III CBCTEM
Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PAINÉIS DE PARTÍCULAS ORIENTADAS (OSB) DE Pinus E Eucalyptus benthamii EM DIFERENTES PROPORÇÕES DE CAMADAS

Luciane Gorski[1]
Alexsandro Bayestorff da Cunha[2]
Larissa Pasa Martarello[2]

[1] Laboratório de Produtos Florestais / Centro de Ciências Rurais / Universidade Federal de Santa Maria
[2] Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC (CAV)

III CBCTEM
Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PAINÉIS DE PARTÍCULAS ORIENTADAS (OSB) DE *Pinus* E *Eucalyptus benthamii* EM DIFERENTES PROPORÇÕES DE CAMADAS

Resumo: O trabalho teve o objetivo de avaliar a potencialidade de uma espécie alternativa, *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage para a produção de painéis de partículas orientadas (OSB), comercialmente fabricados com *Pinus spp.* As partículas de *Eucalyptus* foram obtidas a partir de toras de reflorestamentos com 13 anos de idade, já as partículas de *Pinus spp.* foram provenientes de processo industrial. As proporções face:miolo:face adotadas foram 20:60:20 e 30:40:30, onde o colchão de partículas foi composto por 3 camadas dispostas perpendicularmente entre si. O delineamento experimental envolveu 4 tratamentos, com 3 repetições cada. A densidade adotada foi de 0,65 g/cm³, 6% de resina fenol-formaldeído, 1% de emulsão de parafina e ciclo de prensagem de 180ºC, 40 kgf/cm² durante 8 minutos. Os ensaios foram realizados de acordo com a ASTM D1037 (1993) e a DIN 52362 (1982). Na análise dos resultados foi aplicada a Análise de Variância e Teste de Scott-Knott a 95% de probabilidade, além da comparação com os parâmetros da norma CSA 0437 (1993). Os painéis compostos por *Eucalyptus* apresentaram os melhores resultados para absorção de água, inchamento em espessura e taxa de não retorno em espessura, embora não satisfatórios quanto à exigência da norma. Para propriedades mecânicas, apenas o tratamento T4 não atingiu o mínimo exigido pela norma para os ensaios de MOE paralelo e perpendicular. Para ligação interna, todos os resultados foram adequados. Assim, concluiu-se que a madeira de *Eucalyptus benthamii* pode ser uma alternativa para a produção de painéis de partículas orientadas (OSB).

Palavras-chave: *Eucalyptus benthamii*; partículas orientadas; fenol-formaldeído; propriedades tecnológicas.

ORIENTED STRAND BOARDS (OSB) WITH *Pinus* AND *Eucalyptus benthamii* IN DIFFERENT PROPORTIONS OF LAYERS

Abstract: The objective was to produce and evaluate the physical and mechanical properties of oriented strand board (OSB) of *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage and *Pinus spp*. The particles of *Eucalyptus* were obtained from logs reforestation with 13 years old, while the particles of *Pinus spp*. came from industrial process already ready. The proportions of face:core:face adopted were 20:60:20 and 30:40:30, where the particle mattress was composed of 3 layers arranged perpendicular to each other. The experimental plan involved 4 treatments with 3 repetitions. The panels were produced with a density of 0.65 g/cm³, 6% phenol formaldehyde resin, 1% paraffin emulsion and pressing cycle with 180°C, 40 kgf/cm² for 8 minutes. The assays were performed according to ASTM D1037 (1993) and DIN 52362 (1982). In statistics analysis was applied to analysis of variance and the Scott- Knott test at 95% probability, beyond comparison with those of the standard CSA 0437 (1993). The results showed that panels of *Eucalyptus* showed the best results for water absorption, thickness swelling and spring back, althought the results were not satisfactory when compared with the reference standard. For mechanical properties, only the treatment T4 didn't obtain the minimum required by the standard for the testing of MOE for parallel and perpendicular direction. As for internal bond, all treatments reached the minimum values. Thus, the results of this study indicate that *Eucalyptus benthamii* can be an alternative for the production of oriented strand board (OSB).

