

Influência do arranjo das camadas do colchão nas propriedades tecnológicas de painéis de partículas orientadas (OSB) de *Eucalyptus benthamii*Influence of face to core layer ratios on technological properties of oriented Strand Board (OSB) of *Eucalyptus benthamii*Larissa Pasa Martarello<sup>1</sup>, Alexsandro Bayestorff da Cunha<sup>2</sup>, Polliana D'Angelo Rios<sup>2</sup>, Martha Andreia Brand<sup>2</sup> e Luciane Gorski<sup>1</sup>

---

**Resumo**

O objetivo do estudo foi determinar a influência de quatro diferentes arranjos de camadas do colchão nas propriedades tecnológicas de painéis de partículas orientadas (OSB) de *Eucalyptus benthamii*. As partículas foram obtidas a partir de toras de reflorestamentos com 13 anos de idade, situados em Palmeira, Santa Catarina. O delineamento experimental foi composto por 4 tratamentos, sendo: 100% das partículas orientadas no mesmo sentido (T1), e de camadas cruzadas de 20-60-20% (T2), 25-50-25% (T3) e 30-40-30% (T4). Os painéis foram produzidos com densidade de 0,650 g/cm<sup>3</sup>, 6% de resina fenol-formaldeído, 1% de emulsão de parafina e ciclo de prensagem de 180°C, 40 kgf/cm<sup>2</sup> por 8 minutos. Os ensaios foram realizados de acordo com os parâmetros da ASTM D1037 (1993) e da DIN 52362 (1982) e os resultados analisados por meio da Análise da Variância e Teste de Tukey a 95% de probabilidade, bem como a comparação com os parâmetros da CSA 0437 (1993). Os resultados demonstraram que os painéis de média massa específica apresentaram valores de razão de compactação abaixo do encontrado na literatura e ao mesmo tempo altos valores de absorção de água e inchamento em espessura que não atenderam aos parâmetros da norma de referência. Para módulo de elasticidade e módulo de ruptura, os valores de rigidez e resistência foram melhorados com a inclusão de uma camada cruzada na parte central do painel, mesmo que para módulo de ruptura não tenha havido diferença estatística entre os tratamentos. Para ligação interna, todos os tratamentos foram satisfatórios com média de 0,506 MPa de resistência. Segundo a CSA 0437.0 (1993) para propriedades mecânicas, todos os tratamentos foram classificados como classe 01.

**Palavras-chave:** Espécie alternativa para OSB; *Eucalyptus benthamii*; diferentes composições das camadas do colchão; propriedades tecnológicas.

**Abstract**

The objective of the study was to determine the influence of four different arrangements of face to core layer ratios on the technological properties of oriented strand board (OSB) of *Eucalyptus benthamii*. The particles were obtained from logs of a 13 years old plantation located in Palmeira, Santa Catarina. The experiment consisted of 4 treatments as follows: 100% of particles oriented in the same direction (T1), and crossed layers of 20-60-20% (T2), 25-50-25% (T3) and 30-40-30% (T4). Panels were produced with a density of 0,650 g/cm<sup>3</sup>, 6% phenol formaldehyde resin, 1% wax sizing and a pressing cycle of 180°C, 40 kgf/cm<sup>2</sup> for 8 minutes. The tests were done according to the parameters of ASTM D1037(1993) and DIN 52362(1982) and the results were analyzed by Analysis of Variance and Tukey's Test at 95% probability, as well as by comparison with the parameters of CSA 0437 (1993). The results demonstrated that the panels of medium density values presented below the compression ratio found in the literature and simultaneously high values of water absorption and thickness swelling that did not meet the criteria of the reference standard. For the modulus of elasticity and modulus of rupture, values of stiffness and strength have been enhanced by including a cross-layer in the central part of the panel. Even for modulus of rupture there was no statistical difference among treatments. For internal bonding, all treatments were satisfactory with an average strength of 0.506 MPa strength. According to CSA 0437.0 (1993) for mechanical properties, all treatments were classified as Class 01.

**Keywords:** Alternative species for OSB; *Eucalyptus benthamii*; different face to core layer ratios; technological properties.

