

Painéis OSB fabricados com madeiras da caatinga do nordeste do Brasil

OSB panels made with wood species from the Brazilian Northeast's caatinga

Maria Fátima Nascimento
Marília da Silva Bertolini
Túlio Hallak Panzera
André Luis Christoforo
Francisco Antonio Rocco Lahr

Resumo

Este trabalho objetivou avaliar a viabilidade da produção de painéis OSB feitos com espécies de madeira da caatinga do nordeste do Brasil – marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.), jurema-branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke) e catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth.) – e resina poliuretana bicomponente derivada de mamona. As propriedades investigadas foram: densidade aparente; inchamento em espessura e absorção de água, ambos em 2 h e 24 h; módulo de elasticidade e resistência na flexão, na direção paralela e na direção perpendicular ao painel; adesão interna e arrancamento de parafuso em relação à face, conforme as normas europeias EN. Os resultados das propriedades físicas e mecânicas obtidas evidenciaram a possibilidade da produção em laboratório de painéis OSB com as três espécies analisadas, conforme valores médios e variabilidade de propriedades equivalentes às chapas fabricadas em escala industrial, além de comparados aos requisitos da norma EN 300 (EUROPEAN..., 2006) para painéis dos tipos OSB/3 e OSB/4. Pela análise de variância, os painéis OSB fabricados com strands de madeiras de catanduva apresentaram os melhores resultados para as propriedades mecânicas; para as físicas, os melhores desempenhos foram provenientes dos painéis feitos com madeira de marmeleiro e jurema-branca.

Maria Fátima Nascimento
Universidade de São Paulo
São Carlos - SP - Brasil

Marília da Silva Bertolini
Universidade de São Paulo
São Carlos - SP - Brasil

Túlio Hallak Panzera
Universidade Federal de São João
Del-Rei
São João del Rei - MG - Brasil

André Luis Christoforo
Universidade Federal de São Carlos
São Carlos - SP - Brasil

Francisco Antonio Rocco Lahr
Universidade de São Paulo
São Carlos - SP - Brasil

Recebido em 03/02/14
Aceito em 25/12/14

Palavras-chaves: Painéis OSB. Caatinga. Rigidez. Resistência.

Abstract

This research study aimed to evaluate the feasibility of OSB (Oriented Strand Board) production using wood species from the Brazilian Northeast's Caatinga: marmeleiro (Croton sonderianus Muell. Arg.), jurema-branca (Piptadenia stipulacea (Benth.) Ducke) and catanduva (Piptadenia moniliformis Benth.) and castor-oil polyurethane bicomponent resin. The properties investigated were: density; thickness swelling and water absorption (2 hours and 24 hours); modulus of elasticity and bending strength in the parallel and perpendicular directions; internal bond and resistance to screw withdrawal from the face, according to EN standards. The results of the analysis of the physical and mechanical properties showed the possibility of manufacturing OSB with the cited species in the laboratory, according to the mean values and the variability of properties equivalent to those panels produced on industrial scale, and compared to EN standard requirements for OSB/3 and OSB/4. Variance analysis showed that OSB panels containing catanduva wood strands yielded the best results in terms of mechanical properties, as for the physical properties, the best performances were those of panels made with the marmeleiro and jurema-branca species.

Keywords: OSB. Caatinga. Stiffness. Strength.

Introdução

A temática da sustentabilidade para o uso dos recursos florestais é atualmente fundamental, quando considerado o desenvolvimento responsável de uma região ou país. As florestas da caatinga foram consideradas por muito tempo pouco diversas e quase sem utilidade, reflexo do desconhecimento da população sobre esse bioma. Entretanto, de extrema importância para a economia do Nordeste, essas florestas são utilizadas tanto na geração de energia para indústrias e domicílios, quanto para produtos não madeireiros, para renda das famílias nordestinas, como, por exemplo, forragem animal, mel, frutos, fibras, entre outras (MINISTÉRIO..., 2010).