Keywords: *Eucalyptus benthamii*; OSB; Oriented particles; Phenol formaldehide; Technological properties.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, devido às suas condições edafoclimáticas, sua grandiosidade territorial e ao avanço das pesquisas nacionais, é um país capaz de fornecer ao mundo uma gama de bioprodutos que estão cada vez mais competitivos no mercado internacional e ainda assim, continua-se a busca do desenvolvimento de novas opções viáveis para diversificar os negócios do ramo madeireiro (IBÁ, 2015).

Um dos setores de grande importância tanto econômica quanto social no país é a produção de florestas plantadas e consequentemente a ampla cadeia produtiva que o acompanha. Pode-se destacar os principais produtos da atividade: celulose, papel, painéis de madeira reconstituída, painéis compensados, laminados, madeira sólida, móveis, carvão vegetal, biomassa e produtos com fins energéticos.

A Associação Catarinense de Empresas Florestais (2016) diz que o Brasil possui cerca de 166 mil empresas ativas ligadas ao setor florestal, com destaque para produção de móveis de madeira, que participa com 53% deste total. Em segundo lugar vem a indústria madeireira de transformação, com 40%. A região sul do Brasil mantém aproximadamente 49,5 mil empresas ligadas ao setor florestal (1/3 do total nacional), onde os três estados (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) são tradicionalmente produtores de *Pinus* e *Eucalyptus*.

Ainda apontando a importância do setor florestal, as empresas vêm intensificando os investimentos para o desenvolvimento de bioprodutos inovadores. Segundo Relatório da Ibá (2015), em 2014, a produção de painéis de madeira reconstituída atingiu 7,98 milhões de metros cúbicos, alta de 1,1% em relação a 2013. A produção de MDF aumentou 6,7%, entretanto as produções de HDF e MDP, no mesmo período, diminuíram 2,5% e 5,5% respectivamente. No Brasil, são 18 unidades produtoras de painéis de madeira reconstituída e/ou pisos laminados, sendo que a maior parte está localizada nas regiões Sul e Sudeste do País.

Um tipo de painel de madeira reconstituída que está no mercado mundial desde a década de 80 e recentemente (ano 2002) começou a ser fabricado no Brasil é o OSB (*Oriented Strand Board*). Como definição básica, os painéis OSB são produzidos a partir de partículas finas e longas de madeira, denominadas "*strands*", as quais são unidas umas às outras pela ação da resina, pressão e altas temperaturas. Suas partículas são orientadas em número ímpar de camadas, geralmente três, sendo a camada interna posicionada perpendicularmente às externas (MALONEY, 1993).

Os painéis OSB vêm conquistando grande parte do mercado, por apresentarem boas propriedades mecânicas aliadas às características da matéria-prima exigidas no processo de fabricação, segundo Gouveia (2001). Os principais usos do OSB são: empacotamento, armações para móveis, tapumes e divisórias, formas descartáveis para concreto, *decks,* painéis de apoio estrutural, painéis estruturais isolantes, alma para vigas em I, entre outros, (JANSSENS, 1998; MENDES; 2001; SALDANHA, 2004).

Como matéria-prima, o mercado de OSB no Brasil utiliza predominantemente madeira de *Pinus*, devido a sua disponibilidade regional e suas características adequadas ao uso, entretanto, outras espécies vêm sendo pesquisadas para se tornarem alternativas na produção de OSB. Isto se deve à importância de aumentar o volume de matéria-prima para uso industrial e fornecer opções de mercado para espécies já implantadas.

Neste contexto, o gênero *Eucalyptus* pode ser estudado como uma alternativa para a composição de painéis do tipo OSB por ser uma madeira que apresenta grande incidência de tensões de crescimento resultando em rachaduras e empenamentos, tornando-a uma opção

de baixa qualidade para uso em serraria. Dentre as espécies de *Eucalyptus*, uma que vem se destacando na região sul do Brasil, principal região detentora das indústrias do setor de painéis de madeira, especialmente nos Estados de Santa Catarina e Paraná é o *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage, devido à sua resistência às severas condições climáticas de baixas temperaturas e incidências de geada e neve.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a potencialidade da madeira de *Eucalyptus benthammii* para a produção de painéis OSB, em duas diferentes composições de camadas, comparar com os resultados de painéis formados pela espécie tradicionalmente usada pela indústria e ainda, confrontar os resultados com as exigências da norma canadense CSA 0437.0 (1993).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV / UDESC), situado na cidade de Lages, Santa Catarina.

