

Painéis OSB de madeira *Pinus* sp. e adição de partículas de polipropileno biorientado (BOPP)OSB of *Pinus* sp. and addition of bioriented polypropylene film (BOPP) particlesLaurenn Borges de Macedo¹, Márcio Rogério da Silva², Antônia Amanda da Silva César³, Tulio Hallak Panzera⁴, André Luis Christoforo⁵ e Francisco Antonio Rocco Lahr⁶**Resumo**

O setor da construção civil é um dos que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais e grande quantidade de resíduos. A utilização de produtos alternativos, como Oriented Strand Board, surge como uma possibilidade de redução de tais impactos e tem conquistado cada vez mais espaço na construção. A adição de resíduos na matriz constituinte desses painéis representa alternativa de reaproveitamento dos descartes produzidos pela sociedade e economia de madeira no processo produtivo destes compósitos. O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar a viabilidade técnica da produção de painéis OSB com madeira de *Pinus* sp. e resina poliuretana à base de óleo de mamona, com adição (20%; 30% em fração mássica sobre as partículas de madeira) de partículas de polipropileno biorientado (BOPP). O desempenho dos painéis foi avaliado por intermédio das suas propriedades físicas e mecânicas. De acordo com a norma europeia EN 300:2006, os painéis foram classificados como OSB 4, quanto às propriedades físicas, e OSB 1, considerando-se os módulos de elasticidade e ruptura obtidos em ensaios de flexão estática. A resistência na tração perpendicular não atendeu à referida norma. Das propriedades investigadas, apenas inchamento em espessura e absorção de água foram influenciadas de forma significativa pelas frações de BOPP.

Palavras-chave: Oriented Strand Board, BOPP, *Pinus* sp.

Abstract

Construction is one of the sectors that most consumes natural resources and uses energy intensively, generating significant environmental impacts and large amounts of waste. The use of alternative products like Oriented Strand Board appears as a possibility to reduce these impacts and has gained more space in construction. The addition of waste materials in constituent matrix of these panels represents an alternative reuse of discards produced by the society and wood economy in the production process of these composites. The objective of this research was to evaluate the technical feasibility of producing OSB of *Pinus* sp. wood and castor oil based polypropylene resin with the addition of bio-oriented particles of polypropylene film (20%, 30% on the mass fraction of the wood particles). The panels' performance was evaluated by means of physical and mechanical properties. According to the EN 300:2006 standard; the panels were classified as OSB 4, for physical properties, and OSB 1, for modulus of elasticity and rupture obtained in static bending tests. The internal bond test property did not attend the above mentioned standard. Of all properties evaluated, only thickness swelling and water absorption were significantly influenced by the percentage of BOPP.

Keywords: Oriented Strand Board, BOPP, *Pinus* sp.

¹Doutoranda em Ciência e Engenharia de Materiais. USP – Universidade de São Paulo / EESC – Escola de Engenharia de São Carlos. Av. Trabalhador Saocarlense, n. 400 - 13566590 - São Carlos, SP, Brasil. E-mail: laurennmacedo@hotmail.com.

²Pós-doutorando. USP – Universidade de São Paulo / EESC – Escola de Engenharia de São Carlos. Av. Trabalhador Saocarlense, n. 400 - 13566590 - São Carlos, SP, Brasil. E-mail: marciomr@sc.usp.br.

³Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira. UFPA - Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais. Campus universitário - 37200-000 - Lavras, MG, Brasil. E-mail: amanda_ufla@hotmail.com

⁴Professor Doutor do Departamento de Engenharia Mecânica. UFSJ - Universidade Federal de São João Del-Rei. Praça Santo Antônio, 170 - Centro - 31270901 - São João del Rei, MG, Brasil. E-mail: tuliopanzera@hotmail.com.