---

<sup>1</sup>Mestre. UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina - Departamento do Engenharia Florestal. Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages - SC. E-mail: [laripasa@msn.com](mailto:laripasa@msn.com); [lu\\_gorski@hotmail.com](mailto:lu_gorski@hotmail.com)

<sup>2</sup>Professor(a) Doutor (a). UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina - Departamento do Engenharia Florestal. Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages - SC. E-mail: [alexsandro.cunha@udesc.br](mailto:alexsandro.cunha@udesc.br); [polliana.rios@udesc.br](mailto:polliana.rios@udesc.br); [martha.brand@udesc.br](mailto:martha.brand@udesc.br).

## INTRODUÇÃO

Em 2012, segundo relatório da ABRAF (2013), a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil totalizou 6.664.812 ha, sendo 76,6 % correspondente à área de plantios de *Eucalyptus*, o que representa um crescimento de 4,5% (228.078 ha) frente ao indicador de 2011.

Entre as espécies de *Eucalyptus* plantadas no Brasil, destaca-se o *Eucalyptus grandis*, por ser uma espécie de rápido crescimento e também em função das características da madeira produzida, como o bom rendimento nos processos industriais em virtude do baixo índice de rachaduras quando comparado com outras espécies do mesmo gênero, boa resistência mecânica e resistência a organismos xilófagos. No entanto, esta espécie tem como limitação a baixa resistência a geadas, não podendo ser plantada em regiões frias como o planalto norte e a serra catarinense *Eucalyptus*

Sendo assim, nas regiões mais frias, a espécie mais plantada é o *Eucalyptus dunnii*, que tem como principal fim o uso energético em função da baixa qualidade de madeira produzida devido às altas tensões de crescimento, o que reflete negativamente nas propriedades tecnológicas. Como alternativa, uma espécie que está recebendo atenção e sendo estudada devido ao seu potencial característico de resistir a baixas temperaturas é o *Eucalyptus benthamii* et Cambage (NISGOSKI et al., 1998).

O *E. benthamii* foi introduzido no Brasil pela Embrapa Florestas, sendo utilizado em extensos programas de reflorestamento em função da boa resistência a geadas e grande possibilidade de ser utilizado para fins industriais, necessitando, portanto, de maiores estudos sobre suas características tecnológicas e seu potencial de utilização.

Tendo em vista que os reflorestamentos com esta espécie na região sul do Brasil, especialmente no estado de Santa Catarina, são relativamente jovens e existem muitos produtores de florestas plantando esta espécie, há uma grande quantidade de matéria-prima a ser disponibilizada no mercado a médio prazo sem ter um direcionamento de produto final. Assim, é de extrema importância a avaliação desta espécie em todos os ramos de utilização na indústria, desde madeira sólida, passando pelos painéis compensados, de partículas, e entre esses usos, os painéis OSB (*Oriented Strand Board*).

Segundo Cloutier (1998), os painéis "OSB" são utilizados para aplicações estruturais, tais

como: paredes, suportes para pisos e forros, componentes de vigas estruturais, embalagens, tendo em vista as suas boas características de resistência mecânica e estabilidade dimensional, bem como não estruturais como móveis e divisórias.

A utilização de painéis OSB vem ocupando espaço antes exclusivo dos painéis compensados, em virtude de fatores como: redução da disponibilidade de toras de boa qualidade para laminação, utilização de toras de qualidade inferior e de espécies de baixo valor comercial, largura e comprimento dos painéis OSB são determinados pela tecnologia de produção e não em função do comprimento das toras (IWAKIRI et al., 2003).

Os painéis OSB são produzidos com base em partículas de madeira do tipo "strand", com a incorporação de resina a prova d'água e parafina, orientadas durante o processo de deposição e consolidadas pela prensagem a quente *Eucalyptus*

Segundo Iwakiri et al. (2003), a composição estrutural dos painéis em camadas cruzadas, melhora a sua resistência mecânica e estabilidade dimensional nos sentidos paralelo e perpendicular ao plano do painel. Com relação ao sentido de orientação das partículas nas camadas superficiais e no centro dos painéis OSB, Cloutier (1998) afirma que a proporção ideal é na faixa de 20:60:20 a 30:40:30, baseado na porcentagem de peso de partículas.