2.1 Matéria-prima

As partículas de *Eucalyptus benthamii* foram produzidas no laboratório da universidade, com madeira proveniente de árvores de reflorestamentos da empresa Klabin com 13 anos de idade, os quais estavam localizados na cidade de Palmeira – SC. Já as partículas de *Pinus spp.,* foram fornecidas pela empresa Louisiana-Pacific (LP Brasil), Unidade de Ponta Grossa – PR.

O adesivo utilizado nos painéis foi a resina fenol-formaldeído (teor de 6%) e emulsão de parafina (teor de 1%).

2.2 Preparo do material e geração das partículas

O material referente ao *Pinus* chegou ao laboratório na forma de partículas comerciais tipo "*strand*", onde observou-se que as dimensões médias das partículas foi de 115 x 27 x 0,7 mm. É importante destacar que as partículas não chegaram separadas por espécie, mas misturadas na proporção de 80% de *Pinus taeda* e 20% de *Pinus elliottii*, sendo, portanto a mistura real do processo da empresa para a fabricação dos painéis OSB pela empresa.

O material de *Eucalyptus benthamii* foi fornecido na forma de toras com comprimento de 2,40 m e diâmetro variando entre 20 e 30 cm. Foram utilizadas no estudo 40 toras, as quais foram desdobradas tangencialmente em peças de madeira serrada com comprimento de 2,40 m, largura de 80 mm e espessura de 25 mm. Posteriormente, as tábuas de madeira serrada foram destopadas em peças com 80 mm de comprimento e imersas em um tambor com água a temperatura ambiente durante 7 dias para facilitar o processo de geração das partículas *strand* em gerador de partículas de madeira, composto por um disco giratório com 4 facas posicionadas no equipamento de forma a produzir partículas com espessura aproximada de 0,50 mm. Devido à desigualdade entre as partículas geradas, foi necessária a realização de uma classificação manual para a retirada dos finos e das partículas fora dos padrões desejados, resultando em partículas de dimensões médias de 80 x 25 x 0,50 mm.

Por fim, as partículas foram secas ao ar livre e também em estufa a temperatura de 80ºC até atingirem teor de umidade aproximado de 4%.

2.3 Produção dos painéis

Cada tratamento foi composto por três painéis de dimensões 49,0 x 42,0 x 1,50 cm. A densidade nominal dos painéis foi de 0,65 g/cm³. A resina utilizada foi Fenol Formaldeído (FF) na proporção de 6% psp, com valores apresentados pelo fabricante de Teor de sólidos da resina: 51,16%; Gel time: 8,35 minutos para gel time a 121ºC; Viscosidade: 480 centipoises (cp). A emulsão de parafina, aplicada na proporção de 1% psp, apresentava Teor de sólidos de 48,62%.

Para a orientação das partículas e formação do colchão com camadas cruzadas (face:miolo:face) com as duas proporções adotadas de 20:60:20 e 30:40:30 utilizou-se uma caixa formadora, com modelo baseado no trabalho feito por Mendes (2001).

A pressão específica utilizada na pré-prensagem a frio foi de 5 kgf/cm², durante a prensagem a quente, que durou 8 minutos, foi aplicada uma pressão específica de 40 kgf/cm² sob temperatura de 180ºC.

2.4 Delineamento Experimental

Tabela 1. Delineamento experimental

TRATAMENTO	ESPÉCIE*	PROPORÇÃO DE PARTÍCULAS (FACE:MIOLO:FACE)	NÚMERO DE PAINÉIS
T 1	P:P:P	20:60:20	3
T 2	P:P:P	30:40:30	3
T 3	E:E:E	20:60:20	3
T 4	E:E:E	30:40:30	3

*Espécie: P:P:P (*Pinus:Pinus:Pinus*); E:E:E (*Eucalyptus:Eucalyptus:Eucalyptus*).

