

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DA MADEIRA DE *Acrocarpus fraxinifolius*, *Grevilea robusta*, *Melia azedarach* e *Toona ciliata* PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS OSB

Setsuo Iwakiri^{1*}, Daniele Cristina Potulski¹, Felipe Gustavo Sanches¹, Janice Bernardo da Silva¹, Rosilani Trianoski¹, Williams Carlos Pretko¹

*Autor para correspondência: setsuo@ufpr.br

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de uso da madeira de *Acrocarpus fraxinifolius*, *Grevilea robusta*, *Melia azedarach* e *Toona ciliata*, e mistura destas espécies, para produção de painéis OSB. Os painéis foram produzidos em laboratório com densidade nominal de 0,75 g/cm³, utilizando resina fenol-formaldeído em quantidade de 6% de sólido resinoso e 1% de emulsão de parafina. Foram avaliadas as propriedades de absorção de água e inchamento em espessura 2 e 24 horas, tração perpendicular, módulo de elasticidade e de ruptura paralelo e perpendicular, de acordo com as normas EN 317, 318 e 310/2003, respectivamente. Os painéis OSB produzidos com as 4 espécies e mistura destas, apresentaram valores médios de propriedades físicas e mecânicas acima do requisito mínimo estabelecido pela norma CSA 437/1993. Os resultados das propriedades físicas e mecânicas obtidas indicam a viabilidade de uso das madeiras de *Acrocarpus fraxinifolius*, *Grevilea robusta*, *Melia azedarach* e *Toona ciliata*, e mistura destas espécies, para produção de painéis OSB.

Palavras-chave: painéis OSB, painéis estruturais, resina fenol-formaldeído.

PRODUCTION OF ORIENTED STRAND BOARD USING FOUR WOOD SPECIES FROM FOREST PLANTATIONS

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the feasibility of using wood of *Acrocarpus fraxinifolius*, *grevilea robusta*, *Melia azedarach*, *Toona ciliata*, and mixture of these species for OSB manufacturing. The panels were produced in the laboratory with a nominal density of 0.80 g / cm³, using phenol-formaldehyde resin in an amount of 6% of solid resin. There were evaluated the properties of water absorption and thickness swelling – 2 and 24 hours, internal bond, modulus of elasticity and modulus of rupture in the parallel and perpendicular direction, according to EN standards. The OSB panels produced with four species and the mixture of these species showed average values of mechanical properties above the minimum standard established by the CSA 437/1993. The results of the physical and mechanical properties obtained indicate the feasibility of the use of wood of *Acrocarpus fraxinifolius*, *grevilea robusta*, *Melia azedarach* and *Toona ciliata*, and mixture of these species for OSB manufacturing.

Keywords: oriented strand board, structural board, phenol-formaldehyde resin.

1 INTRODUÇÃO

O aumento significativo na demanda pela madeira de pinus e eucalipto nas últimas duas décadas tem motivado as empresas de base florestal pela ampliação nas áreas de plantios florestais para equilibrar a relação oferta-demanda de madeira para fins industriais. Várias espécies alternativas às tradicionais como pinus e eucaliptos, utilizados para plantios florestais, têm sido avaliadas quanto aos aspectos silviculturais e qualidade da madeira para uso industrial.

Estudos sobre a utilização de espécies provenientes de plantios florestais a nível experimental para produção de painéis OSB têm sido conduzidos por alguns pesquisadores. Gouveia et al. (2000) estudaram a qualidade de painéis OSB produzidos a partir da madeira

de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*; Okino et al. (2008) avaliaram as propriedades físicas e mecânicas de painéis OSB produzidos com madeira de *Cupressus glauca*; Os autores encontraram resultados satisfatórios para as propriedades dos painéis produzidos com as três espécies estudadas. Saldanha e Iwakiri (2009) analisaram a influência de diferentes densidades (0,65 g/cm³ e 0,90 g/cm³) dos painéis OSB de *Pinus taeda* nas propriedades físico-mecânicas e constataram um aumento nos valores destas propriedades para painéis com maior densidade. Mendes et al. (2007) encontraram resultados satisfatórios para ensaios de tração perpendicular de painéis OSB produzidos com clones de *Eucalyptus* spp em relação aos requisitos da norma comercial CSA 0437.0 (CANADIAN STRANDARDS ASSOCIATION - CSA, 1993). Iwakiri et al. (2008) avaliaram as propriedades dos painéis

¹ Universidade Federal do Paraná - Curitiba, Paraná, Brasil

OSB produzidos com madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*, com densidade de 0,70 g/cm³ e 1,0 g/cm³. Os painéis apresentaram valores de propriedades compatíveis com os requisitos da norma canadense CSA 0437.0 (CSA, 1993) e os resultados dos ensaios mecânicos demonstraram incremento expressivo nos valores de MOE e MOR em flexão estática com aumento na densidade do painel.