Para *Eucalyptus benthamii*, por existirem poucos estudos no segmento de painéis de madeira reconstituída, existe uma forte demanda para a contínua determinação do melhor uso da espécie, assim como para encontrar melhores variáveis de processo, e obter resultados satisfatórios que atendam as normas internacionais de qualidade de *Eucalyptus*.

O objetivo do presente estudo foi determinar a influência de quatro composições de camadas de partículas nas propriedades tecnológicas de painéis de partículas orientadas (OSB) de *Eucalyptus benthamii*, bem como verificar o atendimento dos valores encontrados para as propriedades a norma CSA 0437 (CSA, 1993).

## MATERIAL E MÉTODOS

A madeira utilizada no estudo foi proveniente de um plantio experimental de *Eucalyptus benthamii* com 13 anos de idade da empresa Klabin S.A., localizado no município de Palmeira, Santa Catarina.

Foram utilizadas 10 toras para a produção dos painéis, com comprimento de 2,40 m e diâmetro variando entre 20 e 30 cm, as quais foram desdobradas na serraria da Empresa *Madepar* Indústria e Comércio de Madeiras LTDA, situada em Lages, Santa Catarina. Do processo de desdobro foram obtidas 70 tábuas tangenciais com 25 mm de espessura, largura variável e comprimento de 2,40 m. Nestas, foi aplicado o destopo em peças menores de 80 mm de comprimento em função do gerador de partículas do laboratório e realizado a imersão das peças em água a temperatura ambiente durante 21 dias de forma a facilitar o processo de retirada das partículas das peças.

As partículas *strand* foram obtidas em um gerador de partículas composto por 4 facas instaladas no rotor e uma faca no batente, obtendo partículas com dimensões aproximadas de 80 mm de comprimento, 25 mm de largura e 0,50 mm de espessura. As partículas foram secas até 4+/-1% de umidade em uma estufa com circulação forçada de ar a temperatura constante de 80°C.

O delineamento experimental para avaliação tecnológica dos painéis foi composto por 4 tratamentos que envolveram diferentes composições de camadas, sendo:

- tratamento 1 (T1): 100% das partículas orientadas no mesmo sentido,
- tratamento 2 (T2): camadas cruzadas na proporção 20% - 60% - 20%,
- tratamento 3 (T3): camadas cruzadas na proporção 25% - 50% - 25%,
- tratamento 4 (T4): camadas cruzadas na proporção 30% - 40% - 30%.

Foram produzidos 3 painéis por tratamento, com as seguintes características: densidade nominal de 0,65 g/cm<sup>3</sup>; dimensões de 440 x 370 x 16 mm; resina fenol-formaldeído (6%) e de emulsão parafina (1%), ambos baseados na massa seca das partículas.

Posteriormente a etapa da secagem, foi realizada a aplicação do adesivo (resina + parafina) nas partículas de forma independente por meio de uma pistola pulverizadora dentro de um tambor rotativo que girava a velocidade de 20 rpm.

Para a orientação das partículas e formação do colchão com camadas cruzadas lançou-se mão do uso de uma caixa formadora. Posteriormente fez-se a prensagem a frio em prensa manual com 5 kgf/cm<sup>2</sup> de pressão, e em seguida a prensagem a quente em temperatura de 180°C, pressão específica de 40 kgf/cm<sup>2</sup> durante 8 minutos. Salienta-se que os parâmetros de prensa-

gem foram baseados em Mendes et al. (2008) e Bufalino et al. (2015).

Os ensaios tecnológicos executados foram baseados nos procedimentos descritos nas normas ASTM D1037 (ASTM, 1993) e DIN 52362 (DIN, 1982), sendo: massa específica, razão de compactação, teor de umidade, absorção de água, inchamento em espessura e taxa de não retorno em espessura (TNRE) como ensaios físicos e, flexão estática (módulo de ruptura (MOR) e elasticidade (MOE)) e ligação interna como mecânicos.