2.5 Testes e análise dos resultados

Para a obtenção dos corpos de prova, os painéis foram esquadrejados seguindo o modelo proposto por Mendes (2001), posteriormente foram armazenados em uma sala de climatização à temperatura de 20±2ºC e umidade relativa de 65±3% até atingirem massa constante. Posteriormente, procederam-se aos ensaios físicos de absorção de água, inchamento em espessura, taxa de não retorno em espessura, e ainda, o ensaio mecânico de ligação interna, todos baseados na norma ASTM 1037 (1993). Para as propriedades mecânicas de flexão estática, a norma adotada foi a DIN 52362 (1982).

A densidade básica da madeira de *E. benthamii* foi determinada de acordo com os procedimentos da NBR 11941-02 (2003). Já a densidade do mix de *Pinus spp*., haja vista que foi recebido em forma de partículas, foi portanto, estimada através da literatura.

Os dados foram analisados no programa estatístico Assistat por meio da Análise de Variância e havendo rejeição da hipótese de igualdade foi aplicado o Teste de Scott-Knott a 95% de probabilidade para comparação de médias. Além disso, os resultados foram comparados com as especificações da norma canadense CSA 0437 (1993).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos testes físicos e mecânicos encontram-se nas tabelas abaixo.

Tabela 2. Valores médios para densidade (D-g/cm³), razão de compactação (RC) e teor de umidade (TU-%)

Tratamento		D (g/cm³)	RC	TU (%)
T1	**P:P:P 20:60:20**	0,62 a	1,52 a	11,3 a
T2	**P:P:P 30:40:30**	0,62 a	1,52 a	10,4 b
T3	**E:E:E 20:60:20**	0,65 a	1,22 b	10,4 b
T4	**E:E:E 30:40:30**	0,67 a	1,25 b	10,1 c
Média		0,64	1,38	10,56
CV (%)		8,68	9,24	1,67

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 95% de probabilidade, teste Scott-Knott.

Os resultados de densidade dos painéis estão compatíveis com dados encontrados na literatura, sendo classificados como de média densidade segundo Iwakiri (2005). Souza *et al.* (2012) relatou que a densidade de painéis de *Pinus* foi de 0,62 g/cm³, mesma média alcançada no presente estudo. Outros resultados semelhantes foram relatados por Mendes (2010), trabalhando com *P. oocarpa*, que obteve densidades de 0,60 até 0,68 g/cm³. Del Menezzi (2004) determinou a densidade de 0,64 g/cm³ para os painéis de *Pinus spp.*

As densidades para os tratamentos compostos por *E. benthamii* obtiveram valores um pouco maiores que os tratamentos compostos por *Pinus spp*. embora não tenha sido constatada diferença estatística entre os 4 tratamentos. Comparativamente, pode-se citar Mendonça (2008), que testou clones da espécie *E. urophylla*, e obteve painéis OSB com densidades entre 0,62 e 0,65 g/cm³. Ainda, Iwakiri *et al.* (2004) também observaram valores parecidos, de 0,68 a 0,71 g/cm³ para chapas de *Eucalyptus*, sendo que a espécie *E. saligna* originou as densidades mais elevadas.

Nesse estudo, a densidade da madeira de *E. benthamii* foi de 0,531 g/cm³ e para o mix de partículas de *Pinus spp*. foi considerado o valor de 0,408 g/cm³. Madeiras com densidades mais baixas proporcionam uma razão de compactação mais elevada, resultando em uma maior superfície de contato entre as partículas em comparação a uma madeira de densidade mais alta. Deste modo, o colchão produz uma chapa mais uniforme com uma capacidade maior de transmitir esforços entre as partículas. Saldanha (2004) afirma que o resultado disso são as propriedades de flexão e ligação interna mais elevadas para chapas confeccionadas com madeira de baixa densidade. No entanto, estas chapas tendem a apresentar maior inchamento em espessura, prejudicando a estabilidade do produto (IWAKIRI, 2005).

