



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n7p674-679>

Propriedades físicas de painéis aglomerados de madeira produzidos com adição de película de polipropileno biorientado

Lauren B. de Macedo¹, Fabiane S. Ferro¹, Luciano D. Varanda¹, Raquel S. Cavalheiro¹, André L. Christoforo² & Francisco A. Rocco Lahr¹

¹ Laboratório de Madeira e Estruturas de Madeira/Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. E-mail: laurenmmacedo@hotmail.com (Autora correspondente); fsferro@usp.br; lu.varanda@hotmail.com; raquelschmitt1@gmail.com; frocco@sc.usp.br

² Departamento de Engenharia Civil/Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP. E-mail: alchristoforo@yahoo.com.br

Palavras-chave:

compósito de madeira
inchamento em espessura
absorção de água
massa específica

RESUMO

No Brasil, as últimas décadas foram marcadas pela crescente produção de painéis de madeira seguida pelo aumento do consumo nacional; isto descreve o quão promissora é a área devido à sua grande potencialidade quanto ao desenvolvimento de novos produtos e tecnologias; como exemplo disto existe a possibilidade de mistura entre materiais lignocelulósicos e os diversos resíduos produzidos pela sociedade. Entre tais resíduos o plástico é o que apresenta maior abundância nos descartes domésticos. Neste contexto, o presente trabalho objetivou determinar propriedades físicas de painéis aglomerados homogêneos confeccionados com partículas de madeira de *Eucalyptus* sp e *Pinus* sp e de embalagens de película de polipropileno biorientado tendo, como adesivo, a resina poliuretana à base de óleo de mamona. Foram avaliadas as propriedades: inchamento em espessura e absorção de água, com corpo de prova com e sem impermeabilização, e massa específica. Concluiu-se que, dos fatores investigados, apenas o uso do impermeabilizante foi significativo. De acordo com a ANSI A208.1 (ANS, 1999) os painéis produzidos são classificados como de alta massa específica (H). Relativamente ao inchamento em espessura por 2 h, os painéis atenderam ao exigido pela NBR 14810 (ABNT, 2013) para espessura de 8 a 13 mm.

Key words:

wood composites
thickness swelling
water absorption
specific gravity

Physical properties of wood particleboard produced with addition of bioriented polypropylene film

ABSTRACT

In Brazil, the last decades have been marked by increasing production of wood panels following increased domestic consumption. It describes how promising the area is due to its high potential for development of new products and technologies. As an example, the possibility of mixture of different lignocellulosic materials and residues produced by society. Among these, waste plastic is the one with the greatest abundance in domestic discards. In this context, the present study aimed to determine physical properties of homogeneous particleboards made of particles of *Eucalyptus* sp and *Pinus* sp wood and of bioriented polypropylene film packaging having as adhesive, polyurethane resin based on castor oil. The properties evaluated were: thickness swelling and water absorption, using specimen with and without waterproofing, and specific gravity. It was concluded that, of the investigated factors, only the use of waterproofing was significant. According to ANSI A208.1 (ANS, 1999), the panels produced are classified as high-specific gravity (H). Regarding the thickness swelling for 2 hours, the panels met the requirements included in NBR 14810 (ABNT, 2013) to thickness of 8 to 13 mm.

INTRODUÇÃO

O surgimento dos painéis de madeira ocorreu com o isolamento da Alemanha durante a Segunda Guerra Mundial, época em que o país se viu diante de dificuldades que fomentaram o surgimento de novas tecnologias. Uma delas foi o desenvolvimento de painéis de madeira aglomerada, no ano de 1940, como forma de empregar os resíduos madeireiros disponíveis, num cenário de escassez de madeira com características compatíveis com a produção dos compensados (Iwakiri, 2005).

Ainda de acordo com o mesmo autor acima citado (Iwakiri, 2005), o painel de madeira aglomerada é definido como “um painel produzido com partículas de madeira, com a incorporação de um adesivo sintético e reconstituídos numa matriz randômica e consolidados através de aplicação de calor e de pressão na prensa quente”.