⁵Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil. UFSCar - Universidade Federal de São Carlos. Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310 - 36307-352 - São Carlos, SP, Brasil. E-mail: christoforoal@yahoo.com.br

⁶Professor Titular do Departamento de Engenharia de Estruturas. USP – Universidade de São Paulo / EESC – Escola de Engenharia de São Carlos. Av. Trabalhador Saocarlense, n. 400 - 13566590 - São Carlos, SP, Brasil. E-mail: frocco@sc.usp.br.

INTRODUÇÃO

Em razão da certificação de áreas da Floresta Amazônica no Brasil, árvores nativas de grande porte destinadas a serrarias vêm se tornando cada vez menos disponíveis no mercado nacional. O plantio comercial de espécies exóticas constitui uma boa opção, sendo o Brasil destaque internacional no setor florestal por apresentar uma das maiores áreas de florestas comerciais plantadas do mundo. Porém, para que alcancem maiores diâmetros, árvores destes plantios necessitam de maiores ciclos de vida e de manejo adequado para a boa qualidade da madeira, o que implica maiores valores de produção (NASCIMENTO et al., 2011; ABRAF, 2012).

A produção de painéis de madeira é uma boa alternativa para substituir a madeira serrada em diversos setores da indústria brasileira, como o moveleiro e a construção civil. Nos dias de hoje, os maiores produtores mundiais de painéis de madeira reconstituída são China, Estados Unidos e Alemanha. O Brasil é responsável por apenas 3% da produção mundial, apesar de ser detentor de 47% da área florestal plantada sul-americana (ABAF, 2013).

Dentre os painéis de madeira reconstituída, o Oriented Strand Board (OSB) tem grande destaque no mercado por sua empregabilidade, principalmente a estrutural. Em países da América do Norte, 51% das aplicações do OSB ocorrem em construções habitacionais. Nos Estados Unidos da América, este painel está presente nas habitações, utilizado em paredes internas e externas, pisos e forros, com desempenho altamente satisfatório. O vasto emprego deste painel nos EUA e na Europa se deve à rapidez e à facilidade de instalação, além de uma grande economia de energia em comparação com as construções convencionais (REMADE, 2007; SANTOS; AGUILAR, 2007).

A vantagem primordial da fabricação de painéis OSB em relação ao compensado é a não exigência de grande qualidade da madeira utilizada como matéria prima, podendo ser aproveitados rejeitos provenientes de serrarias, de desbastes e podas silviculturais em sua produção (SUZUKI; TAKEIDA, 2000; JONES; FONSECA, 2002; ZHU et al., 2005; SALARI et al., 2013; SOUZA et al., 2014).

Recentemente foram realizados alguns estudos objetivando-se a utilização de insumos alternativos na produção de painéis OSB. Souza (2012) produziu painéis OSB de *Pinus* sp. com adição de telas metálicas à matriz constituinte do painel; Ferro et al. (2014) com a utilização de madeira de Paricá (*Schizolobium amazonicum*) e Nascimento et al. (2011) com madeira da Caatinga do Nordeste brasileiro. Os resultados altamente satisfatórios têm incentivado o prosseguimento de pesquisas no sentido de evidenciar o potencial de outros insumos na produção do OSB.

Embora a indústria de painéis de madeira aglomerada já esteja consolidada em todo o mundo, novos materiais e técnicas de produção têm sido desenvolvidos para a geração de novos produtos. Inúmeras alternativas relacionadas à questão ambiental têm sido destaque e foco da economia mundial na atualidade. A adição de resíduos de embalagens provenientes de produtos de consumo humano na produção de painéis de madeira constitui uma alternativa importante para descartar adequadamente estes materiais e economizar madeira durante a fabricação de painéis. Como potenciais insumos para fabricação de painéis, pode-se citar a película de polipropileno biorientado (BOPP), tipo de plástico muito utilizado na indústria alimentícia e que não apresenta reciclagem pós-consumo em grande escala em território nacional (PLASTIVIDA, 2014; ESTADÃO, 2014), fator que o torna um dos principais responsáveis por problemas ambientais e sociais devido ao seu descarte incorreto ou acúmulo em aterros sanitários.

