

Utilização da madeira de *Cryptomeria japonica*  
para produção de painéis aglomeradosUse of *Cryptomeria japonica* wood for  
the production of particleboardRosilani Trianoski<sup>1</sup>, Setsuo Iwakiri<sup>1</sup>,  
Jorge Luis Monteiro de Matos<sup>1</sup> e Daniel Chies<sup>3</sup>**Resumo**

O objetivo do trabalho foi avaliar a viabilidade de uso da madeira de *Cryptomeria japonica*, pura e em mistura com a madeira de *Pinus* spp para produção de painéis aglomerados. Os painéis foram produzidos nas proporções de 0, 20, 40, 60, 80 e 100% de partículas de *Cryptomeria japonica* em relação ao *Pinus* spp., utilizando resina ureia-formaldeído na proporção de 8% de sólidos, base peso seco das partículas. Foram produzidos 3 painéis por tratamento, os quais foram prensados à temperatura de 160°C, pressão de 4 MPa e tempo de 8 minutos. As propriedades tecnológicas avaliadas foram a massa específica aparente (EN 323:2002), a razão de compactação, absorção de água e inchamento em espessura (EN 317:2002), tração perpendicular (EN 319:2002), flexão estática (EN 310:2002) e resistência ao arrancamento do parafuso (NBR 14810:2006). Os resultados foram analisados por meio dos Testes de Grubbs, Bartlett, Shapiro Wilks, ANOVA e Tukey e indicaram que a baixa massa específica da madeira de *Cryptomeria japonica* aumentou a razão de compactação dos painéis e contribuiu para melhorar as suas propriedades mecânicas e estabilidade dimensional. Além disso, a partir dos requisitos normativos, verificou-se a viabilidade de uso da madeira de *Cryptomeria japonica*, de forma pura ou em mistura com madeira de *Pinus* spp, para produção de painéis aglomerados.

**Palavras-chave:** *Cryptomeria japonica*, painel aglomerado, resina uréia-formaldeído.

**Abstract**

The objective this research was to evaluate the feasibility of using *Cryptomeria japonica* wood, pure or mixed with the wood of *Pinus* spp for the production of particleboard. The boards were produced in the proportions of 0, 20, 40, 60, 80 e 100% of particles of *Cryptomeria japonica* in relation of *Pinus* spp., using urea-formaldehyde resin at 8% solids, based on oven dry weight of the particles. 3 boards were produced by treatment, which were pressed at a temperature of 160°C, pressure of 4 MPa for 8 minutes. The technological properties evaluated were density (EN 323:2002); compression ratio of the panels; water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours of immersion (EN 317:2002); internal bond (EN 319:2002); static bending (EN 310:2002) and pullout resistance of the screw (NBR 14810:2006). The results were analyzed by Grubbs test, Bartlett test, Shapiro Wilks test, ANOVA and Tukey test and indicated that the low density of *Cryptomeria japonica* wood increased the compaction ratio of the panels and contributed to improve its mechanical properties and dimensional stability. Furthermore, from normative requirements, the feasibility of using *Cryptomeria japonica* wood, in pure form or mixed with wood of *Pinus* spp for the production of particleboard was verified.

**Keywords:** *Cryptomeria japonica*, particleboard, urea-formaldehyde resin.

**INTRODUÇÃO**

O setor de móveis juntamente com o setor de construção civil são os principais responsáveis pela evolução tecnológica das indústrias de painéis reconstituídos, tendo em vista a ampla utilização destes produtos como matéria-prima básica. Segundo Biazus, *et al.* (2010) o painel de madeira aglomerada é o painel mais consumido

no mundo para estas duas finalidades, principalmente na fabricação de móveis retilíneos e de forma secundária, na construção civil.