No Brasil, entre os anos de 2000 e 2010 a produção anual de painéis teve um crescimento médio de 8,2% a.a., consolidando sua participação em vários segmentos consumidores; da mesma forma, houve um incremento no consumo de painéis industrializados, cerca de 8,7% a.a., equivalente a 3,9 milhões de toneladas em 10 anos (ABRAF, 2012). Esses números apenas descrevem o quão promissor é o setor de painéis na economia de nosso país. Além disto, constitui-se em área com elevado potencial para o desenvolvimento de novos produtos como, por exemplo, os decorrentes dos possíveis consórcios entre os diversos materiais lignocelulósicos e os resíduos da atividade humana, em particular aqueles sem descarte ou reciclagem adequados.

Durante o processo de desdobramento da madeira produz-se grande quantidade de resíduos que, em sua maioria, são destinados à queima como forma de descarte e produção de energia. Esses resíduos são compostos principalmente da serragem produzida pela serra utilizada durante o desdobra da madeira e por partes da árvore que não apresentam interesse econômico no mercado de madeiras serradas mas que têm larga aplicação na indústria de painéis de madeira aglomerada (Nascimento & Rocco Lahr, 2007; Bertolini et al., 2013).

Entre os vários resíduos produzidos por uma sociedade em que o consumismo é estimulado, o plástico é o material que apresenta maior abundância nos descartes domésticos. Apesar dos grandes avanços nos processos de reaproveitamento e reciclagem deste resíduo, nem todos os tipos de plásticos ainda são recicláveis em grande escala em nosso país, como é o caso do BOPP (película de polipropileno biorientado) (Macedo, 2014).

Diversos trabalhos nos quais se utilizam o resíduo madeireiro e plástico na produção de painéis aglomerados têm sido realizados destacando-se, dentre eles: Yamaji & Bonduelle (2004), Maciel et al. (2004), Milagres et al. (2006), Quinhones (2007), Pauleski et al. (2007), Texeira et al. (2009), Santos et al. (2011), Almeida et al. (2012) porém nenhum registro foi encontrado na literatura referente às pesquisas abrangendo o consórcio de partículas de madeira e BOPP na produção de painéis.

Os aglomerados podem ser aplicados largamente na indústria da construção civil, como forros, divisórias, portas e pisos. Neste contexto, Sartori et al. (2012) desenvolveram

painéis aglomerados de madeira de reflorestamento e chapas de partículas de resíduos lignocelulósicos do tipo bagaço de cana-de-açúcar com resina poliuretana à base de óleo de mamona com aplicação em edificações de manejo bovino. Fiorelli et al. (2012) obtiveram bom desempenho estrutural para sistema de coberturas pré-fabricadas em madeira, painéis aglomerados e telha reciclada destinada à aplicação em construções rurais. Gatani et al. (2013) desenvolveram um painel aglomerado produzido a partir de casca de amendoim com grande potencialidade para utilização em ambientes internos, como revestimento superficial de residências, construções agrícolas, setor moveleiro e decorativo; portanto, a produção de painéis aglomerados se constituiu numa alternativa para o melhor aproveitamento dos vários resíduos produzidos atualmente pelas diversas atividades econômicas mundiais sendo eles de origem lignocelulósica ou inorgânica. Neste contexto a produção de aglomerados a partir de resíduos madeireiros e embalagens plásticas assegura o descarte ecologicamente adequado para essas embalagens que ainda são as responsáveis por problemas sociais e ambientais.

Este trabalho teve por objetivo determinar a massa específica e avaliar o inchamento em espessura e absorção de água de painéis aglomerados homogêneos produzidos a partir de partículas de madeira, embalagens de película de polipropileno biorientado (BOPP) e resina poliuretana à base de óleo de mamona, com e sem a utilização de impermeabilizantes com nanotecnologia de repelência à água.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM), do Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP).

Primeiramente, geraram-se partículas em um moinho de facas do tipo Willye modelo MA680 usando-se madeira de *Eucalyptus* sp e *Pinus* sp e BOPP. Os painéis aglomerados homogêneos foram então produzidos conforme metodologia proposta por Nascimento et al. (2013) com as dimensões das partículas variando ambas de 0,6 a 5,5 mm, de acordo com o mesmo autor. O colchão matricial de massa total de 640 gramas foi formado por 20% de partículas de BOPP e 80% de partículas de madeira (Figura 1).