A utilização de espécies madeireiras da caatinga para produtos derivados como os painéis tem sido considerada inviável, principalmente devido às características da matéria-prima, considerando-se a geometria do material lenhoso. Nesse sentido, estudos pioneiros para o emprego dessa biomassa foram realizados por Nascimento (2003), com a produção de painéis de partículas aglomeradas com as espécies da caatinga angico (*Anadenanthera macrocarpa*), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e algaroba (*Prosopis juliflora*), empregando-se adesivo ureia-formaldeído, o que resulta em propriedades mecânicas superiores às chapas comerciais de espécies como *Pinus* e *Eucalyptus*. Segundo Nascimento e Morales (2008), apesar de as espécies da região da caatinga não terem sido e não devam ser, em curto ou médio prazo, objeto de melhoramento genético, como os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, utilizados nas regiões Sul e Sudeste para produção de painéis, pretende-se demonstrar a adequação dessas novas espécies como matéria-prima, de forma a permitir a expansão da indústria à base de madeira no agreste.

Maia (2004) descreve as espécies da caatinga do Nordeste brasileiro e suas principais utilidades. O marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.) trata-se de uma árvore encontrada com alturas de 6 m a 8 m, ereta e pouco ramificada, de fácil rebrota após as chuvas, que existe em toda a região semiárida. Muito utilizado na recuperação de solos e de matas ciliares, sua madeira tem utilização como cercas, construção de casas de taipa, suporte no cultivo de vegetais, espetos e palitos, além de possuir capacidade de pegar fogo com facilidade. A espécie jurema-branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke) caracteriza-se por árvores pequenas (2 m a 4 m de altura), com madeira de cor clara, de ocorrência do Piauí até a Bahia. Bastante usada na recuperação de solos, devido à fixação de nitrogênio e combate à erosão, sua madeira possui utilização na marcenaria, na

construção, como lenha industrial e também na fabricação de carvão. Já a catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth.) é uma espécie com árvores que atingem de 4 m a 9 m de altura, de tronco tortuoso e casca fina, de fácil rebrota após a poda, geralmente de ocorrência do Maranhão e Piauí até a Bahia. É considerada uma madeira pesada, com densidade média de 0,84 g/cm³, de grã reversa, média resistência mecânica e boa durabilidade natural, geralmente empregada em pequenas obras da construção civil, marcenaria e ferramentas, assim como lenha e carvão.

Com as atuais preocupações ambientais em todo o mundo, os painéis OSB (*Oriented Strand Board*) se consagram como um produto bastante vantajoso. A inclusão de espécies mais densas na obtenção do OSB está sendo um dos componentes importantes para o futuro de sua produção. Outro fator importante é a formação de corporação de produtores com o intuito de fornecer subsídios para eventuais modificações e a consequente otimização do processo. Em documento da Canadian Forest Industries (2006) está relatado que, em alguns setores, os painéis de OSB estão sendo produzidos com alta qualidade, utilizando 50% de madeiras de alta densidade e material reaproveitado como matéria-prima na camada central.

O OSB é um painel estrutural, considerado como uma segunda geração dos painéis *walferboard*, produzido a partir de partículas (lascas ou *strands*) de madeira, cuja camada interna pode estar disposta aleatória ou perpendicularmente às camadas externas. O OSB integra um segmento de destacado crescimento no rol de produtos derivados de madeira (ALBUQUERQUE; MENDES, 2000). Esses painéis possuem inúmeras vantagens, sendo uma das principais a não reivindicação por árvores inteiras e com geometria específica, o que resulta em maior aproveitamento e possibilidade de utilização de outras essências florestais, contrariamente ao compensado, que necessita de árvores de diâmetro uniforme.

Os painéis OSB possuem principalmente emprego na construção civil, em aplicações decorativas e estruturais (BARBUTA *et al.*, 2010; VEIGEL *et al.*, 2012; SOUZA, 2012; MORALES *et al.*, 2013, FERRO, 2013). No Brasil, a produção desses painéis é recente, datada de 2001. Comparado ao compensado, o OSB possui resistência elevada tanto quanto a dos compensados estruturais, aos quais substituem perfeitamente, além de menor custo devido ao emprego de madeira de pequena dimensão, geralmente proveniente de reflorestamento. Além disso, esse painel utiliza

96% da madeira contra 56% do compensado, o que permite otimizar o custo do produto, tornando-o ecologicamente mais eficiente (EISFELD; BERGER, 2012).