Conforme Maloney (1993), as espécies de madeira com densidade de até 0,550 g/cm³ são as mais adequadas para produção de chapas de partículas, porque atingem razão de compactação entre 1,3 e 1,6. Observando a tabela anterior, os tratamentos T3 e T4 (ambos compostos por *E. benthamii*) apresentaram RC abaixo da faixa considerada ideal definida pelo autor supracitado. Uma das alternativas de uso para as que não atingem a faixa ideal seria misturá-las com outras espécies.

Os teores de umidade finais dos painéis apresentaram diferença estatística significativa entre si, com maior média obtida pelo T1 (P:P:P 20:60:20) e menor média pelo T4 (E:E:E 30:40:30). Todos os resultados estavam abaixo do teor de umidade de equilíbrio do

local onde foram armazenadas, que era de 12% e, também pode-se dizer que estão dentro da faixa adotada em escala comercial pela empresa produtora de painéis OSB no Brasil, que varia de 2 a 12% de umidade em seus produtos finais (LP, 2014).

Tabela 3. Valores médios para absorção de água (AA) e inchamento em espessura (IE), após 2h e 24h de imersão em água, e taxa de não retorno em espessura (TNRE)

Tratamento	AA 2h	AA 24h	IE 2h	IE 24h	TNRE
			(%)		
T1 P:P:P 20:60:20	53,07 a	88,70 a	20,61 a	34,53 a	31,19 a
T2 P:P:P 30:40:30	62,61 a	95,19 a	24,59 a	36,55 a	32,82 a
T3 E:E:E 20:60:20	19,34 b	60,53 b	9,03 b	32,07 a	26,50 b
T4 E:E:E 30:40:30	18,28 b	54,19 b	9,13 b	26,68 b	24,71 b
Média	38,32	74,65	15,84	32,46	28,80
CV (%)	27,75	10,65	26,44	12,76	12,29

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 95% de probabilidade, teste Scott-Knott.

No geral, a tabela aponta valores numericamente e também estatisticamente maiores para os tratamentos formados por partículas de *Pinus* (T1 e T2), em comparação aos tratamentos formados por *Eucalyptus* (T3 e T4), em todas as variáveis testadas, AA2h, AA24h, IE2h, IE24h e TNRE. Observando os resultados para TNRE dos painéis de *E. benthamii*, podemos perceber que foram melhores estatisticamente do que os painéis compostos por *Pinus spp*. embora elevados em relação aos encontrados na literatura. E ainda, podem ser relacionadas à razão de compactação, quanto maior a RC maior é a porcentagem do inchamento residual, ou Taxa de não retorno em espessura (KELLY, 1997).

Del Menezzi (2004) afirma que a estabilidade dimensional de um painel pode ser avaliada em função da absorção de água, do inchamento em espessura e da expansão linear que ocorrem quando é imerso em água líquida. Sendo que quanto menor o valor da TNRE, melhor a estabilidade dimensional dos painéis OSB, sobretudo em ambientes que possuem uma grande variação de umidade durante as estações do ano (MENDES, 2001). Saldanha (2004) afirma que o inchamento residual é altamente influenciado pelo inchamento em espessura, sendo que maiores valores destes geram maiores valores de TNRE.

Ainda, no sentido de explicar as maiores taxas apresentadas na Tabela 3 pelos painéis de pinus, Del Menezzi (2004) comenta que a absorção de água, diferentemente de teor de umidade de equilíbrio, é um fenômeno muito mais físico que químico e está relacionado à porosidade (espaços vazios) dos painéis e da madeira propriamente dita.

Outros autores também relataram altas taxas de absorção de água e inchamento em seus estudos com painéis de madeira formados pelas espécies do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*. Surdi (2012) relata porcentagens igualmente elevadas para os ensaios realizados com painéis OSB de um híbrido de *Pinus*: 38,7% (AA 2h), 79,6% (AA 24h). Mendonça (2008) encontrou para painéis de *E. urophylla* valores variando de 29,94% a 41,47% para AA 2h e para 24h os resultados foram no máximo até 68,43%. Já Guimarães Jr. *et al.* (2016) trabalhando com clones de *Eucalyptus* obteve resultados melhores, onde o valor máximo de inchamento em espessura após 2 horas de imersão foi igual a 9,43% e, após 24 horas de imersão, o clone que apresentou maior inchamento foi de 28,14%.