As partículas de madeira e BOPP foram colocadas em uma encoladeira com pas, onde foram homogeneizadas com adição de 12% de adesivo poliuretano à base de óleo de mamona (em relação à massa das partículas empregadas), na proporção de 1:1 de polioli e prepolímero (Figura 2).

O colchão matricial do painel foi formado por intermédio de pré-prensagem a frio (0,1MPa) e, em seguida, encaminhado para prensagem final, a quente, em prensa hidráulica, na temperatura de 150 °C, 4,5 MPa, por 10 min (Figura 3).

Foram produzidos 5 painéis com madeira de *Pinus* sp mais BOPP, 5 com *Eucalyptus* sp mais BOPP e 5 mistos das duas espécies (50% de cada uma) mais BOPP, com espessura média de aproximadamente 9 mm; de cada painel foram retirados 6 corpos de prova para determinação do inchamento



Figura 1. Matriz de partículas constituintes do colchão do painel



Figura 2. Constituintes da resina poliuretana à base de óleo de mamona (poliol e pré-polímero)



Figura 3. Prensagem final, a quente, do painel

em espessura (I), 6 para determinação da absorção de água (A) e 3 para determinação da massa específica (ρ) (Figura 4) conforme Macedo (2014).

Metade dos corpos de prova destinados à determinação do inchamento em espessura e absorção de água dos painéis foi impermeabilizada com produto de nanotecnologia de repelência de água, Surfapore W[®].

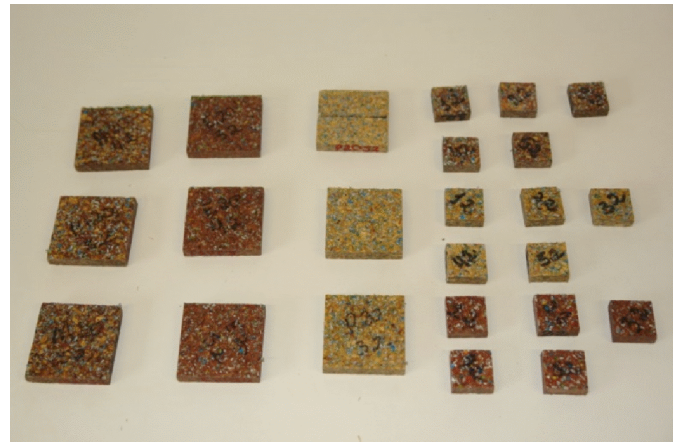


Figura 4. Corpos de prova utilizados para ensaios físicos de inchamento em espessura, absorção de água e massa específica dos painéis produzidos

Os painéis de partículas com 20% de BOPP envolveram a combinação de dois fatores na elaboração dos materiais, as frações com massa de partículas de madeira de *Pinus* sp na matriz lignocelulósica do painel e o uso ou não de material impermeabilizante na superfície dos corpos de prova (CPs) (Com; Sem), fornecendo um planejamento experimental completo com seis condições experimentais distintas, explicitadas na Tabela 1.

As variáveis-resposta investigadas foram o inchamento em espessura (IE) em 2 h (IE 2h) e em 24 h (IE 24h), absorção de água (AA) em 2 h (AA 2h) e em 24 h (AA 24h). Os seis tratamentos do planejamento fatorial completo nas propriedades físicas foram avaliados segundo a análise de variância (ANOVA) com o auxílio do software Minitab[®] versão 14.

A ANOVA foi avaliada a nível de 5% de significância tendo a equivalência de médias entre os tratamentos como hipótese nula (H_0) e a não equivalência como hipótese alternativa (H_1). P-valor superior a nível de significância implica aceitar H_0 , rejeitando-a em caso contrário. Na validação da ANOVA foram utilizados o teste de Anderson-Darling para verificação da normalidade nas distribuições por resposta e os testes Bartlett, teste F e de Levene para verificação da homogeneidade de variâncias entre os tratamentos, ambos avaliados a nível de 0,05 de significância. O teste de Anderson-Darling teve a normalidade da distribuição como hipótese nula e a não normalidade como hipótese alternativa. P-valor superior a 5% implica aceitar H_0 , recusando-a em caso contrário. Os testes de homogeneidade entre variâncias tiveram a equivalência de variâncias entre tratamentos como hipótese nula e a não equivalência como hipótese alternativa. P-valor superior a 5%