Nos últimos dois anos (2010-2011), a concessão de estímulos governamentais por meio da desoneração fiscal do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) à indústria de móveis favoreceu o segmento e alavancou o crescimento do consumo, beneficiando sensivelmente toda

<sup>1</sup>Professor(a) Doutor(a), Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Av. Lothário Meissner, 632, Curitiba, PR – 80210-170 – E-mail: [rosilani@ufpr.br](mailto:rosilani@ufpr.br); [setsuo@ufpr.br](mailto:setsuo@ufpr.br); [jmatos@ufpr.br](mailto:jmatos@ufpr.br)

<sup>2</sup>Engenheiro Florestal, Mestre. Madem RST 470 - KM 223,82, Garibaldi, RS - 95720-000 - E-mail: [daniel@madem.com.br](mailto:daniel@madem.com.br)

a cadeia moveleira e principalmente o segmento de painéis de madeira, uma vez que a grande maioria dos móveis é produzida a partir de painéis Medium Density Particleboard (MDP) e Medium Density Fiberboard (MDF) (ABRAF, 2012). Ainda segundo a Abraf (2012), as perspectivas para esse mercado são muito favoráveis à medida que a modernização tecnológica do parque fabril, o desempenho da construção civil e do setor imobiliário e o apelo à sustentabilidade do uso de fontes alternativas a madeira sólida, se afirmam como fatores decisivos para o desenvolvimento do setor.

Especificamente em relação ao parque fabril, a modernização, assim como a ampliação de capacidade produtiva permitiram que as fábricas aumentassem a sua flexibilidade operacional produzindo painéis em diferentes dimensões e espessuras (BIAZUS *et al.*, 2010), assim como a oferta de novos produtos e a melhoria da qualidade dos produtos existentes (ABRAF, 2012). Já o apelo à sustentabilidade por meio da substituição da madeira sólida, especialmente as tropicais, por painéis reconstituídos, favoreceu ainda mais a ampliação e utilização de florestas plantadas.

No Brasil, as espécies mais utilizadas em plantios florestais são as espécies do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*. No entanto, existe a necessidade de estudos relacionados à utilização de espécies alternativas, aumentando a diversidade e volume de matéria prima ofertada ao segmento de painéis, tanto para produção de painéis puros ou em misturas, e proporcionando o desenvolvimento de novos produtos e a melhoria das propriedades físicas e mecânicas, os quais são fatores primordiais ao desenvolvimento tecnológico e econômico (TRIANOSKI, 2010), e à competitividade no mercado global (BUFALINO *et al.*, 2012).

Entre as diversas alternativas florestais encontra-se a *Cryptomeria japonica*, espécie pertencente à família Taxodiaceae (CARPANEZZI; CARVALHO, 1988). É uma das coníferas comerciais mais importantes na Ásia (TAKATA; TERAOKA, 2002), sendo originária da região temperada do Japão onde é também conhecida como “sugi” (CARPANEZZI; CARVALHO, 1988). Neste país é uma das espécies mais utilizadas em reflorestamentos (ZHU *et al.*, 2005), ocupando aproximadamente 45% das plantações florestais (OHBA, 1993).

No Brasil esta espécie foi introduzida há décadas, sendo plantada principalmente no estado de São Paulo e no sul de Minas Gerais (CARPANEZZI; CARVALHO, 1988). Apresenta grande potencial para plantios nas regiões altas

e frias, onde se destaca pelo seu rápido crescimento, boa adaptação ao clima e solo da região Sul (SANTOS *et al.*, 2000). Seu crescimento ótimo ocorre em locais com temperatura entre 12° e 14° C e precipitação média anual acima de 2.000 mm (ALVES *et al.*, 1984). Apresenta madeira de boa qualidade, a qual é utilizada para obtenção de serrados em geral (SANTOS *et al.*, 2000), painéis compensados (PINTO, 2011) e para aplicações mais nobres como movelaria (PEREIRA *et al.*, 2003).

Considerando a importância do desenvolvimento de estudos a partir de espécies pouco conhecidas tecnologicamente, bem como sua aplicação às mais diversas utilizações finais, este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade tecnológica de uso da *Cryptomeria japonica* para a produção de painéis de madeira aglomerada.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas 10 árvores de *Cryptomeria japonica* com 35 anos de idade, provenientes de um plantio localizado na região de Rio Negrinho – SC, de propriedade da empresa MADEM. As árvores foram seccionadas de acordo com a altura comercial para a obtenção de discos e toras. Os discos foram utilizados para a determinação da massa específica básica, a qual foi efetuada segundo os procedimentos recomendados pela norma COPANT 461/1972.