Além da questão do insumo madeireiro, a busca por adesivos de menor impacto ambiental tem sido atualmente uma das principais preocupações da indústria de painéis derivados. Geralmente, utilizam-se resinas à base de formaldeído, substância esta altamente tóxica e liberada durante o processo de prensagem a quente. Desse modo, a resina poliuretana à base de mamona tem mostrado excelente desempenho com produtos desse gênero, como madeira laminada colada (JESUS, 2000), painéis MDF (CAMPOS; ROCCO LAHR, 2004; SILVA *et al.*, 2013), painéis de partículas aglomeradas (BERTOLINI *et al.*, 2013; VARANDA *et al.*, 2013; FIORELLI *et al.*, 2012) e até mesmo com painéis OSB (PARGA, 2010; FERRO, 2013; SOUZA *et al.*, 2014). Uma das principais vantagens desse adesivo, além do componente poliuretano altamente resistente à água, é a origem renovável por meio da utilização da mamona, planta abundante no Brasil, da qual se extrai o óleo de mamona a partir da semente da planta *Ricinus communis* (CANGEMI *et al.*, 2006).

Apesar de custo pouco superior aos adesivos empregados em painéis, a tendência por produtos com apelo ambiental já tem colocado a poliuretana à base de mamona em produções comerciais, destinadas à fabricação de pisos com conceito diferenciado, o que mostra que esse custo pode ser reduzido ao longo do tempo, devido ao aumento futuro na demanda por produtos de origem renovável. As menores temperaturas de prensagem solicitadas pela resina à base de mamona, a partir de 60 °C, em comparação com aquelas à base de formaldeído, em torno de 160 °C, constituem-se como outro fator a ser considerado em termos de custo de produção desses painéis (BERTOLINI *et al.*, 2013).

No contexto exposto, este trabalho objetivou analisar a viabilidade da produção de painéis OSB (*oriented strand board*) com uso de madeiras da caatinga, das espécies marmeleiro, jurema-branca e catanduva, com uso da resina poliuretana à base de óleo de mamona, avaliando-se suas principais propriedades físico-mecânicas.

Material e métodos

Para a fabricação dos painéis OSB foram utilizadas as espécies da caatinga marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.), jurema-branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke) e catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth.).

A resina poliuretana à base de óleo de mamona utilizada foi do tipo bicomponente, teor de sólidos de

100%, composto de polioliol B1640 e de pré-polímero A249, fornecida pela Indústria Kehl e Comércio Ltda. Trata-se de um adesivo de cura a frio, mas que pode ser acelerada com temperatura até de 90 °C (DIAS, 2008).

As toras das madeiras da caatinga foram cortadas em comprimentos de aproximadamente 90 mm; em seguida, foram obtidas as partículas “*strands*” em um gerador de partículas, desenvolvido no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. As partículas, com espessuras variando de 0,40 mm a 0,55 mm, foram selecionadas e encoladas. Em seguida, foram depositadas em um separador de partículas para formar o colchão, submetido à prensagem. O processo de manufatura dos painéis OSB é representado pela Figura 1.

Foram fabricados 5 painéis OSB por espécie de madeira, de dimensões 40 cm × 40 cm × 1 cm (Figura 2), totalizando 15 painéis. De cada painel foram extraídos 5 corpos de prova na direção paralela para a obtenção do módulo de elasticidade e da resistência na flexão, 1 corpo de prova para a obtenção do módulo de elasticidade e da resistência na flexão na direção perpendicular, 1 corpo de prova para a adesão interna, 1 corpo de prova para o arrancamento de parafuso em relação à face, e 6 corpos de prova para a obtenção das propriedades físicas de inchamento em espessura e absorção de água, ambos em 2 h e 24 h. Essas propriedades foram obtidas conforme as normas EN 310 (EUROPEAN..., 1993a), EN 317 (EUROPEAN..., 1993b), EN 319 (EUROPEAN..., 1993c), EN 320 (EUROPEAN..., 1993d) e EN 323 (EUROPEAN..., 1993e). Os valores médios das propriedades obtidas para os painéis foram comparados aos requisitos para OSB da norma EN 300 (EUROPEAN..., 2006).