Tabela 1. Tratamentos investigados

Tratamentos (Tr.)	Frações de <i>Pinus</i>	Impermeabilizante
Tr. 1 ¹	0%	Com
Tr. 2 ¹	0%	Sem
Tr. 3 ²	50%	Com
Tr. 4 ²	50%	Sem
Tr. 5 ³	100%	Com
Tr. 6 ³	100%	Sem

¹Painéis apresentam 100% de madeira de *Eucalyptus* sp em sua matriz constituinte lignocelulósica; ²Painéis apresentam 50% de madeira de *Eucalyptus* sp em sua matriz constituinte lignocelulósica; ³Painéis apresentam 0% de madeira de *Eucalyptus* sp em sua matriz constituinte lignocelulósica

implica aceitar H_0 , rejeitando-a em caso contrário (Alves et al., 2014; Souza et al., 2014).

Considerado significativo o fator ou interação dos fatores utilizou-se, na sequência, o teste de comparações múltiplas de Tukey, como forma de eleger o melhor tratamento por resposta.

Para a realização dos ensaios físicos de inchamento em espessura e absorção de água metade dos corpos de prova retirados de cada painel foi impermeabilizada com produto com nanotecnologia de repelência de água. Todos os corpos de prova foram então submersos em água pelo período de 24 h.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Tabelas 2 e 3 apresentam os valores médios (\bar{x}) e os coeficientes de variação (CV) por painéis de cada um dos seis tratamentos estipulados para os painéis de partículas quanto às propriedades de inchamento em espessura e absorção de água. A Tabela 4 apresenta os valores médios da massa específica dos painéis sem o tratamento de impermeabilização.

A Tabela 5 apresenta os resultados da ANOVA, dos testes de normalidade e de homogeneidade de variância (validação) para cada propriedade física investigada, sendo %Pin as frações de partículas de madeira de *Pinus*; Imp o fator impermeabilizante; %Pin×Imp a interação entre os dois fatores; AD o teste de normalidade de Anderson-Darling; Bt e Le os testes de homogeneidade de variâncias de Bartlett e Levene, respectivamente.

Os resultados do teste de normalidade e homogeneidade de variâncias apresentaram P-valores superiores a 0,05 em todas as respostas validando o modelo de ANOVA; dentre os fatores investigados apenas o uso do impermeabilizante foi significativo, o que não ocorreu com as frações de partículas de madeira de *Pinus* e da interação entre os dois fatores, que forneceram resultados equivalentes.

A Tabela 6 apresenta os resultados do teste de Tukey referente ao uso do impermeabilizante na obtenção do inchamento em espessura e absorção de água dos painéis de partícula, considerados significativos pela ANOVA. Letras

Tabela 4. Valores médios da massa específica por tratamento

Tratamentos (Tr.)	ρ (kg m ⁻³)	CV
Tr. 2 ¹	963,79	0,16%
Tr. 4 ²	946,08	1,43%
Tr. 6 ³	932,17	0,26%

¹Paineis que apresentam 100% de madeira de *Eucalyptus* sp em sua matriz constituinte lignocelulósica; ²Paineis que apresentam 50% de madeira de *Eucalyptus* sp em sua matriz constituinte lignocelulósica; ³Paineis que apresentam 0% de madeira de *Eucalyptus* sp em sua matriz constituinte lignocelulósica

Tabela 5. Resultados da ANOVA sobre as propriedades físicas dos painéis de partículas

Respostas	P-valor (Testes)			P-valor (ANOVA)		
	AD	Bt	Le	%Pin	Imp	%Pin×Imp
IE 2h	0,31	0,15	0,23	0,39	0,00	0,21
IE 24h	0,17	0,26	0,34	0,26	0,00	0,15
AA 2h	0,28	0,24	0,47	0,24	0,00	0,46
AA 24h	0,10	0,19	0,28	0,66	0,00	0,32

IE - Inchamento em espessura; AA - absorção de água

Tabela 6. Resultados do teste de Tukey para a AA e IE dos painéis de partículas

Resposta	Impermeabilizante	
	Com	Sem
IE 2 h	B	A
IE 24 h	B	A
AA 2 h	B	A
AA 24 h	B	A

IE - Inchamento em espessura; AA - absorção de água

iguais implicam em tratamentos com médias equivalentes, sendo A valores médios superiores a B.

