tração perpendicular, que diminui drasticamente de 0,55 MPa no produto standard (densidade 700 – 750 kg m⁻³) para 0,15 MPa nos painéis classificados como *ultralight* (densidade = 550 kg m⁻³), que foi o valor nominal de densidade praticado nesta pesquisa. Realizando analogia similar, pode-se considerar satisfatórios os valores observados na presente pesquisa.

A revisão da normatização nacional vigente para painéis particulados, similarmente à ocorrida para os painéis de fibra, torna-se salutar no sentido de classificar os produtos em faixas de densidade e indicações de uso, com consequente redução dos valores mínimos exigidos para as propriedades físico-mecânicas.

A inclusão das partículas de bambu na camada interna (CI) dos painéis remete, além da melhoria das propriedades tecnológicas já citadas, remete a outros importantes aspectos:

Redução de custo de produto: considerando que a matéria-prima madeireira (partículas) é o item de custo variável mais impactante na composição de custo final de painéis MDP (*Medium Density Particleboard*, ou painel de partícula de média densidade), a possibilidade de redução de sua massa torna-se estratégica vislumbrando-se redução de custo de produto e, fundamentalmente, a redução na utilização do recurso lignocelulósico.

Menor utilização de resina: a dosagem de resina, em percentual, é calculada considerando-se a massa de fibra a ser compactada, pois é esta massa de fibra que dita a densidade nominal desejada do painel particulado. Assim, menores densidades de produto inferem em menores utilizações de resina, que é o segundo item de maior custo variável na composição de custo de um painel de fibra e/ou partícula.

Painéis mais leves: compósitos particulados de menor densidade apresentam atratividade quanto ao transporte, também ampliando a gama de utilizações, propiciando maior leveza na composição com outros produtos estruturais, necessitando menor estrutura de sustentação quando utilizados em forros e/ou vedações, bem como apresentando vantagens logísticas em processos de exportação via container para mercado externo, no caso de molduras (*mouldings*).

Assim, a obtenção de painel particulado leve, mantendo-se (ou em alguns casos até acrescentando-se) as propriedades tecnológicas, por meio da utilização de elementos fibrosos sustentáveis de reforço, mantém íntima correlação com os três fundamentais aspectos (redução de custo de produto, menor utilização de resina e painéis mais leves) indicados e que regem aspectos primordiais nas cadeias de projeto de produto e quesitos mercadológicos.

CONCLUSÕES

A distribuição em tamanho das partículas do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp) e bambu (*B. vulgaris* Schrad.), nas aberturas de peneiras utilizadas, foi efetiva para a confecção dos painéis em multicamadas, proporcionando particulados com excelente acabamento superficial e similaridade àqueles comercializados no Brasil.

A adição de partículas de bambu na camada interna (CI) dos painéis de baixa densidade (550 kg m^{-3}) possibilitou um efetivo acréscimo no quesito mecânico de resistência à tração perpendicular e no inchamento após 2 h, valores estes que foram estatisticamente similares àqueles dos painéis confeccionados com 750 kg m^{-3} . Porém, deve-se buscar adequação aos valores especificados, notadamente do MOR e do MOE, através de continuidade de pesquisas.

A utilização de fibras ou partículas especializadas, para reforço, permite a obtenção de painel leve com desempenho tecnológico satisfatório, o que é fundamental para redução do custo de produto e minimização do consumo de recursos fibrosos.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Construções e Ambiental da FZEA/USP, NAP-BioSMat, LQCE-ESALQ/USP e FAPESP (processo 2012/10833-7).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15316-1:** Painéis de fibra de média densidade. Pt. 1: Terminologia. Rio de Janeiro, 2006. 4 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810:** Chapa de madeira aglomerada. Pt. 3: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2006a. 27 p.

BELINI, U. L., TOMAZELLO FILHO, M., LOUZADA, J. L. P. C., RODRIGUES, J. C., ASTOLPHI, J. R. S. Pilot study for MDF manufacture from sugarcane bagasse. *European Journal of Wood and Wood Products*, Berlin, v.70, n. 5, p. 537-539, 2012.

FIORELLI, J.; CURTOLO, D. D.; GARZON, N. B.; JOHNSON, R.; SAVASTANO JUNIOR, H. Particulate composite based on coconut fiber and castor oil polyurethane adhesive: An ecoefficient product. *Industrial Crops and Products*, v. 40, p. 69-75, 2012.

GARCIA, C. H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. *Circular Técnica IPEF*, Piracicaba, n. 171, p. 1-10, 1989.

- HEIN, P. R. G.; CAMPOS, A. C. M.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; CHAIX, G. Evaluation of bio-based particleboards properties by near infrared spectroscopy. *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, Berlin, v. 68, n. 4, 2011.
- KHALIL, A. H. P. S.; FAZITA, M. R.; BHAT, A. H.; JAWAID, M.; FUAD, N. A. Development and material properties of new hybrid plywood from oil palm biomass. *Materials and Design*, Reigate, v. 31, n. 1, p. 417-424, 2010.
- LEE, S. Mechanical and physical properties of agro based fiberboard. *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, Berlin, v. 64, p. 74-79, 2006.
- LIMA, F. L. S.; VALARELLI, I. D.; GONÇALVES, M. T. T.; ALMEIDA, A. L. A. Caracterização física de chapas homogêneas aglomeradas de bambu fabricadas com adesivo poliuretana à base de óleo de mamona. In. ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 11, 2008. Londrina. *Anais...* Londrina: UEL, 2008. 1 CD-ROM.
- MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry process fiberboard manufacturing**. San Francisco: Miller Freeman, 1989. 672 p.
- MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; ABRANCHES, R. A. S.; SANTOS, R. C.; GUIMARÃES JR., J. B. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de eucalipto. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 285-295, jun. 2010.
- ORTUNÕ, T. G.; RODRÍGUES, J. A.; GARCÍA, M. T. E.; VILLENA, M. F.; GARCÍA, C. E. F. Evaluation of the physical end mechanical properties of particleboard made from giant reed (*Arundo donax* L.). *BioResources*, Raleigh, v. 6, n. 1, p. 477-486, 2011.
- PAES, J. B.; NUNES, S. T.; LAHR, F. A. R.; NASCIMENTO, M. F.; LACERDA, R. M. A. Qualidade de chapas de partículas de *Pinus elliottii* coladas com resina poliuretana sob diferentes condições de pressão e temperatura. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 551-558, 2011.
- PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru: Canal 6 Editora, 2008, 240 p.
- VASSILIOU, V.; BARBOUTIS, I. Screw withdrawal capacity used in the eccentric joints of cabinet furniture connectors in particleboard and MDF. *Journal of Wood Science*, Kyoto, v. 51, n. 6, p. 572-576, 2005.

Recebido em 06/12/2013

Aceito para publicação em 21/05/2014