As estatísticas foram efetuadas com os valores médios por painel e por resposta, implicando 5 amostras por propriedade mecânica e 6 amostras por propriedade física. A influência dos fatores espécie de madeira (marmeleiro, jurema-branca, catanduva) nas propriedades físicas (densidade aparente [ρ], inchamento em espessura em 2 h [Inc2h] e em 24 h [Inc24h]; absorção de água em 2 h [Abs2h] e em 24 h [Abs24h]) e mecânicas (módulo de elasticidade [MOE_{par}] e de resistência [MOR_{par}] na flexão na direção paralela; módulo de elasticidade [MOE_{per}] e de resistência [MOR_{per}] na flexão na direção perpendicular; adesão interna [AI]; arrancamento de parafuso de face [AP_f]) foi verificada utilizando-se da análise de variância (ANOVA) de Kruskal-Wallis (não paramétrica) e do teste de

comparações múltiplas entre postos de Student-Newman-Keuls, com o auxílio do software BioEstat[®] versão 5.0. O nível de significância (α) estipulado para a ANOVA foi de 5%, e a hipótese nula (H_0) formulada consistiu na equivalência entre as médias dos dois tratamentos, implicando a não equivalência para a hipótese alternativa (H_1). P-valor do teste de Kruskal-Wallis inferior ao nível de significância significa rejeitar H_0 , aceitando-a em caso contrário.

Resultados e discussões

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos das propriedades físicas e mecânicas dos painéis OSB para as três espécies de madeira, sendo \bar{x} a média amostral e Cv o coeficiente de variação.

Considerando-se as propriedades citadas na Tabela 1, notou-se por meio das densidades de 0,66 g/cm³, 0,73 g/cm³ e 0,64 g/cm³ dos painéis de marmeleiro, jurema-branca e catanduva que estas se apresentaram acima da densidade de painéis comerciais caracterizados por Morales *et al.* (2013)

– em média 0,6 g/cm³. Isso se deve à alta densidade das madeiras empregadas (marmeleiro de 0,75 a 0,85 g/cm³, jurema-branca de 0,75 a 0,9 g/cm³, e catanduva de 0,80 a 0,94 g/cm³, segundo Nascimento e Morales (2008)), as quais são superiores às espécies de reflorestamento utilizadas em produtos comerciais.

Em relação aos requisitos estabelecidos pela norma EN 300 (EUROPEAN..., 2006), observou-se que os painéis fabricados com as espécies marmeleiro e jurema-branca estiveram em conformidade com os requisitos de MORpar, MOEpar, MORper e AI para painéis OSB/3 (painéis estruturais utilizados em condições úmidas). Os painéis da espécie marmeleiro também contemplaram o requisito Inc24h para classificação OSB/3. Ressalta-se ainda o excelente desempenho obtido para a madeira de catanduva, com valores superiores aos requisitos para painéis em relação a MORpar, MOEpar e AI da norma EN 300 (EUROPEAN..., 2006) para OSB/4, sendo esses painéis do tipo estrutural de alta resistência mecânica para utilizações em condições úmidas.

Figura 1 - Manufatura dos painéis OSB: (a) corte das toras; (b) e (c) geração das partículas; (d) “strands”; (e) encolagem; e (f) prensagem a quente