As espécies de madeira podem apresentar entre elas grande variabilidade na sua estrutura anatômica e nas propriedades físicas e químicas, podendo exercer influências positivas e negativas na fabricação de produtos colados de madeira (MARRA, 1992). Portanto, a escolha de espécies de madeira para produção de painéis particulados deve ser baseada em alguns parâmetros importantes como a densidade, pH e extrativos (MALONEY, 1993; MOSLEMI, 1974; TSOUMIS, 1992).

A densidade da madeira é um dos requisitos básicos na escolha de espécies para produção de painéis de partículas de madeira, por influenciar diretamente na sua razão de compactação. Segundo Moslemi (1974) a razão de compactação, que é a relação entre a densidade do painel e a densidade da madeira, deve ser de no mínimo 1,3 para assegurar uma área de contato satisfatória entre as partículas e densificação suficiente para a formação do painel.

Maloney (1993) afirma que as espécies com densidade de até 0,55 g/cm³ são as mais adequadas para produção de painéis de partículas por atingirem uma razão de compactação entre 1,3 e 1,6 considerada faixa ideal para o processo de densificação e consolidação do painel até a espessura final. Numa pesquisa conduzida por Vital et al. (1974) sobre painéis aglomerados produzidos com *Virola* spp., uma espécie de madeira tropical da Amazônia com massa específica aparente de 0,43 g/cm³, com razão de compactação dos painéis de 1,2:1,0 e 1,6:1,0, os autores encontraram aumentos significativos nos resultados de tração perpendicular e flexão estática (MOE e MOR) para painéis com maior razão de compactação.

Com relação ao pH e extrativos presentes na madeira, Marra (1992) afirma que estes parâmetros podem ter influencia direta na cura da resina. O pH da madeira pode variar entre 3,0 a 5,5 e de acordo com Kelly (1977), madeiras com pH muito ácido podem retardar a cura da resina fenol-formaldeído que ocorre no meio alcalino. A influência dos extrativos na polimerização e cura do adesivo é relatada por vários pesquisadores. Marra (1992) afirma que madeiras com elevados teores de extrativos

apresentam dificuldades de colagem, além de prejudicar a liberação do vapor durante o processo de prensagem dos painéis à alta temperatura.

Tendo em vista o aumento expressivo na demanda por madeiras provenientes de florestas plantadas de rápido crescimento e a necessidade de estudos sobre espécies alternativas visando o aumento na oferta de madeiras de qualidade para uso industrial, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de uso da madeira de *Acrocarpus fraxinifolius*, *Grevilea robbusta*, *Melia azedarach* e *Toona ciliata*, e misturas destas espécies, para produção de painéis OSB.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta de material

Foram utilizadas madeiras de *Acrocarpus fraxinifolius*, *Grevilea robbusta*, *Melia azedarach* e *Toona ciliata*, com idades de 19, 19, 18 e 17 anos, respectivamente, provenientes de plantios florestais experimentais. A área de coleta das espécies está localizada no Município de Corupá-SC, situado a uma latitude de 26°23'19,32" Oeste e a uma longitude de 49°16'50,74" Sul, e a uma altitude de 75m. O clima é subtropical, com temperatura média entre 15°C e 25°C e precipitação média anual de 1.200 a 1.600 mm.

Para a manufatura dos painéis utilizou-se resina fenol-formaldeído (FF) com teor de sólidos de 65%, pH de 8,0 e viscosidade Brookfield de 420 cP, além da emulsão de parafina com teor de sólidos de 25%.

A amostragem para coleta de material na floresta consistiu na retirada de 3 árvores por espécie, sendo que de cada árvore foram obtidas a partir da base 3 a 4 toretes de 0,80 m. As árvores apresentavam na ocasião do corte os seguintes valores de DAP e altura total médias para cada espécie estudada: *Acrocarpus fraxinifolius* (21,68 cm, 22,74 m), *Grevilea robbusta* (21,52 cm, 13,78 m), *Melia azedarach* (24,19 cm, 22,36 m) e *Toona ciliata* (15,85 cm, 10,74 m).