Na última década, vários trabalhos nacionais e internacionais foram realizados em relação à adição dos mais diferentes tipos de plástico à matriz constituinte de painéis aglomerados: Kamdem et al. (2004), Maciel et al. (2004), Milagres et al. (2006), Adhikary et al. (2008), Ashori e Nourbakhsh (2009), Santos et al. (2011) e Almeida et al. (2012). No entanto, nenhum trabalho utilizando-se o BOPP na fabricação de painéis aglomerados ou qualquer outro tipo de plástico adicionado na matriz constituinte de painéis OSB foi encontrado na literatura consultada.

Este trabalho objetivou avaliar a viabilidade técnica da produção de painéis OSB de madeira de *Pinus* sp. com adição de partículas provenientes de embalagens de BOPP em sua matriz constituinte, assim como de investigar a influência das frações de BOPP nas propriedades físicas e mecânicas de interesse.

MATERIAL E MÉTODOS

Os painéis foram fabricados e caracterizados no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeiras (LaMEM), Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP).

Para produção das chapas foram utilizadas: madeira de *Pinus* sp.; resina poliuretana bicomponente à base óleo de mamona (PU), fornecida pela Indústria Plural Química Ltda; e partículas de embalagens de polipropileno biorientado (BOPP). As embalagens de BOPP foram inseridas no compósito com o propósito de promover maior estabilidade dimensional do painel, baseando-se na possibilidade de ocupação dos espaços vazios presentes na matriz.

As lascas de madeira (Figura 1a) e as partículas de embalagens de BOPP (Figura 1b) foram obtidas em gerador de partículas e moinho de faca, respectivamente. Foram geradas partículas de madeira com espessuras entre 0,50 e 0,90 mm (SOUZA et al., 2014), e partículas de BOPP com dimensões entre 0,60 e 5,5 mm, medidas estas determinadas em ensaios preliminares. Cabe salientar que a densidade aparente média da madeira de *Pinus* sp. utilizada na geração dos "strands" foi 0,540 g/cm³, apresentando entre 15 e 16% de teor umidade.



Figura 1. Partículas de madeira (a) e BOPP (b) geradas para a produção dos painéis.
Figure 1. Particles of wood (a) and BOPP (b) generated for the production of the panels.

As partículas foram então contidas na encoladeira adaptada. A aplicação do adesivo foi feita por pulverização com o auxílio de um compressor de ar e duas pistolas (Figura 2). Primeiramente aplicou-se o polioli e em seguida o pré-polímero. Com base no trabalho de Bertolini et al. (2013), adotou-se a proporção em peso entre polioli e pré-polímero de 1:1, o que possibilitou estabelecer um gel time da resina suficiente para preparação do colchão. Baseando-se nos estudos de Nascimento e Rocco Lahr (2007), os teores de resinas para todos os painéis foram de 12%, contudo, levando-se em conta os possíveis desperdícios do adesivo (principalmente nas paredes da encoladeira), notados e quantificados em testes preliminares, foram aplicados 13% de resina tendo como base o peso seco das partículas.