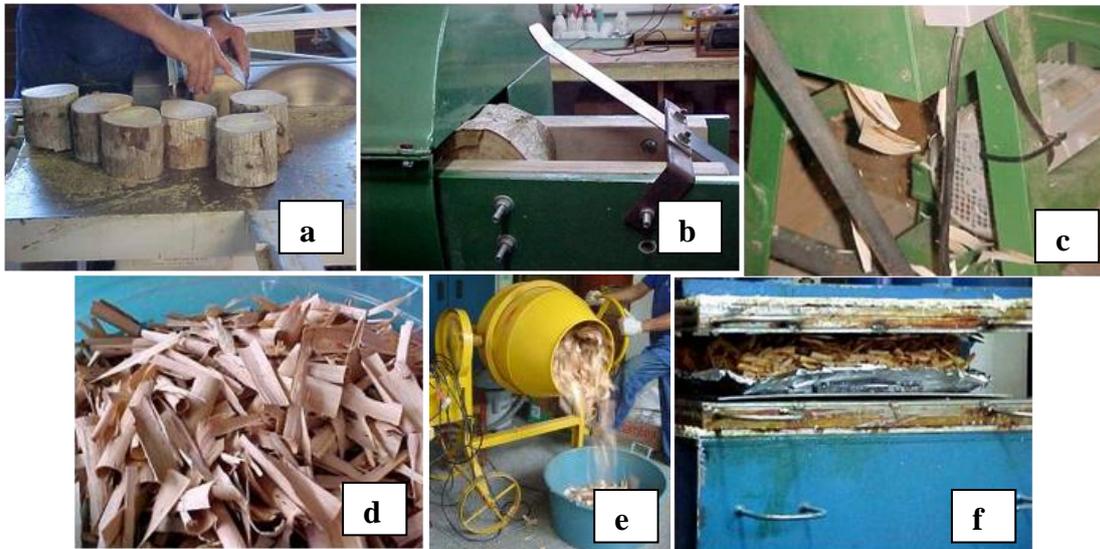


Figura 2- Painéis OSB oriundos de espécies da caatinga brasileira



Tabela 1 - Resultados das propriedades físicas e mecânicas dos painéis OSB

Respostas	Marmeleiro		Jurema-branca		Catanduva		Requisitos EN 300 (EUROPEAN..., 2006)	
	\bar{x}	Cv (%)	\bar{x}	Cv (%)	\bar{x}	Cv (%)	OSB/3 *	OSB/4* *
MORpar (MPa)	23,00	12	29,74	16	33,18	14	22	30
MOEpar (MPa)	3.492	8	4.373	10	4.928	7	3.500	4.800
MORper (MPa)	11,42	21	8,41	16	13,83	18	11	16
MOEper (MPa)	1196	17	809	16	1355	20	1.400	1.900
AI (MPa)	0,45	15	0,58	13	0,68	10	0,34	0,5
APf (N)	85,13	7	113,83	15	139,35	15	-	-
ρ (g/cm ³)	0,66	3	0,73	5	0,64	3	-	-
Inc2h (%)	5,25	12	5,89	19	14,40	20	-	-
Inc24h (%)	9,45	13	16,69	17	20,33	10	15	12
Abs2h (%)	27,58	12	22,45	22	38,66	13	-	-
Abs24h (%)	42,46	10	37,47	10	64,00	9	-	-

Nota: *OSB/3 - Painéis estruturais para uso em condições úmidas; e **OSB/4 - Painéis estruturais de alta resistência mecânica para uso em condições úmidas.

O comportamento mecânico inferior em relação à madeira de catanduva dos painéis fabricados com o marmeleiro e jurema-branca pode estar associado à geometria das partículas “*strands*” obtidas, devido à dificuldade de corte e, conseqüentemente, de obtenção das dimensões ideais de espessuras das lascas. A espécie jurema-branca possui fibras retorcidas, havendo a necessidade de uma adequação no posicionamento dos toretes, o que influenciou na obtenção dessas partículas.

Quando comparado a painéis OSB comerciais, caracterizados por Morales *et al.* (2013), com MORpar e MORper de 25 MPa e 10 MPa e MOEpar e MOEper de 4.069 MPa e 1.386 MPa respectivamente, os painéis do estudo em questão produzidos com catanduva apresentaram desempenho superior, com valores das respectivas propriedades de 33,18 MPa e 13,83 MPa e de 4.928 MPa e 1.355 MPa. Os painéis produzidos com essas espécies de alta densidade apresentaram eficiência na adesão, principalmente quando considerado que madeiras mais densas apresentam dificuldade na penetração de adesivo. Os valores de adesão interna de 0,45 MPa, 0,58 MPa e 0,68 MPa dos painéis das madeiras de marmeleiro, jurema-branca e catanduva respectivamente apresentaram-se superiores a painéis OSB produzidos por Cabral *et al.* (2006), oriundos das espécies *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus cloeziana* e *Pinus elliottii*, com 0,462 MPa, 0,360 MPa e 0,378 MPa respectivamente.

Ao contrário do comportamento mecânico, os painéis de catanduva, espécie de maior densidade, apresentaram desempenho inferior comparado ao OSB das demais espécies para as propriedades de

inchamento em espessura e absorção de água. Esse comportamento dos painéis de marmeleiro e jurema-branca pode estar associado à compactação mais eficiente das partículas *strands* na fabricação dos painéis, devido à menor densidade dessas espécies, resultando em menor incidência de vazios da estrutura dos painéis.

Outra questão que diz respeito à resistência na imersão de água dos painéis está relacionada com os componentes químicos específicos de cada espécie, já que a adesão química entre a resina poliuretana de mamona e a madeira é propiciada pela reação do isocianato com os grupos hidroxila presentes no material lignocelulósico. Além disso, a água representada pela umidade presente na madeira pode auxiliar nessa reação química madeira-adesivo, pela liberação de CO₂ e, conseqüentemente, expansão do polímero. Como resultado dessas ligações, têm-se os benefícios clássicos dos adesivos isocianatos em painéis: alta resistência à umidade e baixo inchamento (PAPADOPOULOS *et al.*, 2002; SILVA, 2003).