As toras foram novamente seccionadas obtendo-se toretes representativos de todas as posições da altura comercial, os quais foram utilizados para a geração dos cavacos e consequentemente das partículas. O material foi descascado e processado num picador de disco para a geração dos cavacos com dimensões nominais de 25 mm de comprimento, 0,7mm de espessura e largura variável. Os cavacos foram secos em estufa com circulação de ar forçada, até um teor de umidade aproximado de 5%. Em seguida foram reprocessados em moinho martelo para obtenção das partículas tipo “sliver”. As partículas foram classificadas em peneiras com granulometrias entre 8 e 30 mesh. Após esta classificação, foi efetuada a secagem final, obtendo-se um teor de umidade próximo a 3%.

O *Pinus* spp. utilizado na composição das misturas e como tratamento testemunha para fins comparativos foi coletado na forma de partículas para camada interna (Berneck SA), sendo posteriormente submetido ao processo de remoagem, classificação e secagem, onde foram adotados os

mesmos parâmetros utilizados na preparação das partículas da *Cryptomeria japonica*. Informações a respeito da massa específica desta espécie foram obtidas junto à empresa. Os painéis foram produzidos a partir de um delineamento inteiramente casualizado com três repetições (painéis) por tratamento, conforme Tabela 1.

**Tabela 1.** Delineamento experimental.  
**Table 1.** Experimental design.

Tratamento	Composição
1	100% <i>Pinus</i> spp.
2	20% <i>Cryptomeria japonica</i> – 80% <i>Pinus</i> spp.
3	40% <i>Cryptomeria japonica</i> – 60% <i>Pinus</i> spp.
4	60% <i>Cryptomeria japonica</i> – 40% <i>Pinus</i> spp.
5	80% <i>Cryptomeria japonica</i> – 20% <i>Pinus</i> spp.
6	100% <i>Cryptomeria japonica</i>

Os painéis foram encolados com resina uréia-formaldeído (teor de sólidos de 65,02%, viscosidade Brookfield de 650 cP, pH de 8,57, densidade de 1,29 g/cm<sup>3</sup> e tempo de gelatinização de 1,06 min), e, 1% de parafina. A resina e a parafina foram aplicadas na proporção de 8% de sólidos com base no peso seco de partículas.

Os painéis foram produzidos de forma homogênea com dimensões de 500x500x15 mm, massa específica nominal de 0,80 g/cm<sup>3</sup>, e consolidados utilizando-se os seguintes parâmetros de prensagem: temperatura de 160 °C, pressão específica de 4 MPa e tempo de 8 minutos. Após a produção dos painéis, os mesmos foram colocados em uma câmara de climatização com temperatura de 20±2 °C e umidade relativa de 65±5%, até atingirem umidade de equilíbrio.

As propriedades físicas e mecânicas dos painéis foram determinadas de acordo com a metodologia proposta pelas Normas Européias EN 323, 317, 310 e 319 (CEN, 2002a,b,c,d), e pela

Norma NBR 14810-3 (ABNT, 2006a), respectivamente para massa específica aparente, absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas, flexão estática, ligação interna e resistência ao arrancamento de parafuso. Os valores experimentais foram comparados com os requisitos propostos pela Norma EN 312:2003 (CEN, 2003) e pela Norma NBR 14810-2:2006 (ABNT, 2006b), e com os valores obtidos a partir do tratamento de referência (T1 – 100% *Pinus* spp.).

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística por meio dos testes de Grubbs, Shapiro Wilks, Bartlett, Análise de Variância, e Comparação de Média de Tukey. Para a propriedade de Absorção de Água e Inchamento em Espessura após 2 e 24 horas houve a necessidade de transformação de dados por função logarítmica para atendimento dos requisitos à distribuição normal e execução da ANOVA e comparação de médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Massa específica e razão de compactação

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios da massa específica das madeiras e das suas composições, da massa específica dos painéis e da razão de compactação.

Os valores médios da massa específica básica das espécies utilizadas neste trabalho foram de 0,356 g/cm<sup>3</sup> para a *Cryptomeria japonica* e de 0,450 g/cm<sup>3</sup> para o *Pinus* spp. A mistura da madeira destas duas espécies nas diferentes proporções originaram composições com massa específica no intervalo de 0,375 g/cm<sup>3</sup> a 0,431 g/cm<sup>3</sup>. Na medida em que aumentou a proporção de *Cryptomeria* na mistura ocorreu redução na massa específica da composição.