2.2 Preparação das partículas

A partir dos toretes foram obtidos blocos com comprimento no sentido das fibras de 85 mm, espessura de 30 mm e largura variável para geração de partículas do tipo strand. As partículas foram geradas num picador de disco com dimensões nominais de 85,0 mm (comprimento) x 30,0 mm (largura) x 0,7 mm (espessura).

As partículas foram secas em estufa com temperatura de 80°C até umidade média de 3% e, posteriormente, foram classificadas em peneira de 30 *mesh* (0,59 mm) para retirada de “finos”.

2.3 Manufatura dos painéis OSB

Foram produzidos em laboratório 2 painéis para cada espécie e 2 painéis com mistura em partes iguais das 4 espécies, num total de 10 painéis experimentais.

Os painéis foram produzidos com as dimensões de 480 x 480 x 15 mm, densidade nominal de 0,75 g/cm³ e composição das camadas externas e interna de 25:50: 25. A colagem foi realizada com resina fenol-formaldeído em proporção de 6% de sólidos (base peso seco das partículas) e 1% de emulsão de parafina. Os painéis foram prensados com temperatura de 180°C, pressão específica de 4 MPa e tempo de prensagem de 8 minutos.

Após a prensagem os painéis foram pré-esquadrejados e acondicionados em câmara climatizada à temperatura de 20+2°C e umidade relativa de 65+3%, até atingirem a umidade de equilíbrio.

2.4 Avaliação das propriedades físicas e mecânicas dos painéis

Após o acondicionamento dos painéis foram retirados para cada tratamento (2 painéis) 10 corpos-de-prova para absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água, 10 corpos-de-prova para tração perpendicular, 7 corpos-de-prova para flexão estática paralela e 7 para flexão estática perpendicular para determinação do MOE e MOR. Os ensaios foram conduzidos de acordo com os procedimentos descritos nas normas EN 317 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - EN, 2003b), EN 319 (EN, 2003c) e EN 310 (EN, 2003a), respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado e os resultados obtidos foram avaliados através da análise de variância, análise de covariância e teste de Tukey ao nível de probabilidade de 95%. A análise de covariância foi aplicada devido à alta variação nos valores médios das massas específicas dos painéis, a qual gerou diferença estatística significativa entre os tratamentos. Por meio desta análise buscou-se eliminar o efeito da elevada variabilidade sobre as propriedades físicas e mecânicas dos painéis, corrigindo-se os resultados para uma determinada massa específica média.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades físicas dos painéis

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados médios de massa específica básica da madeira, massa específica dos painéis e razão de compactação.

Tabela 1 – Resultados de massa específica básica da madeira (MEb), massa específica dos painéis (MEp) e razão de compactação (RC).

Table 1 – Results of wood density, board density and compaction ratio.

Tratamento	MEb (g/cm ³)	MEp (g/cm ³)	RC
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	0,458	0,692 (9,45) cd	1,51
<i>Grevillea robusta</i>	0,494	0,811 (7,52) a	1,64
<i>Melia azedarach</i>	0,458	0,747 (8,36) bc	1,53
<i>Toona ciliata</i>	0,373	0,686 (8,64) d	1,84
Mix de espécies	0,453	0,757 (7,36) ab	1,67

Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao Coeficiente de Variação.

Os resultados de massa específica básica das madeiras estudadas variaram na faixa de 0,373 g/cm³ e 0,494 g/cm³, sendo o menor valor obtido para *Toona ciliata* e o maior valor para *Grevillea robusta*. O valor médio obtido para a mistura das 4 espécies foi de 0,453 g/cm³. Estes valores são considerados de baixa massa específica e estão dentro da faixa considerada adequada para produção de painéis de partículas de madeira.

Com relação à massa específica dos painéis, os valores médios variaram na faixa de 0,686 g/cm³ (*Toona ciliata*) e 0,811 g/cm³ (*Grevillea robusta*), e 0,757 g/cm³ para mistura de espécies. Foram constatadas diferenças estatísticas significativas entre os painéis das diferentes espécies, as quais podem ser atribuídas às condições operacionais a nível laboratorial, sem automação e controle de precisão do processo industrial. Tendo em vista as diferenças estatísticas entre as massas específicas aparentes dos painéis, foram realizadas análises de covariância a fim de corrigir as médias das demais propriedades avaliadas, eliminando assim, o efeito desta fonte de variação.