Da Tabela 6 nota-se que houve diferença significativa quanto ao uso do impermeabilizante nos CPs na avaliação das propriedades físicas de IE e AA. A impermeabilização foi responsável por reduzir o inchamento em espessura e a absorção de água em 2 e em 24 h dos painéis de partículas fabricados.

De acordo com a ANS (1999) os painéis produzidos são classificados como de alta massa específica (H) pois estão acima do valor de 800 kg m⁻³ estabelecidos pela norma. A propriedade física de inchamento em espessura por 2 h submersos em água dos painéis atendeu aos 8% exigidos pela NBR 14810 (ABNT, 2013) para espessura de 8 a 13 mm. As

Tabela 2. Inchamento em espessura (IE) e absorção de água (AA) após 2 h dos painéis de partícula

IE 2 h (%)	AA 2 h (%)	IE 2 h (%)	AA 2 h (%)	IE 2 h (%)	AA 2 h (%)
Tratamento 1 ¹		Tratamento 3 ²		Tratamento 5 ³	
\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV
1,29; 33%	1,37; 52%	0,95; 34%	3,97; 51%	1,39; 38%	2,36; 48%
Tratamento 2 ¹		Tratamento 4 ²		Tratamento 6 ³	
\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV
1,88; 38%	1,75; 50%	1,59; 35%	3,92; 47%	1,80; 33%	2,88; 53%

¹Paineis que apresentam 100% de madeira de *Eucalyptus* sp em sua matriz constituinte lignocelulósica; ²Paineis que apresentam 50% de madeira de *Eucalyptus* sp em sua matriz constituinte lignocelulósica; ³Paineis que apresentam 0% de madeira de *Eucalyptus* sp em sua matriz constituinte lignocelulósica

Tabela 3. Inchamento em espessura (IE) e absorção de água (AA) após 24 h dos painéis de partículas

IE 24 h (%)	AA 24 h (%)	IE 24 h (%)	AA 24 h (%)	IE 24 h (%)	AA 24 h (%)
Tratamento 1 ¹		Tratamento 3 ²		Tratamento 5 ³	
\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV
2,97; 49%	6,93; 58%	3,35; 42%	7,01; 59%	6,22; 48%	11,45; 60%
Tratamento 2 ¹		Tratamento 4 ²		Tratamento 6 ³	
\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV	\bar{x} ; CV
3,18; 52%	7,61; 61%	3,32; 59%	11,47; 62%	6,31; 52%	13,37; 62%

¹Paineis que apresentam 100% de madeira de *Eucalyptus* sp em sua matriz constituinte lignocelulósica; ²Paineis que apresentam 50% de madeira de *Eucalyptus* sp em sua matriz constituinte lignocelulósica; ³Paineis que apresentam 0% de madeira de *Eucalyptus* sp em sua matriz constituinte lignocelulósica

normas utilizadas estabelecem parâmetros de qualidade para painéis aglomerados de madeira produzidos com adesivo de natureza ureica, embora tenha sido usada em razão da falta de normas específicas para painéis de alta massa específica produzidos com resina poliuretana à base de óleo de mamona (PU) e matriz constituinte mista de madeira e material não-lignocelulósico (BOPP). Pelo fato de inchamento 24 h não constar nas normas utilizadas como referência, os valores obtidos neste trabalho foram comparados com outros presentes na literatura e a seguir comentados; o mesmo é aplicado à propriedade de absorção de água.

Iwakiri et al. (2005) produziram painéis de alta densificação de *Pinus* sp com 12% de melamina-ureia-formaldeído (MUF) e massa específica de 900 kg m⁻³, valor próximo ao dos painéis produzidos pelo tratamento 6, que apresentaram inchamento em espessura de 16,86%, em 2 h, e 18,55% em 24 h de imersão em água. Para absorção de água os autores encontraram, para o mesmo tipo de painel, valores de 42,43%, para 2 h, e 47,71% para 24 h de imersão em água. Os valores apresentados são bastante superiores aos dos painéis produzidos com *Pinus* sp e adição de BOPP sem impermeabilização (Tr. 6) o que demonstra a superioridade do painel desenvolvido em relação a esta propriedade (Tabela 7).