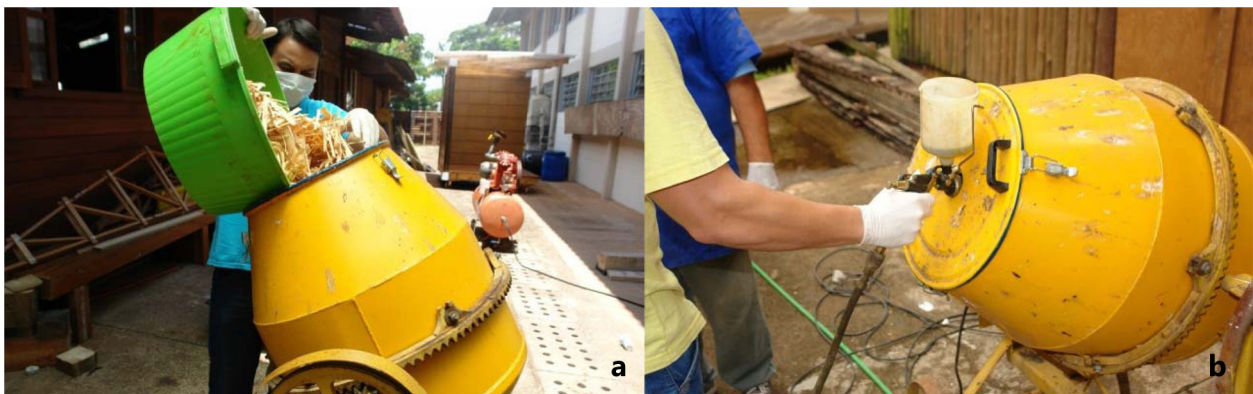


Figura 2. Encolagem das partículas (a) e pulverização da resina (b).
Figure 2. Gluing the particles (a) with spraying resin (b).

Após a aplicação do adesivo, as partículas foram colocadas no separador para realizar a sua orientação na formação do colchão (Figura 3). Em relação à direção das partículas nas superfícies e no centro, optou-se por um painel de três camadas, tendo em todas as camadas a presença de partículas de madeira e BOPP, previamente separadas na fração de partículas a utilizar nas camadas. Nas camadas externas, os “strands” de madeira foram dispostos com a mesma direção, e na camada interna com distribuição orientada perpendicularmente às camadas externas. Baseando-se no trabalho de Iwakiri et al. (2003), foi escolhida proporção (face/miolo/face) na faixa de 20:60:20, com referência à percentagem de peso seco de partículas encoladas.



Figura 3. Posicionamento das lascas com o auxílio de um orientador (a) e o colchão final formado (b).
Figure 3. Orientation of the strands with the assistance of a guide (a) and the final particle mattress formed (b).

Inicialmente foi realizada uma pré-prensagem em prensa hidráulica manual, com o objetivo de melhor conformar o colchão, evitando assim o desperdício de partículas. Em seguida, o colchão foi prensado em uma hidráulica motorizada (Figura 4), com controle de temperatura e pressão. Adotou-se temperatura de prensagem 150°C, durante 10 minutos, e pressão específica de 4,5 MPa, parâmetros determinados em ensaios preliminares.



Figura 4. Pré-prensagem (a) e prensagem final do painel (b).
Figure 4. Pre-pressing (a) and pressing of the final panel (b).

Foram produzidos 3 painéis com proporções de 70-30% de partículas de madeira e de BOPP, respectivamente, 3 painéis com proporções de 80-20% e outros 3 painéis feitos apenas com madeira de *Pinus* (condição de referência - testemunha). As chapas permaneceram por 48 horas em processo de cura da resina e então 4 corpos de provas foram confeccionados para a realização de cada um dos seguintes ensaios: flexão estática [módulos de elasticidade (MOE) e de resistência (MOR)] (ECS, 1993a), adesão interna [resistência na tração perpendicular (TP)] (ECS, 1993c), razão de compactação [RC], densidade aparente $\langle \rho \rangle$ (ECS, 1993d), absorção de água [após 2 horas (AA 2h) e 24 horas (AA 24h) de imersão em água] (ECS, 1993b), inchamento em espessura [após 2 horas (IE 2h) e 24 horas (IE 24h) de imersão em água] (ECS, 1993b) e teor de umidade [TU] (ABNT, 2006). A Tabela 1 apresenta os requisitos mínimos estabelecidos pela norma EN 300:2006 para painéis OSB com espessura de 6 a 10 mm.

Tabela 1. Valores mínimos referenciados pela norma EN 300:2006 para painéis OSB com espessura de 6 a 10 mm.
Table 1. Minimum values referenced by EN 300:2006 for OSB panels with thickness 6-10 mm.