As taxas de inchamento em espessura dos painéis foram bastante altas, não atendendo aos padrões de exigência da norma de qualidade, CSA 0437 (1993) estipula o valor de inchamento após 24 horas de imersão, que deve ser no máximo de 15% para painéis de 12,7 mm de espessura ou menores e 10% para painéis superiores a 12,7 mm de espessura, (SBA, 2006). Apesar de ter sido aplicada a emulsão de parafina para diminuir a

higroscopicidade dos painéis, a média dos valores de IE 24h foi de 32%, considerando a espessura média final dos painéis de 17,4mm, portanto 3x maior do que o considerado ideal.

Tabela 4. Valores médios para módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) (paralelo e perpendicular)

Tratamento		MOR paralelo	MOR perpendicular	MOE paralelo	MOE perpendicular
		(MPa)			
T1	**P:P:P 20:60:20**	45,94 a	49,94 a	4960,76 a	3136,68 a
T2	**P:P:P 30:40:30**	43,30 a	30,36 b	4531,91 a	1762,24 b
T3	**E:E:E 20:60:20**	28,64 b	22,36 b	5608,02 a	2595,07 a
T4	**E:E:E 30:40:30**	26,62 b	15,26 b	4367,98 a	1194,24 b
Média		36,12	29,48	4867,17	2172,06
CV (%)		21,08	32,36	24,30	29,96

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 95% de probabilidade, teste Scott-Knott.

Os resultados obtidos nos ensaios de flexão estática, MOR e MOE, são importantes variáveis para a determinação do uso final dos painéis, principalmente na aplicação estrutural, segundo Iwakiri (1989).

Os maiores valores de MOR paralelo foram obtidos por T1 (45,94 MPa) e T2 (43,30 MPa), ambos de *Pinus*, diferindo estatisticamente de T3 (28,64 MPa) e T4 (26,62 MPa), de *Eucalyptus*; para MOR perpendicular essa tendência continuou, com destaque para T1, com maior média (49,91 Mpa). Nos resultados de MOE paralelo e perpendicular, pode-se perceber a influência das camadas, onde a proporção 20:60:20 teve valores mais elevados em relação a 30:40:30 em ambos os sentidos testados, embora haja diferença estatística apenas para o sentido perpendicular.

Saldanha (2004) afirma que os valores obtidos para MOE e MOR no sentido paralelo são superiores em relação ao sentido perpendicular, fato este influenciado principalmente pela composição da chapa em camadas cruzadas (face/miolo/face). No presente estudo, numericamente os valores paralelos foram maiores que os valores perpendiculares, para MOR e MOE, Surdi (2012) também observou essa relação.

Exemplos comparativos de outros autores podem ser citados como: Mendes *et al.* (2010) encontraram os valores médios de MOE perpendicular às fibras variando de 1079 a 1772 MPa, enquanto que o MOR, no mesmo sentido, variou de 10 a 23 MPa. Já os valores de MOE paralelo às fibras variaram de 4782 a 6333 MPa e o MOR paralelo variou de 41 a 63 MPa. Estes resultados são inferiores aos obtidos no presente estudo para o sentido perpendicular e superiores para o sentido paralelo. Nota-se ainda, que os resultados obtidos pelo autor no sentido paralelo foram maiores que no sentido perpendicular, assim como, o encontrado pelo autor citado a seguir. Guimarães *et. al* (2016) estudando clones de *E. urophylla* encontrou valores de 6651 MPa a 3307 MPa para MOE paralelo, 1496 MPa a 2016 para MOE perpendicular. Para os resultados de MOR paralelo os valores foram de 29 MPa até 48 MPa e para MOR perpendicular variaram de 13 MPa até 18 MPa.