Confrontando os valores obtidos para Inc24h de OSB com densidades próximas aos produzidos com o marmeleiro (0,66 g/cm³) e com a catanduva (0,64 g/cm³), Akrami Fruehwald e Barbu (2014) obtiveram para painéis das espécies álamo (*Populus tremula*) e faia (*Fagus sylvatica*) e adesivo isocianato (pMDI), de densidade de aproximadamente 0,6 g/cm³, valores de inchamento entre 10% e 28%. Ressalta-se, desse modo, a coerência dos valores obtidos para essa propriedade com produtos análogos de densidades próximas e de adesivo de mesma natureza.

Ressalta-se os excelentes resultados obtidos para os painéis OSB de marmeleiro e jurema-branca

confrontados com trabalho análogo de Okino *et al.* (2008) com painéis de *Eucalyptus grandis* e resina fenol-formaldeído, que apresentaram para as propriedades Inc2h, Inc24h, Abs2h e Abs24h valores de 14,6%, 26,8%, 28,9% e 40,7% respectivamente.

A Tabela 2 apresenta os resultados da análise de variância segundo o teste de Kruskal-Wallis, estando sublinhados os “P-valores” considerados significativos ($P\text{-valor} < 0,05$), e os resultados das comparações múltiplas entre postos (agrupamento) de Student-Newman-Keuls, sendo GL os graus de liberdade da ANOVA. Na Tabela 2 letras iguais implicam tratamentos com médias equivalentes.

Os resultados da Tabela 2 revelaram valores médios não equivalentes estatisticamente, representando, assim, superioridade dos painéis feitos com a espécie catanduva para MORpar, MOEpar, AI e APf em relação aos painéis de marmeleiro, e para MOEpar, MORper e MOEper em relação aos painéis de jurema-branca. Em contrapartida, os painéis OSB das espécies marmeleiro e jurema-branca apresentaram desempenho superior aos painéis de catanduva para as propriedades Inc2h, Abs2h e Abs24h, evidenciado pela diferença estatística entre os valores médios obtidos para essas propriedades.

Apesar de as espécies abordadas neste trabalho apresentarem densidades próximas, a madeira de catanduva tem maiores densidades, como descrito anteriormente. No entanto, propriedades mecânicas superiores neste trabalho foram encontradas para painéis OSB oriundos da catanduva, ao contrário da tendência observada por Iwakiri *et al.* (2014), na qual painéis de espécie com menor densidade resultaram em desempenho mecânico superior. Iwakiri *et al.* (2014) obtiveram para OSB da espécie *Grevillea robusta* (densidade = 0,494

g/cm³) valores de adesão interna de 0,47, MORpar de 26,46 MPa, MOEpar de 4.661 MPa, MORper de 13,40 MPa, e MOEper de 1.746 MPa, enquanto, para produtos com a espécie *Toona ciliata* (densidade = 0,373 g/cm³), os valores encontrados foram, respectivamente, de 0,85 MPa, 42,40 MPa, 5.845 MPa, 20,37 MPa e 2.217 MPa.

Conclusões

Os resultados obtidos para este estudo atestam a viabilidade da produção dos painéis OSB com o emprego das essências da caatinga brasileira, possibilitando as seguintes considerações:

- a) a densidade dos painéis OSB possivelmente foi influenciada pela densidade das espécies utilizadas, fato observado pela maior densidade dos painéis OSB das espécies empregadas em relação a produtos comerciais análogos provenientes de espécies de reflorestamento consideradas de menor densidade;
- b) as propriedades mecânicas dos painéis foram bastante satisfatórias, principalmente para painéis OSB da espécie catanduva, apresentando-se superiores a painéis OSB comerciais e produtos análogos provenientes de outras espécies encontrados na literatura; e
- c) em relação às propriedades de inchamento e espessura e absorção de água, os painéis OSB das espécies marmeleiro e jurema-branca apresentaram desempenho superior. Estas propriedades de resistência à água podem ter sido influenciadas, em grande parte, pelas características dos painéis de acordo com a espécie empregada, ocorrendo vazios internos nos painéis, assim como pelas características do adesivo empregado e sua interação/afinidade química com essas espécies madeiras.