Cabe salientar que para a determinação da razão de compactação foi utilizado o valor de massa específica da madeira de *Eucalyptus benthamii* (0,530 g/cm<sup>3</sup>) encontrado por Martarello (2014).

Para a análise dos painéis foi aplicado o Teste de Shapiro - Wilk para verificar se as variáveis quantitativas contínuas apresentavam distribuição normal e o Teste de Levene para determinar a homogeneidade das variâncias. Após comprovada a normalidade e a homogeneidade dos dados, foi empregado a Análise de Variância e o Teste de Tukey a 95% de probabilidade para a comparação de média, quando da rejeição da hipótese de igualdade, ambos por meio do SISVAR 4.6 (FERREIRA, 2003). Além destas análises, os valores foram comparados com os parâmetros da norma CSA 0437 (CSA, 1993).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Propriedades físicas

Os valores médios de massa específica, razão de compactação e teor de umidade estão apresentados na Tabela 1, onde pode ser observado que não houve diferença estatística em nenhuma das três variáveis analisadas.

Os valores encontrados classificam os painéis de todos os tratamentos como de média massa específica, conforme estudo realizado por Iwakiri (2005) que estabelece intervalo entre 0,59 a 0,80 g/cm<sup>3</sup> para tal categoria. Zhou (1990) relata que a faixa ideal de massa específica dos painéis para manufatura de OSB está entre 0,65 e 0,70 g/cm<sup>3</sup>, desta forma, os painéis do tratamento T3 estão fora do intervalo recomendado pelo autor.

A homogeneidade da massa específica dos painéis é um indicativo de que houve uniformidade no processo de deposição das partículas dentro dos painéis e entre os tratamentos,

Para razão de compactação, o valor médio encontrado foi de 1,2, sendo que os resultados entre os tratamentos seguiram a mesma tendên-

**Tabela 1.** Valores médios para massa específica, razão de compactação e teor de umidade.  
**Table 1.** Medium values for density, compaction ratio and moisture.

Camadas	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	Razão de Compactação	Teor de umidade (%)
T1 (100%)	0,659 a	1,244 a	10,546 a
T2 (20-60-20%)	0,651 a	1,228 a	10,399 a
T3 (25-50-25%)	0,628 a	1,185 a	10,512 a
T4 (30-40-30%)	0,659 a	1,243 a	10,166 a
<b>Média</b>	<b>0,649</b>	<b>1,225</b>	<b>10,406</b>

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferenciam estatisticamente entre si.

cia da massa específica, tendo em vista que foi utilizada uma única espécie. Todos os valores de razão de compactação ficaram abaixo do intervalo recomendado por Kelly (1977), Moslemi (1974), Tsoumis (1991) e Maloney (1993) que é de 1,3 a 1,6. Para painéis formados com 6 espécies diferentes de *Eucalyptus*, Iwakiri et al. (2004) também encontraram resultados inferiores ao desejado para razão de compactação que variaram de 0,850 a 1,130.

Os valores encontrados abaixo do limite inferior recomendado pelos autores poderão influenciar negativamente sobre as demais propriedades físicas e mecânicas dos painéis. Este fato é decorrente da utilização de uma madeira com massa específica superior as utilizadas tradicionalmente pelo setor (*Pinus taeda* e *Pinus elliottii*), o que pode ser ajustado em função do aumento da massa específica dos painéis, incorporação de uma maior quantidade de resina o que reflete na elevação do custo, ou ainda a mistura com outras espécies de menor massa específica.

Para teor de umidade, os valores estão satisfatórios quando comparados com autores como Souza (2012) que encontrou valores entre 8,2 e 10,3% para painéis OSB produzidos com *Pinus sp.*, Hillig et al. (2004) que encontraram valores entre 3,74% e 8,78% para painéis *flakeboards* de *Pinus elliottii*, *Eucalyptus grandis* e *Acacia mearnsii*. Em escala comercial, a empresa fabricante de painéis OSB no Brasil, LP Building Products, indica que o teor de umidade médio desse tipo de painel encontra-se na faixa de 8+/-3% (LP BRASIL, 2014).