Para MOR e MOE avaliados no sentido paralelo, a norma canadense CSA 0437 (1993), determina mínimos de 29,1 e 5510,7 MPa, respectivamente, para classe O-2 de painéis tipo OSB. A mesma norma determina, para o sentido perpendicular, valores mínimos de 12,4 MPa para MOR e 1502,9 MPa para MOE. Para o OSB ser enquadrado na classe O-1, os valores mínimos de resistência e rigidez são: MOR paralelo e perpendicular de 23,4 e 9,6 MPa, respectivamente; e MOE paralelo e perpendicular de 4500 e 1300 MPa, respectivamente. Portando, comparando os resultados obtidos, pode-se concluir que foram

atingidos, quase totalmente, os valores exigidos para a norma. Nos testes de MOE paralelo e perpendicular apenas o T4 não atingiu o exigido para nenhuma classe; para MOR paralelo no T3 (E:E:E 20:60:20) e T4 (E:E:E 30:40:30), assim como para MOE paralelo no T1 (P:P:P 20:60:20) e T2 (30:40:30) tiveram desempenho de classe O-1.

Tabela 5. Valores médios para ligação interna (LI)

Tratamento			LI (MPa)
T1	**P:P:P**	**20:60:20**	0,68 a
T2	**P:P:P**	**30:40:30**	0,67 a
T3	**E:E:E**	**20:60:20**	0,52 b
T4	**E:E:E**	**30:40:30**	0,50 b
Média			0,59
CV (%)			13,77

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 95% de probabilidade, teste Scott-Knott.

A média para os testes de ligação interna obtida pelos tratamentos compostos pelo gênero *Pinus* foi maior do que a do gênero *Eucalyptus*. Observando os resultados, pode-se afirmar que o melhor desempenho da ligação interna dos painéis formados por partículas de *Pinus spp*. pode estar relacionado à maior porosidade da madeira da espécie em relação ao *Eucalyptus*, que favorece o espalhamento e a penetração da resina. De acordo com Iwakiri (2005), o desempenho da colagem da madeira está intimamente vinculado à porosidade e à permeabilidade.

Alguns autores afirmam que a diminuição da relação face:miolo pode proporcionar valores de LI superiores (MENDES et al, 2003). Não houve diferença estatística significativa para a comparação das duas proporções de camadas formadoras dos painéis, 20:60:20 e 30:40:30, haja vista que os resultados obtidos foram bastante próximos.

Em comparação ao determinado pela norma CSA 0437.0 (1993), o valor mínimo exigido para ligação interna é 0,345 MPa, sendo a exigência igual para as duas classes, O-2 e O-1, portanto, todos os tratamentos atenderam a norma de qualidade.

4. CONCLUSÕES

Os painéis foram classificados como de média densidade, 0,62 g/cm³. Em relação à razão de compactação, apenas os tratamentos compostos exclusivamente por *E. benthamii* não atingiram o mínimo recomendado de 1,30.

Nenhum tratamento foi satisfatório no que diz respeito às propriedades de absorção de água e inchamento em espessura, além da taxa de não retorno em espessura, apresentando valores bastante elevados. Entretanto, ressalta-se o melhor desempenho obtido pelos painéis compostos por *Eucalyptus* em relação aos compostos por *Pinus.*

Os ensaios mecânicos de MOE e MOR resultaram em médias satisfatórias, que atingiram o mínimo exigidos pela norma, com exceção do T4 para MOE paralelo e perpendicular. A norma foi totalmente satisfeita pelos 4 tratamentos quanto à qualidade de colagem medida pela Ligação Interna.

Conclui-se que a espécie *E. benthamii* possui potencialidade para a produção de painéis OSB, devendo ser adequado o seu uso com testes complementares variando combinação de espécies, teor de resina e outros fatores.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas técnicas NBR 11941: Madeira - determinação da densidade básica: Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012. Brasília: ABRAF, 2010. 148 p.

Associação Catarinense de Empresas Florestais (ACR). Disponível em: http://www.acr.org.br/noticia.php?id=75. Acessado em: 01/05/2017.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle materials. In: Annual Book of ASTM standards, ASTM D-1037-78B. Philadelphia. 1993.