**Tabela 2.** Valores médios de massa específica aparente da madeira, dos painéis e razão de compactação.  
**Table 2.** Mean wood density values, board density and compaction ratio.

Tratamento	Massa específica da madeira/ composição (g/cm <sup>3</sup> )	Massa Específica Aparente dos painéis (g/cm <sup>3</sup> )	Razão de Compactação
1	0,450	0,800 a (5,54)	1,784 e (5,65)
2	0,431	0,798 a (5,27)	1,856 de (5,27)
3	0,412	0,780 a (3,81)	1,891 cd (3,77)
4	0,394	0,780 a (4,71)	1,983 bc (4,68)
5	0,375	0,776 a (4,46)	2,075 ab (4,50)
6	0,356	0,768 a (3,43)	2,163 a (3,47)

Massa específica das composições determinadas de acordo com Moslemi (1974). Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao Coeficiente de Variação.

Em relação aos valores médios da massa específica aparente dos painéis, nota-se que os valores variaram de 0,768 g/cm<sup>3</sup> a 0,800 g/cm<sup>3</sup>. Os valores obtidos foram um pouco inferiores em relação à massa específica nominal, o que pode ser atribuído à perda de material durante a formação do painel e retorno em espessura após prensagem.

Para a variável razão de compactação, os valores médios apresentaram-se no intervalo de 1,784 a 2,163, podendo-se constatar que o aumento da proporção de partículas de *Cryptomeria japonica* resultou em valores médios superiores, devido a menor massa específica da madeira desta espécie. Nenhum dos tratamentos apresentou valores médios de razão de compactação de acordo com a faixa relatada por Kelly (1977), Maloney (1993) e Moslemi (1974), que afirmam que o valor ideal situa-se ente 1,3 a 1,6. Para que os valores médios desta propriedade se apresentem no intervalo indicado pelos referidos autores, seria necessária a redução da massa específica nominal do painel, o que incorre também na redução de matéria-prima para a produção dos painéis. Resultados similares foram encontrados por Iwakiri *et al.* (2010a) que avaliando a potencialidade de utilização da madeira *Schizolobium amazonicum* e *Cecropia hololeuca* para a produção de painéis aglomerados obtiveram razão de compactação no intervalo de 1,609 a 2,419, e a medida que aumentou-se o percentual de *Schizolobium*, espécie de menor massa específica, houve um aumento na razão de compactação.

Elevados valores de razão de compactação indicam normalmente maior resistência mecânica pelo fato de apresentarem em um determinado volume de produto uma maior quantidade de partículas, as quais são muito mais comprimidas e com melhor contato para atingir uma mesma espessura final. Por outro lado, a maior compressão das partículas tende a aumentar as tensões internas as quais são liberadas após a prensagem ou em magnitude muito maior por ocasião da imersão em água.

### Absorção de Água e Inchamento em Espessura após 2 e 24 horas

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos a partir do ensaio de absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão.

Os resultados médios de absorção de água variaram de 5,05% a 10,94% após 2 horas e de 17,39% a 36,71% após 24 horas de imersão. Pode-se verificar que os painéis compostos com

100% de partículas de *Cryptomeria japonica* apresentaram menor absorção de água, e à medida que aumentou o percentual de partículas de *Pinus* spp. os valores também aumentaram. A menor absorção de água apresentada pelos painéis compostos com 100% de partículas de *Cryptomeria japonica* está associada, possivelmente, a menor massa específica da madeira, onde para se obter a mesma massa específica nominal é necessário um maior volume de partículas, os quais proporcionam maior razão de compactação e conseqüentemente menor quantidade de espaços vazios. Esta menor porosidade, segundo Vital *et al.*, (1974) impede a penetração e retenção da água. Nota-se também que os tratamentos produzidos com 40% de *Pinus* e 60% *Cryptomeria*, 20% de *Pinus* e 80% de *Cryptomeria* e 100% de *Cryptomeria* apresentam médias de absorção de água estatisticamente iguais entre si e inferiores em relação aos demais tratamentos, o que permite uma maior flexibilidade nos processos industriais.