Verifica-se também que os tratamentos apresentaram menor umidade de equilíbrio em relação à madeira sólida, quando colocados sob a mesma condição ambiental. A justificativa para esta redução de higroscopicidade é devido à redução da madeira em partículas e a posterior incorporação de resinas e parafinas e, principalmente pela aplicação de altas temperaturas e pressão durante a consolidação do painel (WU, 1999), a qual promove a perda ou rearranjo das regiões higroscópicas da madeira, deixando o painel menos reativo a água (MENDES, 2001).

A Tabela 2 apresenta os valores médios para absorção em água, inchamento em espessura e taxa de não retorno em espessura para os painéis OSB, onde pode ser observado por meio das quatro variáveis que o tratamento T4, composto pela composição 30 – 40 -30 apresentou os melhores resultados.

Os valores de absorção de água após 2 horas variaram de 16,7% no T3 (25-50-25) a 22,2% no T1 (100%), havendo diferença estatística entre eles. Nota-se que os tratamentos T3 e T1 foram os que apresentaram as massas específicas com médias maior e menor, respectivamente *Eucalyptus*. No entanto, após a finalização do período completo de imersão (24 horas), não foi verificada diferença estatística entre os tratamentos. Cabe destacar que a norma CSA 0437 (CSA, 1993) não especifica valores para a propriedade física de absorção de água, contudo, pode-se inferir que os valores encontrados para os painéis produzidos foram compatíveis com dados de literatura.

**Tabela 2.** Valores médios para absorção, inchamento em espessura taxa de não retorno em espessura.  
**Table 2.** Mean values for absorption, swelling thickness and spring back.

Camadas	Absorção (%)		Inchamento (%)		TNRE (%)
	2h	24h	2h	24	
T1 (100%)	22,159 b	61,049 a	14,251 b	36,448 b	27,634 a
T2 (20-60-20%)	20,169 ab	60,531 a	11,029 a	32,733 b	26,500 a
T3 (25-50-25%)	16,714 a	61,430 a	11,367 a	35,795 b	30,107 a
T4 (30-40-30%)	16,944 a	51,191 a	11,632 a	25,351 a	24,710 a
<b>Média</b>	<b>18,996</b>	<b>58,550</b>	<b>12,070</b>	<b>32,582</b>	<b>24,238</b>

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferenciam estatisticamente entre si.

Para inchamento em espessura após 2 horas, observa-se que o tratamento T1 (100%), apresentou o maior valor médio (14,3%), diferenciando estatisticamente dos demais, porém após 24 horas, o tratamento mencionado continuou sendo o maior, porém foi equivalente aos tratamentos T2 (20-60-20) e T3 (25-50-25). Todos os valores médios encontrados para os quatro tratamentos ficaram acima do recomendado pela CSA 0437 (CSA, 1993) que estipula o valor máximo de 10% de inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água para painéis com espessura superior a 12,7 mm.

Iwakiri et al. (2008) encontraram valores de absorção 24 horas de 68,49% para *Eucalyptus grandis* e 82,04% para *Eucalyptus dununii*. Para os valores de inchamento em espessura (24 horas), os mesmos autores obtiveram os valores de 19,21% para *Eucalyptus grandis* e 25,92% para *Eucalyptus dununii*, para painéis produzidos com massa específica nominal de 0,7g/cm<sup>3</sup>. Com o mesmo gênero, Mendonça (2008) encontrou para painéis de *Eucalyptus urophylla* valores variando de 29,94% a 41,47% para absorção 2 horas e para absorção 24 horas os resultados atingiram o máximo até 68,43%.

Para o TNRE, o valor médio foi de 24,3%, sendo que não houve diferença estatística entre os tratamentos. Saldanha (2004) afirma que o inchamento residual é altamente influenciado pelo inchamento em espessura, sendo que maiores valores destes geram maiores valores de TNRE. Pode-se constatar o citado pelo autor analisando o tratamento T4, que apresentou a menor taxa de inchamento em espessura para 24 horas, 25,35%, relacionada à TNRE de 24,71%.