Tabela 2 - Resultados da ANOVA de Kruskal-Wallis e dos agrupamentos pelo teste de comparações entre postos de Student-Newman-Keuls

Resposta	H	GL	P-valor (ANOVA)	Agrupamento		
				Marmeleiro	Jurema-b.	Catanduva
MORpar (MPa)	9,6200	2	<u>0,0081</u>	B	AB	A
MOEpar (MPa)	10,8200	2	<u>0,0045</u>	C	B	A
MORper (MPa)	8,5400	2	<u>0,0140</u>	AB	B	A
MOEper (MPa)	7,4600	2	<u>0,0240</u>	AB	B	A
AI (MPa)	7,2609	2	<u>0,0265</u>	B	AB	A
APf (MPa)	10,5000	2	<u>0,0052</u>	B	AB	A
ρ (g/cm ³)	10,0274	2	<u>0,0066</u>	B	A	B
Inc2h (%)	9,6200	2	<u>0,0081</u>	B	B	A
Inc24h (%)	10,820	2	<u>0,0045</u>	C	B	A
Abs2h (%)	10,2600	2	<u>0,0059</u>	B	B	A
Abs24h (%)	10,5000	2	<u>0,0052</u>	B	B	A

Nesse sentido, estudos futuros com outras espécies, principalmente essências de maior densidade, podem ser positivos para o desenvolvimento de painéis OSB de maior resistência e com possibilidade de novas aplicações.

Referências

- ALBUQUERQUE, C. E. C.; MENDES, L. M. OSB: processo industrial e considerações. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 8, n. 46, p. 56-66, jul. 2000.
- AKRAMI, A.; FRUEHWALD, A.; BARBU, M. C. The Effect Of Fine Strands in Core Layer on Physical and Mechanical Properties of Oriented Strand Boards (OSB) Made of Beech (*Fagus sylvatica*) and Poplar (*Populus tremula*). **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 72, n. 4, p. 521-525, may 2014.
- BARBUTA, C. *et al.* OSB as Substrate For Engineered Wood Flooring. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 70, n. 1/3, p. 37-43, jan. 2010.
- BERTOLINI, M. S. *et al.* Accelerated Artificial Aging of Particleboards from Residues of CCB Treated *Pinus* sp. and Castor Oil Resin. **Materials Research**, v. 16, n. 2, p. 293-303, 2013.
- CABRAL, C. P. T. *et al.* Propriedades de Chapas Tipo OSB, Fabricadas Com Partículas Acetiladas de Madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus cloeziana* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 659-668, jul./ago. 2006.
- CAMPOS, C. I.; ROCCO LAHR, F. A. Production and Characterization of MDF Using Eucalyptus Fibers and castor Oil-Based Polyurethane Resin. **Materials Research**, São Carlos, v. 7, n. 3, p. 421-425, 2004.
- CANADIAN FOREST INDUSTRIES. **Wood-Based Panel Products Technology**. 2006. Disponível em: <http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.ic.gc.ca/ContentPages/5685312.pdf> Acesso em: 2 fev. 2014.
- CANGEMI, J. M. *et al.* Study of the Biodegradation of a Polymer derived From Castor Oil By Scanning Electron Microscopy, Thermogravimetry and Infrared Spectroscopy. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 16, n. 2, p. 129-135, 2006.
- DIAS, F. M. Aplicação de Resina Poliuretana à Base de Mamona na Fabricação de Painéis de Madeira Aglomerada. **Produtos Derivados da Madeira**: síntese dos trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira, SET-EESC-USP. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.
- EISFELD, C. L.; BERGER, R. Análise das Estruturas de Mercado das Indústrias de Painéis de Madeira (Compensado, MDF e OSB) no Estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 21-34, jan./mar. 2012.
- EUROPEAN STANDARD. **EN 300**: Oriented Strand Boards (OSB): definitions, classification and specifications. Brussels, 2006.
- EUROPEAN STANDARD. **EN 310**: wood-based panels: determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Brussels, 1993a.
- EUROPEAN STANDARD. **EN 317**: particleboards and fibreboards: determination of swelling in thickness after immersion in water. Brussels, 1993b.
- EUROPEAN STANDARD. **EN 319**: particleboards and fibreboards: determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. Brussels, 1993c.
- EUROPEAN STANDARD. **EN 320**: fibreboards: determination of resistance to axial withdrawal of screws. Brussels, 1993d.
- EUROPEAN STANDARD. **EN 323**: wood-based panels: determination of density. Brussels, 1993e.
- FERRO, F. S. **Painéis OSB Com Madeira Schizobolium amazonicum Resina Poliuretana à Base de Óleo de Mamona**: viabilidade técnica de produção. São Carlos, 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.
- FIORELLI, J. *et al.* Particulate Composite Based on coconut Fiber and Castor Oil Polyurethane Adhesive: an eco-efficient product. **Industrial Crops and Products**, v. 40, p. 69-75, nov. 2012.
- JESUS, J. M. H. **Estudo do Adesivo Poliuretano à Base de Mamona em Madeira Laminada colada (MLC)**. 2000. 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- MAIA, G. N. **Caatinga**: árvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo: D&Z Computação, 2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010.