**Tabela 3.** Resultados médios de absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água.

**Table 3.** Mean values of water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours water soaking.

Tratamento	AA 2h (%)	AA 24h (%)	IE 2h (%)	IE 24h (%)
1	10,94 a (12,99)	35,71 a (8,73)	5,71 a (14,90)	18,61 a (8,24)
2	7,83 b (13,75)	25,48 b (9,71)	5,24 ab (24,76)	12,94 b (10,57)
3	7,10 b (17,64)	20,90 c (7,92)	4,81 ab (27,17)	10,75 c (9,56)
4	5,20 c (11,99)	16,88 d (10,92)	4,65 ab (20,37)	9,75 cd (14,93)
5	5,17 c (6,33)	16,23 d (4,94)	4,19 bc (13,09)	8,40 de (9,91)
6	5,05 c (8,36)	17,39 d (5,59)	3,55 c (25,08)	7,85 e (6,61)

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.

Para a propriedade de inchamento em espessura os valores médios apresentaram-se no intervalo de 3,55% a 5,71% e de 7,85% a 18,61%, para 2 e 24 horas de imersão, respectivamente. Neste ensaio, os painéis apresentaram comportamento similar ao observado na propriedade de absorção de água, onde os melhores resultados foram encontrados a partir dos painéis produzidos com 100% de partículas de *Cryptomeria japonica*. Neste caso, a ocorrência de grupos estatisticamente homogêneos foi maior, onde os melhores resultados apresentam igualdade esta-

tística apenas em relação ao tratamento produzido com 80% de partículas de *Cryptomeria japonica* e 20% de *Pinus* spp. Cabe mencionar que o conceito apresentado por Moslemi (1974) e observado em muitas pesquisas da área, de que o aumento na razão de compactação resulta em maior inchamento em espessura não foi verificado nesta pesquisa, o qual pode estar de alguma forma associado a composição química da madeira, mais precisamente aos extrativos, que nesta espécie apresenta valor médio de 5,9% (PEREIRA *et al.*, 2003) e que pela presença de algum componente específico podem ter inibido o inchamento.

Comparando os resultados apresentados na Tabela 3 com valores médios obtidas em outras pesquisas é possível verificar que, Trianoski *et al.* (2010) em estudo da utilização viabilizada de utilização de *Acrocarpus fraxinifolius* para produção de painéis aglomerados em composição pura e em mistura com *Pinus* verificaram comportamento inverso, onde à medida que aumentou-se o percentual de *Acrocarpus* as propriedades de absorção de água e inchamento em espessura também aumentaram. As possíveis justificativas para a situação inversa neste experimento pode, para o caso da propriedade de absorção de água, estar associada a menor porosidade proporcionada pela maior razão de compactação, e no caso do inchamento em espessura, estar relacionado a composição qualitativa dos extrativos, que atuaram como agente inibidor do inchamento.

Os resultados obtidos no presente trabalho, foram ainda, melhores em relação aos encontrados por Iwakiri *et al.* (2001) que obtiveram valores de 75,43% e 84,60% para absorção de água e 34,80% a 39,70% para inchamento em

espessura após 2 e 24 horas respectivamente, em painéis aglomerados produzidos a partir da mistura de 5 espécies de *Pinus* tropicais. Foram também melhores quando comparados aos de Bianche (2009) que obteve valores médios no intervalo de 17,41% a 107,38% e de 13,13% a 57,44% para absorção de água e inchamento em espessura em painéis aglomerados produzidos com *Eucalyptus urophylla*, *Sida* spp. e *Schizolobium amazonicum*, e aos de Mendes *et al.* (2010) que avaliando o efeito da incorporação de bagaço de cana na produção de painéis aglomerados de *Eucalyptus* (colados com UF) obtiveram valores de 16,66% a 53,10% para absorção de água e 7,06% e 15,10% para inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão.

### Propriedades mecânicas

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios dos módulos de ruptura e elasticidade à flexão estática, tração perpendicular à superfície e resistência ao arrancamento de parafuso dos tratamentos propostos.

Para o módulo de ruptura os painéis produzidos com 100% de partículas de *Cryptomeria japonica* apresentaram os maiores resultados médios, no entanto, são estatisticamente iguais aos painéis produzidos com as proporções de 80% x 20% e 60% x 40% de *Cryptomeria japonica* e *Pinus* spp., respectivamente.