### Propriedades mecânicas

Os valores médios de módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) paralelo e perpendicular estão apresentados na Tabela 3.

Verifica-se a partir dos resultados, que tanto para MOR quanto para MOE, não houveram diferenças estatísticas entre os tratamentos no sen-

tido paralelo às fibras, e que este cenário muda para os valores obtidos no sentido perpendicular, onde é possível verificar, que o aumento na proporção de partículas na camada interna (50 e 60%) promovem um incremento nos valores, afetando positivamente a resistência a flexão, onde os tratamentos T2 e T3 apresentaram as maiores médias.

Segundo Iwakiri et al. (2003) pode-se observar também que a diferença entre o MOR nos sentidos paralelo e perpendicular passa a ser menor, com a inclusão de uma camada cruzada no miolo da chapa (20:60:20), aumentando o equilíbrio estrutural do painel, ou seja, para o painel homogêneo os valores de MOR de 29,985 MPa no sentido paralelo e 6,75 MPa no perpendicular passam para 27,477 MPa e 18,189 MPa para o painel com camada cruzada de 20-60-20%.

Quanto ao sentido de aplicação da carga em relação à distribuição das partículas durante o ensaio de flexão estática, observa-se que os resultados encontrados no sentido paralelo foram superiores aos encontrados no sentido perpendicular. Saldanha (2004) afirma que a superioridade dos resultados obtidos no sentido paralelo frente ao perpendicular está em função da composição do painel em camadas cruzadas (face/miolo/face), onde o sentido de aplicação da força está paralelo à camada interna com maior quantidade de partículas.

A norma CSA 0437 (1993) estabelece que os valores de MOR paralelo devem ser superiores a 29,0 MPa para os painéis serem classificados como O2 ou superiores a 23,4 MPa para serem enquadrados como O1. Assim, observa-se que o T2 e T4 não atingiram o limite mínimo para a classificação O2, sendo classificados O1. Já para o sentido perpendicular, em termos de atendimento aos parâmetros mínimos estabelecidos pela CSA 0437 (CSA, 1993), nota-se que todos os tratamentos, com exceção do T1 atingiram o valor mínimo para a classificação O2 que é de 12,4 MPa.

**Tabela 3.** Valores médios para módulo de ruptura e módulo de elasticidade.

**Table 3.** Mean values of modulus of rupture and modulus of elasticity.

Camadas	Módulo de ruptura (MPa)		Módulo de elasticidade (MPa)	
	Paralelo	Perpendicular	Paralelo	Perpendicular
T1 (100%)	29,985 a	6,753 c	5761,382 a	1092,226 c
T2 (20-60-20%)	27,477 a	18,189 a	5941,356 a	2595,066 a
T3 (25-50-25%)	29,099 a	20,808 a	5430,260 a	2082,42 ab
T4 (30-40-30%)	28,458 a	13,637 b	5367,981 a	1183,71 bc
<b>Média</b>	<b>28,755</b>	<b>14,847</b>	<b>5625,244</b>	<b>1738,356</b>

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferenciam estatisticamente entre si.

Para o MOE, a norma CSA 0437 (CSA, 1993) estabelece que os valores devem ser superiores a 5500 MPa no sentido paralelo e a 1500 MPa no perpendicular para serem classificados como O2, ou superior a 4500 MPa paralelo e 1300 MPa perpendicular para ser enquadrado como O1. Sendo que no sentido paralelo o T1 e T2 podem ser classificados como O2 e os demais como O1, e no sentido perpendicular, somente os tratamentos com 50 e 60% de partículas na camada interna (T2 e T3) atingiram os valores mínimos para serem classificados como O2.

Mendes et al. (2008) em painéis produzidos com *Eucalyptus* spp. e massa específica nominal de 0,7 g/cm<sup>3</sup> obteve valores de 25,6 MPa para MOR paralelo e 12,2 MPa para perpendicular, sendo que estes valores aumentaram para 36,8 MPa e 30,8 MPa quando aumentou a massa específica nominal para 0,9 g/cm<sup>3</sup>. Mendes et al. (2007), trabalhando com OSB de clones de *Eucalyptus* e resina fenólica, encontraram valores médios de MOR paralelo de 25 MPa e MOR perpendicular de 12 MPa.