Tipo	MOE (MPa)	MOR (MPa)	TP (MPa)	IE 24h
OSB 1	2500	20	0,3	25%
OSB 2	3500	22	0,34	20%
OSB 3	3500	22	0,34	15%
OSB 4	4800	30	0,5	12%

A análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% de significância, foi utilizada para avaliar a influência das frações de BOPP (0% [100% Pinus], 20%; 30%) nas propriedades físicas e mecânicas investigadas. Para validação da ANOVA foram avaliadas a normalidade nas distribuições por resposta (teste de Anderson Darling [AD]) e a homogeneidade das variâncias dos tratamentos (teste Bartlett [Bt]), ambos também ao nível de 5% de significância. Considerada significativa as frações de BOPP em algumas das propriedades investigadas, na sequencia utilizou-se do teste de comparações múltiplas de Tukey para o agrupamento dos níveis deste fator.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores médios (\bar{x}), os resultados do agrupamento do teste de Tukey (Ag) e os coeficientes de variação (Cv) das propriedades física e mecânicas investigadas por tipo de painel OSB fabricado (0%, 20% e 30% de BOPP em frações mássicas da matriz constituinte do painel), cabendo destacar que os P-valores dos testes de normalidade de Anderson-Darling e de homogeneidade de variâncias de Bartlett para as ambas as propriedades investigadas variaram nos intervalos de [0,146; 0,456] e [0,061; 0,236], respectivamente, validando os resultados da ANOVA (P-valor>0,05).

Tabela 2. Resultados das propriedades físicas e mecânicas e do teste de Tukey dos painéis fabricados.
Table 2. Results of physical and mechanical properties and the Tukey test of the manufactured panels.

Respostas	0% de BOPP	20% de BOPP	30% de BOPP
	; Ag; Cv(%)	; Ag; Cv(%)	; Ag; Cv(%)
ρ (g/cm ³)	0,88 (1,4%)	0,84 (5,9%)	0,78 (6,9%)
TU (%)	9,90 (6,3%)	5,20 (10%)	4,55 (12%)
IE 2h (%)	6,23 A (18,2%)	2,13 B (17%)	2,66 C (18%)
IE 24h (%)	18,88 A (12,6%)	11,92 B (32%)	8,03% C (39%)
AA 2h (%)	18,69 A (14,8%)	7,77 B (33%)	8,19 C (17%)
AA 24h (%)	36,28 A (12,5%)	23,79 B (55%)	20,71 C (41%)
RC	1,62 A (1,5%)	1,56 B (2%)	1,45 B (2%)
MOE (MPa)	3718 A (7,2%)	2908 B (19%)	2755 B (21%)
MOR (MPa)	39,67 A (14,3%)	19,27 B (25%)	18,96 B (17%)
TP (MPa)	0,61 A (26,1%)	0,18 B (23%)	0,19 B (24%)

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha são consideradas estatisticamente equivalentes ao nível de 5% de significância.

De acordo com os requisitos mínimos (Tabela 1) e especificações da europeia EN 300 (2006), os painéis OSB produzidos com 20 e 30% de BOPP em sua matriz constituinte são classificados como OSB do tipo 1 quanto aos seus módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR) na flexão, e como OSB 3 para o MOE e OSB 4 para o MOR dos painéis fabricados apenas com madeira de Pinus (0% de BOPP). Na resistência à tração perpendicular, os painéis fabricados com 0% de BOPP são classificados como OBB 4, entretanto, os painéis fabricados com 20 e 30% de BOPP não atingiram aos requisitos mínimos deste documento normativo. Como esperado, a inserção de partículas de BOPP nos painéis proporcionou reduções nos valores das propriedades mecânicas.