MORALES, E. A. M. *et al.* Study of Brazilian Commercial Oriented Strand Board Panels Using stress Wave. **Wood Research**, Bratislava, v. 58, n. 2, 2013.

NASCIMENTO, M. F. **CPH -Chapas de Partículas Homogêneas: madeiras do nordeste do Brasil**. São Carlos, 2003. 117 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

NASCIMENTO, M. F.; MORALES, E. A. M. Fabricação de Painéis OSB Com Matéria-Prima Proveniente de Espécies de Madeira da Caatinga do Nordeste Brasileiro. In: **Produtos Derivados da Madeira: síntese dos trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira**, SET-EESC-USP. São Carlos: Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, 2008.

OKINO, E. Y. A. *et al.* Propriedades de Chapas OSB de *Eucalyptus grandis* e de *Cupressus glauca*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 123-131, jun. 2008.

PAPADOPOULOS, A. N. *et al.* Isocyanate Resins for Particleboard: PMDI vs EMDI. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 60, n. 2, p. 81-83, 2002.

PARGA, A. J. Bagaço-de-Cana Pode Virar Painel OSB. **Revista da Madeira**, São Paulo, v. 122, jan. 2010.

SILVA, R. V. **Compósito de Resina Poliuretano Derivada de Óleo de Mamona e Fibras Vegetais**. São Carlos, 2003. 139 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SILVA, S. A. M. *et al.* Painéis MDF Produzidos Com Resina Poliuretana à Base de Óleo de Mamona. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 15, n. 1, p. 7-20, jan./abr. 2013.

SOUZA, A. M. **Produção e Avaliação do Desempenho de Painéis de Partículas Orientadas (OSB) de Pinus sp. Com Inclusão de Telas Metálicas**. São Carlos, 2012. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SOUZA, A. M. *et al.* Mechanical Properties of OSB Wood Composites With Resin Derived From a Renewable Natural Resource. **International Journal of Composite Materials**, v. 4, n. 3, p. 157-161, 2014.

VARANDA, L. D. *et al.* Oat Hulls as Addition to High Density Panels Production. **Materials Research**, v. 16, n. 6, p. 1355-1361, 2013.

VEIGEL, S. *et al.* Particle Board and Oriented Strand Board Prepared With Nanocellulose-Reinforced Adhesive. **Journal of Nanomaterials**, p. 1-8, jan. 2012.

Maria Fátima Nascimento

Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira, Escola de Engenharia de São Carlos | Universidade de São Paulo | Av. Trabalhador São-carlense, 400, Pq Arnold Schimidt | São Carlos - SP - Brasil | CEP 13566-590 | Tel.: (16) 3373-9483 | E-mail: fati@sc.usp.br

Marília da Silva Bertolini

Escola de Engenharia de São Carlos | Universidade de São Paulo | E-mail: marilia.bertolini@usp.br

Túlio Hallak Panzera

Departamento de Engenharia Mecânica | Universidade Federal de São João Del-Rei | Praça Santo Antônio, 170, Centro | São João del Rei - MG - Brasil | CEP 31270-901 | Tel.: (032) 3379-2603 | E-mail: tuliopanzera@hotmail.com

André Luis Christoforo

Departamento de Engenharia Mecânica | Universidade Federal de São Carlos | Rodovia Washington Luís, km 235, SP-310 | São Carlos - SP - Brasil | CEP 36307-352 | Tel.: (16) 3351-8262 | E-mail: alchristoforo@yahoo.com.br

Francisco Antonio Rocco Lahr

Escola de Engenharia de São Carlos | Universidade de São Paulo | E-mail: frocco@sc.usp.br

Revista Ambiente Construído

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro
Porto Alegre - RS - Brasil
CEP 90035-190
Telefone: +55 (51) 3308-4084
Fax: +55 (51) 3308-4054
www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido
E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br