Comparando os resultados encontrados com os trabalhos de Mendes et al. (2008) e Mendes et al. (2007), observa-se que para MOR paralelo, os valores médios corroboram com o do presente estudo, porém para MOR perpendicular, os valores médios encontrados pelos autores referenciados estão abaixo do resultado para *Eucalyptus benthamii*.

Iwakiri et al. (2003), para painéis produzidos com *Eucalyptus grandis* obteve MOE paralelo de 6626,7 MPa para 4,5% de resina e 5116,47 MPa para 6%, não obtendo diferença significativa entre os tratamentos. Para o sentido perpendicular os valores encontrados foram de 3849,2 MPa para 4,5% e 3582,5 MPa para 6% de resina.

A tabela 4 apresenta os valores encontrados para ligação interna dos painéis, onde pode ser observado que houve diferença estatística entre os tratamentos, onde o tratamento T1 (100%) apresentou o menor valor e o tratamento T3 (25-50-25%) o maior. No entanto, todos os tra-

tamentos atingiram o mínimo exigido pela CSA 0437.0 (1993), que é de 0,345 MPa, tanto para classificação O2, quanto para a O1.

Comparando os resultados encontrados com os trabalhos de Mendes et al. (2007), observa-se que para a ligação interna, os valores médios corroboram com o do presente estudo, onde os autores encontraram um valor médio de 0,39 MPa para a resistência a ligação interna de painéis com partículas de clones de *Eucalyptus*.

Iwakiri et al. (2003) encontraram a resistência de 0,52 MPa para painéis de *Eucalyptus grandis* com composição de 20:60:20. Iwakiri et al. (2004) obtiveram para painéis com *Eucalyptus grandis* o resultado de 0,57 MPa, e de 0,42 MPa para *Eucalyptus saligna* nos valores médios de ligação interna.

## CONCLUSÕES

Os painéis produzidos foram classificados como de média densidade com distribuição uniforme de partículas, porém para razão de compactação, os valores encontrados foram inferiores aos recomendados pela literatura.

Os valores médios de inchamento para 2 horas e 24 horas foram elevados e não atingiram aos valores estabelecidos pela norma de referência, sendo que a taxa de não retorno em espessura foi proporcional aos valores de inchamento 24 horas.

Para módulo de elasticidade e módulo de ruptura no ensaio de flexão estática, constatou-se que houve diferença estatística entre os valores somente no sentido perpendicular, onde os resultados foram melhorados à medida que foi incluída uma camada interna perpendicular à externa com 50% e 60% de partículas.

Os resultados de ligação interna foram satisfatórios, tendo em vista que os tratamentos atingiram os valores mínimos estabelecidos pela norma.

Segundo a CSA 0437.0 (CSA, 1993), levando em consideração todas as propriedades mecânicas avaliadas, todos os tratamentos são classificados como O1, tendo em vista que pelo menos uma das propriedades foi classificada como tal.

Os resultados deste trabalho mostram que a madeira de *Eucalyptus benthamii* possui potencial para a produção de painéis de partículas orientadas (OSB), porém necessita de ajustes no processo, principalmente no que tange as propriedades de absorção de água e inchamento em espessura, e na razão de compactação que influencia diretamente nas propriedades mecânicas dos painéis.