CSA. CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. OSB and Waferboard. CSA: 0437.0 – 93. Ontario: 1993. 18p.

DEL MENEZZI, C. H. S. Estabilização dimensional por meio do tratamento térmico e seus efeitos sobre as propriedades de painéis de partículas orientadas (OSB). 2004. 242 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

DIN. NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ. Testing of wood chipboards bending test, determination of bending strength: DIN 52362. Berlin, 40p. 1982.

GOUVEIA, F. N. Produção de chapas de partículas orientadas (OSB) a partir das espécies *Eucalyptus grandis* W. HILL EX MAIDEN e *Pinus elliottii* ENGELM. 2001. 81p. Tese (Pós-Graduação em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. et al. Qualidade de painéis OSB (Oriented Strand Board) produzidos com a madeira de clones de *Eucalyptus urophylla.* Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science). 7(3): 163-169, 2016.

IBÁ. Relatório Ibá – Indústria Brasileira de Árvores. Ano 2015. Disponível em: www.iba.org.

IWAKIRI, S. A influência de variáveis de processamento sobre propriedades de chapas de partículas de diferentes espécies de Pinus. Curitiba, 1989. 129p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

IWAKIRI, S.; MENDES, L. M.; SALDANHA, L. K.; SANTOS, J. C. dos. Utilização da madeira de eucalipto na produção de chapas de partículas orientadas – OSB. Cerne, Lavras, v. 10, n.1, p. 46-52, jan./jun. 2004.

IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEF. Cap. 4, p.123-160, 2005.

JANSSENS, D. P. The increasing recognition of Oriented Strandboard (OSB) as preferred structural panel. In: 1st International Seminar on Solid Wood Products of High Technology. Anais... Belo Horizonte - MG, p. 169-172, 1998.

KELLY, M. W. A critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboards. U.S. For. Prod. Lab. General Technical Report FPL-10, Madison, 1977. 66p.

LP Building Products. LP Brasil: Produtos. 2014. Disponível em: <http://www.lpbrasil.com.br/produtos/>. Acesso em: 01/05/2017.

MALONEY, T. M. Modern particleboard e dry-process fiberboard manufacturing. 2nd ed. São Francisco: Miller Freeman Publication, 1993. 689p.

MENDES, L. M. *Pinus* spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB). 2001. 103p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

MENDES, L. M.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M. de; KEINERT JR, S.; SALDANHA, L. K. Efeitos da densidade, composição dos painéis e teor de resina nas propriedades de painéis OSB. Floresta e Ambiente, v. 10, n.1, p.01-17, jan./jul. 2003.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; BUFALINO, L.; SILVA, A. F. A. Influência do tipo de adesivo e da inclusão laminar nas propriedades físicas de painéis OSB. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA - XII EBRAMEM, 2010, Lavras-MG. Anais... Lavras: IBRAMEM, 2010. p.7-15.

MENDONÇA, L. L. Produção de painéis de madeira com clones de *Eucalyptus urophylla*: estudo de caso para uso na indústria de móveis e construção civil. 2008. 129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - REDEMAT (UFOP – CETEC – UEMG), 2008.

MOSLEMI, A. A. Particleboard: technology. London: Southern Illinois University, 1974. v. 2, 245p.

SALDANHA, L. K. Alternativas tecnológicas para a produção de chapas de partículas orientadas “OSB”. 2004. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SBA, Structural Board Association. Tableros OSB em la construcción con armazones de madera. OSB Rendimientos preconcebidos. Canadá, versión em español: 2006.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. Afr. J. Agric. Res, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522.

SOUZA, K. B.; ALMEIDA, K. N. S.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; GUIMARÃES NETO, R. M. Comparação das propriedades físicas de painéis aglomerados de Pinus de origem industrial e laboratorial. Scientia Plena, v. 8, n. 4, 2012.

SURDI, P. G. Produção de painéis de partículas orientadas (OSB) a partir da madeira de um híbrido de *Pinus elliottii* var. *elliottii* X *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. 2012. 98p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – ESALQ, Piracicaba, 2012.