Quanto à propriedade física de inchamento em espessura após 24 horas, os painéis feitos com 20 ou 30% de BOPP são classificados como como OSB 4, apresentando o painel com 30% de BOPP valores muito inferiores ao exigido para painéis estruturais de alta especificação para ambiente úmido, sendo OSB 2 a classificação dos painéis feitos com 100% de madeira de Pinus. O teor de umidade dos painéis também se encontrou dentro do intervalo estabelecido pela EN 300:2006.

Mendes et al. (2002) produziram painéis OSB com madeira de Pinus de 6 espécies diferentes, que apresentaram densidade aparente variando de 0,76 a 0,83 g/cm³ e coeficiente de variação de

5,51 a 10,47%, valores compatíveis com os encontrados para os OSB híbridos de *Pinus* sp. e BOPP produzidos neste trabalho.

Os painéis OSB produzidos por Mendes et al. (2002) apresentaram razão de compactação muito superiores aos OSB híbridos produzidos nesta pesquisa, fato que se deve a maior densidade da madeira de *Pinus* sp. utilizada e as embalagens de BOPP. Quanto ao teor de umidade, os valores dos painéis híbridos se encontram inferiores ao intervalo [8,20 a 10,30%] apresentado por Souza (2012) para painéis OSB produzidos com *Pinus* sp. e resina poliuretana a base de óleo de mamona, 8,20 a 10,30 % de teor de umidade.

Para as propriedades de inchamento em espessura e absorção de água, Souza (2012) encontrou para o mesmo painel citado anteriormente valores médios de 15,2 e 24,7% para inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água, respectivamente, e 38,7 e 56,6% para absorção de água após 2 e 24 horas de imersão em água, respectivamente, valores significativamente superiores aos apresentados pelos painéis híbridos de *Pinus* sp. e BOPP desta pesquisa.

Os painéis produzidos por Mendes et al. (2002) apresentaram valores de módulos de elasticidade e de ruptura e resistência na tração perpendicular muito superiores aos apresentados pelos painéis com e sem a adição de BOPP. Os intervalos de MOE, MOR e TP apresentados pelos autores foram de 4031,31 a 4800,74 MPa, 38,44 a 49,11 MPa e de 0,67 a 0,75 MPa, respectivamente.

Dos resultados do teste de Tukey da Tabela 2, nota-se que a inclusão de 30% de partículas de BOPP forneceram os menores valores das propriedades de inchamento e absorção de água após 2 e 24 horas de imersão em água, seguidos dos painéis feitos com 20% de BOPP e finalmente pelos painéis feitos com 100% de madeira de *Pinus*, que forneceram os maiores valores destas propriedades, comportamento contrário ocorreu com relação as propriedades mecânicas, em que os painéis feitos com 100% de madeira de *Pinus* apresentaram os maiores valores, seguidos pelos painéis feitos com 20% ou com 30% de BOPP.

CONCLUSÕES

Com base no que foi obtido no desenvolvimento do presente trabalho, é possível registrar as seguintes conclusões:

- O teor de umidade dos painéis fabricados atendem ao exigido pela norma EN 300:2006;
- A densidade aparente dos painéis com 0, 20 e 30% de BOPP foi de 0,87, 0,837 e 0,784 g/cm³, respectivamente, compatível com os valores obtidos para painéis OSB comerciais;
- A razão de compactação variou de 1,56 e 1,45 para os painéis com 20 e 30% de BOPP, respectivamente, indicando a adequada densificação dos mesmos;
- De acordo com as propriedades físicas de inchamento em espessura e absorção de água, os painéis híbridos podem ser classificados, segundo a norma EN 300:2006, como OSB 4;
- Os valores médios dos módulos de elasticidade e de ruptura dos painéis de 20 e 30% de BOPP permitem classificá-los, de acordo com a norma EN 300:2006, como painéis OSB 1, e os painéis feitos com 100% de madeira de *Pinus* como OSB 3 (MOE) e 4 (MOR);
- A resistência à tração perpendicular dos painéis feitos com 20 e 30% de BOPP não atenderam aos requisitos da norma européia, enquanto que os painéis fabricados com 100% de madeira de *Pinus* são classificados como OSB 4;
- A inserção das partículas de BOPP foram significativas em todas as propriedades físicas e mecânicas avaliadas, em que o aumento progressivo deste material proporcionou reduções significativas nos valores de inchamento e absorção de água e reduções nos valores das propriedades mecânicas em relação a condição de referência, assim como esperado;