Os valores médios de razão de compactação dos painéis variaram de 1,51 para *Acrocarpus fraxinifolius* e 1,84 para *Toona ciliata*. Todas as espécies apresentaram painéis com razão de compactação acima do valor mínimo de 1,3. Entretanto, os painéis de *Grevillea robusta*, *Toona ciliata* e mistura de espécies apresentaram valores acima do máximo recomendado de 1,6 por Maloney (1993) e Moslemi (1974). A influência destes resultados de razão de compactação sobre as propriedades físicas e mecânicas dos painéis será avaliada posteriormente.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados médios de absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água.

Tabela 2 – Resultados de absorção de água e inchamento em espessura - 2 e 24 horas.

Table 2 – Results of water absorption and thickness swelling - 2 and 24 hours.

Tratamento	AA 2h (%)	AA 24h (%)	IE 2h (%)	IE 24h (%)
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	15,86 a (22,37)	39,25 a (14,7)	4,02 a (43,81)	12,02 a (20,47)
<i>Grevillea robusta</i>	12,20 b (32,29)	38,53 a (28,98)	2,78 b (31,51)	9,41 ab (46,52)
<i>Melia azedarach</i>	9,19 c (28,54)	27,70 c (20,03)	2,18 b (38,20)	6,12 c (26,98)
<i>Toona ciliata</i>	8,10 c (22,46)	29,32 bc (19,07)	2,91 b (33,93)	8,68 b (19,82)
Mix de espécies	11,38 b (37,54)	32,42 b (19,48)	2,60 b (41,39)	7,62 bc (39,12)

Médias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao Coeficiente de Variação. Valores médios ajustados para uma massa específica aparente de 0,741 g/cm³. Equações de ajuste: AA 2h = 40,8098 - 39,9999 x ME; AA 24h = 95,3116 - 84,1891 x ME; IE 2h = 4,60846 - 2,44457 x ME; IE 24h = 15,1404 - 8,75126 x ME.

Os valores médios de absorção de água 2 horas (AA-2h) e 24 horas (AA-24h) variaram respectivamente entre 8,10% (*Toona ciliata*) a 15,86% (*Acrocarpus fraxinifolius*) e de 27,70% (*Melia azedarach*) a 39,25% (*Acrocarpus fraxinifolius*). Já para a propriedade de inchamento em espessura a variação foi de 2,18% (*Melia azedarach*) a 4,02% (*Acrocarpus fraxinifolius*) após 2 horas de imersão (IE-2h) e de 6,12% (*Melia azedarach*) a 12,02% (*Acrocarpus fraxinifolius*) após 24 horas (IE-24h).

A análise estatística demonstrou diferenças significativas entre as espécies estudadas, onde os painéis de *Acrocarpus fraxinifolius* apresentaram maior valor médio para ambas as propriedades e tempos de imersão, e na maioria dos casos este tratamento foi estatisticamente superior aos demais tratamentos. Em contrapartida, os painéis produzidos com as espécies *Melia azedarach* e *Toona ciliata* tenderam a apresentar os menores valores médios para as propriedades em questão.

As análises das relações entre os valores de razão de compactação e absorção de água demonstram que não há uma relação bem definida entre essas duas variáveis do processo. Os painéis de *Acrocarpus fraxinifolius* com menor razão de compactação (1,51) apresentaram maior média de absorção de água 24 horas, entretanto os painéis de *Melia azedarach*, também com baixa razão de compactação (1,53) apresentaram menor média de absorção de água 24 horas. Estes resultados contrariam os conceitos mencionados por Maloney (1993) e Moslemi (1974), de que os painéis com alta razão de compactação dificulta a absorção de água e os de baixa razão de compactação facilita a absorção de água.

Os resultados de absorção de água obtidos neste estudo foram satisfatórios quando comparados com valores apresentados na literatura. Gouveia et al. (2000) encontraram para painéis OSB de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, valores de AA-2h variando de 13,2% e 27,3% e AA-24h de 30,9% e 44,1%, respectivamente. Okino et al. (2008) encontraram para painéis OSB produzidos com madeira de *Cupressus glauca* valores de 36,1% para AA-2h e de 51,7% para AA-24h. Saldanha e Iwakiri (2009) obtiveram para painéis OSB de *Pinus taeda* valores de AA-2h de 50,58% e 30,38% e valores de AA-24h de 74,17% e 58,38%, para painéis com densidade de 0,65 g/cm³ e 0,90 g/cm³, respectivamente.