Naumann et al. (2008) fabricaram painéis aglomerados de *Eucalyptus* sp com massa específica de 600 kg m⁻³, valor inferior ao apresentado pelos painéis produzidos pelo tratamento 2 deste trabalho e 8% de ureia-formaldeído e inchamento em espessura após imersão em água por 2 e 24 h de 13,8 e 16,8 % e absorção de água nos mesmos períodos de 89,2 e 97,2%. Esses valores são muito superiores aos encontrados para os painéis produzidos Tr. 2 deste trabalho (Tabela 8).

Menezzi et al. (1996) produziram painéis aglomerados com 50% de *Eucalyptus urophylla* e 50% de *Pinus oocarpa* com massa específica de 700 kg m⁻³, valor inferior ao apresentado pelos painéis produzidos pelo tratamento 2 deste trabalho, e 10% de ureia-formaldeído. Estes painéis apresentaram inchamento em espessura com valores de 25,32 e 30,36%, para 2 e 24 h, e absorção de água de 73,95 e 82,15% para 2 e 24 h, valores superiores aos apresentados pelos painéis do Tr. 4 (Tabela 9).

Tabela 7. Comparação entre os painéis produzidos Tratamento 6 e Iwakiri et al. (2005)

Painéis	I (%) 2h	I (%) 24h	A (%) 2h	A (%) 24h
Literatura	16,86	18,55	42,43	47,71
Tr. 6	1,80	6,31	2,88	13,91

Tabela 8. Comparação entre os painéis produzidos pelo Tratamento 2 e Naumann et al. (2008)

Painéis	I (%) 2h	I (%) 24h	A (%) 2h	A (%) 24h
Literatura	13,80	16,80	89,20	97,20
Tr. 2	1,88	3,18	1,75	7,61

Tabela 9. Comparação entre os painéis produzidos Tratamento 4 e Menezzi et al. (1996)

Painéis	I (%) 2h	I (%) 24h	A (%) 2h	A (%) 24h
Literatura	25,32	30,36	73,95	82,15
Tr. 4	1,59	3,32	3,92	11,47

CONCLUSÕES

1. Os painéis de partículas aglomeradas, fabricados a partir de material lignocelulósico e 20% de embalagens de película de polipropileno biorientado (BOPP) em sua matriz constituinte, quanto às suas propriedades físicas, têm grande potencial para usos específicos na indústria moveleira e construção civil.

2. Dos fatores investigados apenas o uso do impermeabilizante foi significativo sendo que o mesmo não ocorreu com as frações de partículas de madeira de *Pinus* e da interação entre os dois fatores, que forneceram resultados equivalentes.

3. Os painéis se mostraram, quanto à estabilidade dimensional, em conformidade com a Normalização Técnica e se apresentaram com resultados superiores àqueles obtidos por outros autores.

LITERATURA CITADA

- Almeida, J. E.; Logsdon, N. B.; Jesus, J. M. H. Painéis de madeira aglomerada produzidos com serragem e poliestireno expandido. *Revista Floresta*, v.42, p.189-200, 2012. <http://dx.doi.org/10.5380/rev.v42i1.26317>
- Alves, L. S.; Silva, S. A. M.; Azambuja, M. A.; Varanda, L. V.; Christoforo, A. L.; Gonçalves, D.; Rocco Lahr, F. A. Study of the feasibility of "mix" of species from sawmill waste and limiting for particleboard. *International Journal of Composite Materials*, v.4, p.30-37, 2014. <http://dx.doi.org/10.5923/j.comaterials.20140401.05>
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14810: Chapas de madeira aglomerada. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. v.3, 124p.
- ABRAF - Associação Brasileira de Florestas Plantadas. 2011. Anuário estatístico da ABRAF 2012: ano base 2011. <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>>. 27 Fev. 2013.
- ANS - American National Standard. A208.1: Particleboard. Gaithersburg: Composite Panel Association, 1999. 13p.
- Bertolini, M. S.; Rocco Lahr, F. A.; Nascimento, M. F.; Agnelli, J. Accelerated artificial aging of particleboards from residues of CCB treated *Pinus* sp and castor oil resin. *Materials Research*, v.16, p.293-303, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-14392013005000003>
- Fiorelli, J.; Soriano, J.; Rocco Lahr, F. A. Roof modular system in wood and particle board (OSB) to rural construction. *Revista Scientia Agricola*, v.69, p.189-193, 2012.
- Gatani, M. P.; Fiorelli, J.; Medina, J. C.; Arguello, R.; Ruiz, A.; Nascimento, M. F.; Savastano Junior, H. Viabilidade técnica de produção e propriedades de painéis de partículas de casca de amendoim. *Matéria*, v.18, p.1286-1293, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-70762013000200004>
- Iwakiri, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEF. 2005. 254p.
- Iwakiri, S.; Andrade, A. S.; Cardoso Junior, A. A.; Chimpanski, E. R.; Prata, J. G.; Adriaçola, M. K. O. Produção de painéis aglomerados de alta densificação com uso de resina melamina-uréia-formaldeído. *Revista Cerne*, v.11, p.323-328, 2005.
- Macedo, L. B. Painéis OSB de madeira *Pinus* sp. e adição de partículas de polipropileno biorientado (BOPP). São Carlos: EESC/USP, 2014. 84p. Dissertação Mestrado