Em linhas gerais, os resultados obtidos desta pesquisa indicam a viabilidade técnica da produção do painel OSB e sua possível empregabilidade em setores da construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAF - ASSOCIAÇÃO BAIANA DAS EMPRESAS DE BASE FLORESTAL. Anuário estatístico da ABAF 2013: ano base 2012. Disponível em: <<http://www.abaf.org.br/download/bahia-florestal-anuario-abaf-2013.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2014.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810**: Chapas de madeira aglomerada, Rio de Janeiro. 2006.

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2012**: ano base 2011. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>> Acesso em: 27 fev. 2013.

ADHIKARY, K. B.; PANG, S.; STAIGER, M. P. Dimensional stability and mechanical behaviour of wood-plastic composites based on recycled and virgin high-density polyethylene (HDPE). **Composites Part B: Engineering**, v. 39, n. 5, p. 807–815, 2008.

ALMEIDA, J. E.; LOGSDON, N. B.; JESUS, J. M. H. Painéis de madeira aglomerada produzidos com serragem e poliestireno expandido. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 189-200, jan. / mar. 2012.

ASHORI, A.; NOURBAKSHSH, A. Characteristics of wood-fiber plastic composites made of recycled materials. **Waste Management**, v. 29, n. 4, p. 1291–1295, 2009.

BERTOLINI, M. S.; ROCCO LAHR, F. A.; NASCIMENTO, M. F.; AGNELLI, J. A. M. Accelerated artificial aging of particleboards from residues of CCB treated Pinus sp. and castor oil resin. **Materials Research**, São Carlos, v. 16, n. 2, p. 293-303, 2013.

ECS - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 300**: Oriented Strand Boards (OSB) - Definitions, classification and specifications, 2006.

ECS - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 310**: Wood-based panels - Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength, Bruxelas, 1993a.

ECS - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 317**: Particleboards and fibreboards - Determination of swelling in thickness after immersion in water, Bruxelas, 1993b.

ECS - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 319**: Particleboards and fibreboards - Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board, Bruxelas, 1993c.

ECS - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 323**: Wood-based – Determination of density, Bruxelas, 1993d.

ESTADÃO. Tecnologia permite reciclagem de materiais 'difíceis'. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,tecnologia-permite-reciclagem-de-materiais-difceis-imp-,567251>>. Acesso em: 20 mai. 2014.

FERRO, F. S.; ICIMOTO, F. H.; ALMEIDA, D. H.; SOUZA, A. M.; VARANDA, L. D.; CHRISTOFORO, A. L.; ROCCO LAHR, F. A. Mechanical Properties of Particleboards Manufactured with Schizolobium amazonicum and Castor oil Based Polyurethane Resin: Influence of Proportion Polyol/Pre-Polymer. **International Journal of Composite Materials**, v. 4, n. 2, p. 52-55, 2014.

IWAKIRI, S.; MENDES, L. M.; SALDANHA, L. K. Produção de chapas de partículas orientadas “OSB” de *Eucalyptus grandis* com diferentes teores de resina, parafina e composição em camadas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 89-94, 2003.

JONES, S.; FONSECA, F. Capacity of Oriented Strand Board Shear Walls with Overdriven Sheathing Nails. **Journal of Structural Engineering**, v. 128, n. 7, p. 898–907, 2002.