**Tabela 4.** Valores médios de ligação interna.

**Table 4.** Mean values of internal bond.

Camadas	Ligação Interna (MPa)
T1 (100%)	0,443 c
T2 (20-60-20%)	0,517 b
T3 (25-50-25%)	0,566 a
T4 (30-40-30%)	0,497 b
<b>Média</b>	<b>0,506</b>

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferenciam estatisticamente entre si.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico ABRAF 2013** – ano base 2012. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: fev. 2014.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D-1037**. Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle materials. In: Annual Book of ASTM standards, Philadelphia. 1993.
- BUFALINO, L.; CORRÊA, A. A. R.; SÁ, V. A.; MENDES, L. M.; ALMEIDA, N. A.; PIZZOL, V. D. Alternative compositions of oriented strand boards (OSB) 5 made with commercial woods produced in Brazil. **Madera: Ciencia y Tecnología**: Concepción, v. 17, n. 1, p. 105-116, 2015.
- CLOUTIER, A. Oriented Strandboard (OSB): raw material, manufacturing process, properties of wood-base fiber and particle materials. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLID WOOD PRODUCTS OF HIGH TECHNOLOGY, 1, 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SIF, 1998. p. 173-185.
- CSA - CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. **CSA 0437.0 – 93**. OSB and Waferboard. Ontario, p. 18, 1993.
- DIN. NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ. **DIN 52362**. Testing of wood chipboards bending test, determination of bending strength. Berlin, p. 40, 1982.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR 4.6** - programa de análise estatística. Lavras: UFLA, 2003. 1 CD-ROM.
- HILLIG, E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Estabilidade dimensional de chapas aglomeradas estruturais (flakeboards) fabricadas com madeiras de *Pinus*, *Eucalyptus* e Acácia negra. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 80-94, 2004.
- IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005, 247 p.
- IWAKIRI, S.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; PRATA, J. G.; COSTA, A. C. B. Utilização de madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* para produção de painéis de partículas orientadas – OSB. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 265-270, 2008.
- IWAKIRI, S.; MENDES, L. M.; SALDANHA, L. K. Produção de chapas de partículas orientadas OSB de *Eucalyptus grandis* com diferentes teores de resinas, parafina e composição de camadas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 89-94, dez. 2003.
- KELLY, M. W. **A critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboards**. Madison, Forest Service, 1977. 66 p. (USDA FPL General Technical Report, 10).
- LP BRASIL. Disponível em: <<http://www.lpbrasil.com.br/produtos/lp-osb-home-plus-estrutural.html>> Acesso em: fev. 2014.
- MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing**. San Francisco: Miller Freeman Inc., 1993. 689 p.
- MARTARELLO, L. P. **Potencial tecnológico do *Eucalyptus benthamii* para a produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2014. 135 p. (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.
- MENDES, L. M. ***Pinus* spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2001. 103 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.
- MENDES, R. F.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MENDES, L. M. Utilização de *Cunninghamia lanceolata* na confecção de painéis OSB. In: ENCONTRO BRASILEIRO E MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 9., 2008, Londrina. **Anais...** Londrina: Editora Ibramem, 2008. p. 242.
- MENDES, S. A.; MENDES, L. M.; CHAVES, M. D.; MORI, F. A.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F. Utilização de resinas alternativas na produção de painéis OSB de clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 257-263, 2007.
- 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. 129 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - REDEMAT (UFOP – CETEC – UEMG), Belo Horizonte, 2008.
- MOSLEMI, A. A. **Particleboard: technology**. London: Southern Illinois University, 1974. v. 2, 245 p.

- NISGOSKI, S.; MUNIZ, G. I. B.; KLOCK, U. Caracterização Anatômica da Madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage. **Ciência Florestal**: Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 67-76, 1998.
- SALDANHA, L. K. **Alternativas tecnológicas para produção de chapas de partículas orientadas "OSB"**. 2004. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- SOUZA, A. M. **Produção e avaliação do desempenho de painéis de partículas orientadas (OSB) de *Pinus* sp. com inclusão de telas metálicas**. 2012. 118 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. New York: Chapman & Hall, 1991. 494 p.
- WU, Q. In-plane dimensional stability of oriented strand panel: Effect of processing variables. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 31, p. 28-40, 1999.
- ZHOW, D. A study of oriented structural board made from hybrid poplar. Physical and mechanical properties of OSB. **Holz Als Roh Und Werkstoff**, Berlin, v. 48, n. 7-8, p. 293-296, 1990.

Recebido em 24/07/2014  
Aceito para publicação em 12/03/2015