- 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*, v.28, p.257-266, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000200012>
- Menezzi, C. H. S. del; Souza, M. R.; Gonçalves, J. C. Fabricação e avaliação tecnológica da chapa aglomerada de mistura de *Eucalyptus urophylla* T. S. Blake e *Pinus oocarpa* Schiede. Revista *Árvore*, v.20, p.371-379, 1996.
- 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*, v.30, p.463-470. 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000300017>
- Nascimento, M. F.; Christoforo, A. L.; BertolinI, M.S.; Chahud, E.; Rocco Lahr, F. A. Painéis de partículas homogêneas fabricados com espécies de manejo da região da Caatinga do Brasil. Revista *Construindo*, v.5, p.1-10, 2013.
- Nascimento, M. F.; Rocco Lahr, F. A. Emprego da algaroba (*Prosopis juliflora*) na produção de chapas de partículas homogêneas. Revista *Minerva*, v.3, p.51-56, 2007.
- Naumann, R. P.; Vital, B. R.; Carneiro, A. C. O.; Della-Lucia, R. M.; Silva, J. C.; Carvalho, A. M. M. L.; Colli, A. Propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e de *Schizolobium amazonicum* Herb. Revista *Árvore*, v.32, p.1143-1150, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000600020>
- Pauleski, D. T.; Haselein, C. R.; Santini, E. J.; Rizatti, E. Características de compósitos laminados manufaturados com polietileno de alta densidade (PEAD) e diferentes proporções de casca de arroz e partículas de madeira. Revista *Ciência Florestal*, v.17, p.157-170, 2007.
- Quinhones, R. Fabricação e qualificação de placas compostas de serragem e plástico reciclável. Piracicaba: ESALQ/USP, 2007. 46p. Dissertação Mestrado
- Santos, R. C.; Mendes, L. M.; Carneiro, A. de 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. Revista *Ciências Florestais*, v.21, p.149-158, 2011.
- Sartori, D. L.; Cravo, J. C. M.; Barrero, N. G.; Fiorelli, J.; Savastano Júnior, H. Paineis em madeira de reflorestamento e chapas de partículas para instalações rurais. Revista *Floresta e Ambiente*, v.19, p.171-178, 2012. <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2012.020>
- Souza, A. M.; Varanda, L. D.; Christoforo, A. L.; Nascimento, M. F.; Poleto, S. F. S.; Panzera, T. H.; Rocco Lahr, F. A. Modulus of elasticity in static bending for oriented strand board (OSB). *International Journal of Composite Materials*, v.4, p.56-62, 2014. <http://dx.doi.org/10.5923/j.comaterials.20140402.03>
- Texeira, D. E.; Garlet, A.; Sanches, K. L. Resistance of particleboard panels made of agricultural residues and bonded with synthetic resins or pvc plastic to wood-rotting fungi. Revista *Cerne*, v.15, p.413-420, 2009.
- Yamaji, F. M.; Bonduelle, A. Utilização da serragem na produção de compósitos plástico-madeira. Revista *Floresta*, v.34, p.59-66, 2004.