KAMDEM, D. P.; JIANG, H.; CUI, W.; FREED, J.; MATUANA, L. M. Properties of wood plastic composites made of recycled HDPE and wood flour from CCA-treated wood removed from service. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 35, n. 3, p. 347–355, 2004.

MACIEL, A. S.; VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. PIMENTA, A. S. Painéis de partículas aglomeradas de madeira de *Pinus elliottii* Engelm., poliestireno (PS) e polietileno tereftalato (PET). *Revista Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 257-266, mar. /abr. 2004.

MENDES, L. M.; IWAKIRI, S.; SALDANHA, L. K. *Pinus* sp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB). *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 135-145, 2002.

MILAGRES, E. G.; VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M.; PIMENTA, A. S. Compósitos de partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*, polipropileno e polietileno de alta e baixa densidades. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 463-470, 2006.

NASCIMENTO, M. F.; LAHR, F. A. R. Emprego da Algaroba (*Prosopis juliflora*) na Produção de Chapas de Partículas Homogêneas. *Minerva*, v. 4, n. 1, p. 51-56, 2007.

NASCIMENTO, M. F.; MARTINES MORALES, E. A.; ROCCO LAHR, F. A.; CHRISTOFORO, A. L.; CARVALHO, A. Chapas de OSB com uso de madeiras nativas. *Revista da Madeira*, Curitiba, n. 22, n. 126, p. 20-6, fev. 2011.

PLASTIVIDA. **Desempenho e perspectiva da reciclagem dos plásticos no Brasil**. Disponível em: . Acesso em: 29 mai. 2014.

REMADE. Painel de OSB oferece maior resistência para uso em estruturas. *Revista da Madeira*, Curitiba, v. 18, n. 108, p. 44-46, out. 2007. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1157&subject=M%FAltiplos%20Usos&title=Painel%20de%20OSB%20oferece%20maior%20resist%EAncia%20para%20uso%20em%20estruturas>. Acesso em: 9 out. 2013.

SALARI, A.; TABARSA, T.; KHAZAEIAN, A.; SARAEIAN, A. Improving some of applied properties of oriented strand board (OSB) made from underutilized low quality paulownia (*Paulownia fortunei*) wood employing nano-SiO₂. *Industrial Crops and Products*, v. 42, p. 1- 9, 2013.

SANTOS, M. P.; AGUILAR, M. T. P. Painéis de madeira como vedação vertical em construções. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, Belo Horizonte, v. 14, n. 15, p. 242-263, dez. 2007.

SANTOS, R. C.; MENDES, L. M.; CARNEIRO, A. C. O.; MORI, F. A.; CASTRO, R. V. O.; MENDES, R. F. Utilização de resíduos da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*(dc.) macleish) na produção de painéis aglomerados com adição de PET. *Ciências Florestais*, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 149-158, jan. / mar., 2011.

SOUZA, A. M. **Produção e avaliação do desempenho de painéis de partículas orientadas (OSB) de *Pinus* sp. com inclusão de telas metálicas**. 2012. 117p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SOUZA, A. M.; VARANDA, L. D.; CHRISTOFORO, A. L.; NASCIMENTO, M. F.; POLETO, S. F. S.; PANZERA, T. H.; ROCCO, F. A. L. Modulus of Elasticity in Static Bending for Oriented Strand Board (OSB). *International Journal of Composite Materials*, v. 4, n. 2, p. 56-62, 2014.

SUZUKI, S.; TAKEDA, K. Production and properties of Japanese oriented strand board I: effect of strand length and orientation on strength properties of sugi oriented strand board. *Journal Japan Wood Science*, Tokyo, v. 46, n. 4, p. 289-295, 2000.

ZHU, E.; GUAN, Z.; RODD, P.; POPE, D. Buckling of Oriented Strand Board Webbed Wood I-Joists. *Journal of Structural Engineering*, v. 131, n. 10, p. 1629-1636, 2005.

Recebido em 03/04/2015

Aceito para publicação em 27/04/2016