A razão de compactação dos painéis OSB também não influenciou de forma clara os resultados de inchamento em espessura. Maloney (1993) e Moslemi (1974) afirmam que os painéis com maior razão de compactação apresentam maior inchamento em espessura devido ao maior inchamento higroscópico da madeira e maior liberação das tensões de compressão. Neste estudo, os painéis de *Toona ciliata*, com maior razão de compactação (1,84) apresentou menor IE 24h (8,68%) em comparação aos painéis de *Acrocarpus fraxinifolius*, com menor razão de compactação (1,51) que apresentou maior IE 24h (12,02%). No estudo realizado por Vital et al. (1974) também não foram encontradas diferenças no IE-24h dos

painéis aglomerados de virola com razão de compactação de 1,2 e 1,6.

Os resultados de inchamento em espessura obtidos nesta pesquisa foram altamente satisfatórios em relação aos valores apresentados na literatura para painéis OSB produzidos com várias espécies. Saldanha e Iwakiri (2009) encontraram para painéis OSB de *Pinus taeda*, produzidos com densidade nominal de 0,65 g/cm³ e 0,90 g/cm³, valores de IE-2h de 27,95% e 29,43% e valores de IE-24h de 34,65% e 42,78%, respectivamente. Num outro trabalho, Iwakiri et al. (2009) obtiveram para painéis OSB de *Pinus taeda* produzidos com densidade nominal de 0,75 g/cm³, valores de IE-2h de 27,95% e IE-24h de 31,65%. Embora os autores tenham afirmado que não utilizaram emulsão de parafina na composição dos painéis, estes valores estão bem superiores aos resultados obtidos nesta pesquisa. Gouveia et al. (2000) encontraram para painéis OSB de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* valores de IE-2h de 9,6% e 17,7% e IE-24h de 18,5% e 27,7%, respectivamente. Já, Okino et al. (2008) encontraram para painéis OSB de *Cupressus glauca* valores de IE-2h e IE-24h de 18,5% e 25,7%, respectivamente. Já com relação à Norma Canadense CSA 0437-0 (CSA, 1993), os painéis OSB produzidos com as 4 espécies e mistura destas, apresentaram valores médios de IE 2h inferiores ao valor máximo de 10% definido pela referida norma.

3.2 Propriedades mecânicas dos painéis

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados médios de tração perpendicular (TP), módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) em flexão estática paralela e perpendicular.

Os valores médios de tração perpendicular variaram entre 0,47 MPa (*Gravilea robusta*) e 0,87 MPa (*Melia azedarach*). A análise estatística demonstrou diferenças significativas entre as espécies estudadas. Os painéis de *Melia azedarach* e *Toona ciliata* apresentaram médias estatisticamente superiores em relação aos painéis das demais espécies e mistura destas. Os resultados obtidos indicam que não houve uma influência direta da razão de compactação dos painéis sobre os valores de tração perpendicular.

Os valores médios de tração perpendicular obtidos para todas as espécies estudadas e mistura destas, atendem ao requisito mínimo da norma CSA 0437 (CSA, 1993) de 0,345 MPa. Os resultados obtidos são indicativos do potencial destas espécies na produção de painéis OSB,

Tabela 3 – Resultados de tração perpendicular e flexão estática.

Table 3 – Results of internal bond and static bending.

Tratamento	TP (MPa)	Flexão Estática			
		Paralelo		Perpendicular	
		MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	0,55 bc (37,22)	39,83 ab (11,45)	5.825 a (11,23)	22,73 abc (25,56)	2.575 a (16,71)
<i>Grevillea robusta</i>	0,47 c (24,96)	26,43 c (23,47)	4.661 b (20,45)	13,40 c (34,33)	1.746 b (23,32)
<i>Melia azedarach</i>	0,87 a (21,47)	29,57 bc (29,60)	4.968 ab (19,31)	30,70 a (23,16)	2.629 a (13,52)
<i>Toona ciliata</i>	0,85 a (26,67)	42,40 a (12,91)	5.845 a (10,78)	20,37 bc (12,27)	2.217 ab (21,61)
Mix de espécies	0,66 b (23,42)	38,79 abc (20,06)	5.732 ab (16,89)	23,29 ab (20,65)	2.531 ab (19,58)

Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao Coeficiente de Variação. Valores médios ajustados para uma massa específica aparente de 0,750 g/cm³ (tração perpendicular); 0,738 g/cm³ (flexão estática - sentido paralelo) e 0,725 g/cm³ (flexão estática - sentido perpendicular). Equações de ajuste: TP = 0,575508 + 0,13837 x ME; MOR PARALELO = 47,9123 - 0,0169392 x ME; MOE PARALELO = -935,847 + 8,58925 x ME; MOR PERPENDICULAR = 30,4767 - 0,0115522 x ME; MOE PERPENDICULAR = 1879,18 + 0,635545 x ME.

tendo em vista a alta resistência da colagem entre as partículas de madeira.

Com relação aos resultados apresentados na literatura, Okino et al. (2008) obtiveram para painéis OSB de *Cupressus glauca* valor médio de tração perpendicular de 0,53 MPa. Gouveia et al. (2000) encontraram para painéis OSB de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, valor de tração perpendicular de 0,62 MPa e 0,41 MPa, respectivamente; Saldanha e Iwakiri (2009) encontraram para painéis OSB de *Pinus taeda* valor médio de 0,40 MPa. Mendes et al. (2007) encontraram para painéis OSB de clones de *Eucalyptus* spp valor médio de 0,40 MPa. Portanto, os valores obtidos nesta pesquisa foram satisfatórios em relação aos resultados obtidos por pesquisadores mencionados.

Os valores médios de módulo de ruptura (MOR) paralelo variaram entre 26,43 MPa (*Grevillea robusta*) e 42,40 MPa (*Toona ciliata*). A análise estatística demonstrou diferenças significativas entre as espécies

estudadas. Os painéis de *Toona ciliata* apresentaram média estatisticamente igual em relação aos painéis de *Acrocarpus fraxinifolius* e mistura de espécies, e estatisticamente superior em relação aos painéis de *Grevilea robusta* e *Melia azedarach*.

Para o módulo de elasticidade (MOE) paralelo, os valores médios obtidos variaram entre 4.661 MPa (*Grevilea robusta*) e 5.845 MPa (*Toona ciliata*). A análise estatística demonstrou também diferenças significativas entre as espécies estudadas. Os painéis de *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach*, *Toona ciliata* e mistura de espécies apresentaram média estatisticamente igual entre si e superiores em relação aos painéis de *Grevilea robusta*.

Tanto para o MOE, quanto para o MOR, a razão de compactação dos painéis não influenciou diretamente nos resultados destas propriedades. Os painéis de *Acrocarpus fraxinifolius* com menor razão de compactação (1,51) apresentaram valores médios de MOE e MOR paralelo estatisticamente iguais em comparação aos painéis de *Toona ciliata* com maior razão de compactação (1,84).

Com relação aos resultados de flexão estática paralela apresentados na literatura, Saldanha e Iwakiri (2009) encontraram para painéis OSB de *Pinus taeda* valores de MOR e MOE paralelo de 44,5 MPa e 6.069 MPa, respectivamente. Okino et al. (2008) obtiveram para painéis OSB de *Cupressus glauca* valores de MOR e MOE paralelo de 61,3 MPa e 7.923 MPa. Já, Gouveia et al. (2000), encontraram para painéis OSB de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, valores de MOR e MOE paralelo de 37,5 MPa e 23,3 MPa, e de 5.510 MPa e 3.809 MPa, respectivamente, para as duas espécies. Portanto, os resultados obtidos nesta pesquisa estão próximos dos valores citados na literatura.

Os valores médios de módulo de ruptura (MOR) perpendicular variaram entre 13,40 MPa (*Grevilea robusta*) e 30,70 MPa (*Melia azedarach*). A análise estatística demonstrou diferenças significativas entre as espécies estudadas. Os painéis de *Melia azedarach* apresentaram média estatisticamente igual em relação aos painéis de *Acrocarpus fraxinifolius* e mistura de espécies, e estatisticamente superior em relação aos painéis de *Grevilea robusta* e *Toona ciliata*.

Para o módulo de elasticidade (MOE) perpendicular, os valores médios obtidos variaram entre 1.746 MPa (*Grevilea robusta*) e 2.629 MPa (*Melia azedarach*). A análise estatística demonstrou diferenças significativas entre as espécies estudadas. Os painéis de *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach*, *Toona ciliata* e mistura de

espécies apresentaram médias estatisticamente iguais entre si, e superiores em relação aos painéis de *Grevilea robusta*.

Com relação aos resultados de flexão estática perpendicular apresentados na literatura, Saldanha e Iwakiri (2009) encontraram para painéis OSB de *Pinus taeda* valores de MOR e MOE perpendicular de 25,0 MPa e 2.977 MPa, respectivamente. Okino et al. (2008) obtiveram para painéis OSB de *Cupressus glauca* valores de MOR e MOE perpendicular de 33,8 MPa e 3.473 MPa. Já, Gouveia et al. (2000), encontraram para painéis OSB de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, valores de MOR e MOE perpendicular de 28,7 MPa e 21,6 MPa, e de 4.090 MPa e 3.311 MPa, respectivamente, para as duas espécies. Os resultados obtidos para as 4 espécies e misturas destas foram superiores aos valores mínimos referenciados pela norma CSA 0437-0 (CSA, 1993) de 9,6 MPa e 1.300 MPa, respectivamente para o MOR e MOE perpendicular.

4 CONCLUSÕES

A razão de compactação não influenciou diretamente nas propriedades físicas e mecânicas dos painéis OSB produzidos com as 4 espécies estudadas e misturas destas.

Os painéis OSB produzidos com madeira *Acrocarpus fraxinifolius*, *Toona ciliata* e misturas de 4 espécies apresentaram melhor estabilidade dimensional.

A espécie *Grevilea robusta* foi a que apresentou menores valores de propriedades mecânicas dos painéis, entretanto, a mesma pode ser utilizada em mistura com as demais espécies.

Os painéis OSB produzidos com as 4 espécies e mistura destas apresentaram valores médios de propriedades físicas e mecânicas acima do requisito mínimo estabelecido pela norma CSA 437 (CSA, 1993);

Os resultados obtidos indicam a viabilidade de uso das madeiras *Acrocarpus fraxinifolius*, *Grevilea robusta*, *Melia azedarach* e *Toona ciliata*, e mistura destas espécies, para produção de painéis OSB.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos a Battistella Florestas pelo uso dos plantios experimentais; a FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos pelo apoio financeiro do projeto BATTISTELLA/FINEP/UFPR; e a Momentive S/A pela doação da resina fenol-formaldeído.

6 REFERÊNCIAS

- CANADIAN STRANDARDS ASSOCIATION. **CSA 0437.0**: OSB and waferboard. Ontário, 1993. 18 p.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 310**: determination of modulus of elasticity in bending and bending strength. Bruxelas, 2003a.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 317**: determination of swelling in thickness after immersion in water. Bruxelas, 2003b.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 319**: determination of internal bond. Bruxelas, 2003c.
- GOUVEIA, F. N.; SANTANA, M. A. E.; SOUZA, M. R. Utilização da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake na produção de chapas de partículas orientadas (OSB) e não orientadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 7-12, jan./fev. 2000.
- IWAKIRI, S.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; PRATA, J. G.; COSTA, A. C. B. Utilização da madeira 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.; SALDANHA, L. K.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; MENDES, L. M. Influência da espessura de partículas e reforço laminar nas propriedades dos painéis de partículas orientadas - OSB de *Pinus taeda*. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 116-122, 2009.
- KELLY, M. W. **Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard**. Washington: USDA, 1977, 66 p.
- MALONEY, T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing**. San Francisco: M. Freeman, 1993. 689 p.
- MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principles in practice**. New York: V. N. Reinhold, 1992. 453 p.
- 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.
- MOSLEMI, A. A. **Particleboard: materials**. London: Southern Illinois University, 1974. v. 1, 244 p.
- OKINO, E. Y. A.; TEIXEIRA, D. E.; SOUZA, M. R.; SANTANA, M. A. E.; SOUSA, M. E. Propriedades de chapas OSB de *Eucalyptus grandis* e de *Cupressus glauca*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 123-131, 2008.
- SALDANHA, L. K.; IWAKIRI, S. Influência da densidade e do tipo de resina nas propriedades tecnológicas de painéis OSB de *Pinus taeda* L. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 571-576, 2009.
- TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties and utilization**. New York: V. N. Reinhold, 1992. 494 p.
- VITAL, B. R.; LEHMANN, W. F.; BOONE, R. S. How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboards. **Forest Products Journal**, Washington, v. 24, p. 37-45, 1974.

Recebido: 25 de abril de 2011; aceito: 05 de setembro de 2013.