Em relação ao módulo de elasticidade, pode-se constatar que o maior valor médio foi também apresentado pelo tratamento constituído totalmente com *Cryptomeria*, e a medida que as proporções de *Pinus* foram aumentadas verificou-se uma tendência de redução desta propriedade, porém, não foi observada diferença estatística significativa entre todos os tratamentos propostos.

**Tabela 4.** Resultados médios de flexão estática, tração perpendicular e arrancamento de parafusos.

**Table 4.** Mean values of static bending, internal Bond and screw withdrawing strength.

Tratamento	Flexão estática		Tração perpendicular (MPa)	Arrancamento de parafuso	
	MOR (MPa)	MOE (MPa)		Superfície (N)	Topo (N)
1	15,69 c (14,31)	3332,44 a (9,00)	0,70 b (13,35)	1372,32 c (9,61)	1251,80 c (9,55)
2	17,67 bc (10,97)	3374,55 a (8,76)	0,77 b (16,43)	1376,20 c (6,36)	1367,92 bc (10,95)
3	18,31 bc (13,34)	3389,77 a (10,87)	0,82 b (17,57)	1428,33 bc (10,35)	1388,22bc (9,66)
4	19,19 ab (10,34)	3389,92 a (6,12)	0,96 a (9,27)	1494,96 bc (12,65)	1457,99 bc (11,81)
5	20,30 ab (13,68)	3400,89 a (7,02)	0,97 a (16,66)	1602,84 ab (9,67)	1552,27 b (9,76)
6	21,96 a (9,41)	3448,97 a (8,01)	0,99 a (14,51)	1741,28 a (6,14)	1765,32 a (10,21)

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.

Todos os tratamentos propostos apresentaram médias de módulos de ruptura e elasticidade superiores aos requisitos mínimos estabelecidos pela Norma EN 312:2003 (CEN, 2003), cujos valores são respectivamente de 13 MPa e 1600 MPa.

Em relação às outras pesquisas, os resultados encontrados no presente trabalho são superiores aos descritos por Naumann *et al.* (2008), que em avaliação das propriedades mecânicas de painéis aglomerados produzidos com *Eucalyptus urophylla* e *Schizolobium amazonicum*, (0,60g/cm<sup>3</sup> e 8% de resina UF) obtiveram valores entre 4,26 MPa e 13,96 MPa para Módulo de Ruptura e valores entre 696,80 MPa a 1873,40 MPa para Módulo de Elasticidade. Os resultados da presente pesquisa são ainda superiores aos relatados por Iwakiri *et al.* (2010a) que obtiveram módulo de ruptura no intervalo de 12,03 MPa a 16,65 MPa e módulo de elasticidade entre 1.886,81 MPa a 2.148,50 MPa para painéis produzidos com *Pinus* spp, *Schizolobium amazonicum* e *Cecropia hololeuca* (0,75g/cm<sup>3</sup> e 8% de resina UF).

A partir do ensaio de tração perpendicular foi possível verificar que a ligação interna variou entre 0,70 MPa a 0,99 MPa, onde o aumento da proporção de partículas de *Cryptomeria* promoveu um aumento nesta propriedade, a qual pode ser explicada pelo aumento do contato entre as partículas. Foi constatado dois grupos de resistência estatisticamente diferentes, onde o grupo com resistência superior engloba os tratamentos produzidos com 80% x 20%, 60% x 40% de partículas de *Cryptomeria* e *Pinus*, respectivamente, e 100% de *Cryptomeria*. Nota-se ainda, que neste grupo o aumento de partículas de *Cryptomeria* não apresenta um grande efeito na resistência à tração, diferentemente do fato observado no grupo com resistência inferior, onde o aumento de partículas de *Cryptomeria* promove um aumento nos resultados desta propriedade. Observa-se também que todos os tratamentos atenderam o requisito normativo de 0,35 MPa estabelecido pela Norma EN 312:2003 (CEN, 2003).

Comparando os resultados desta pesquisa com outros trabalhos, nota-se que os valores médios apresentaram-se na maioria dos casos inferiores os descritos por Bianche (2009) que obteve valores médios entre 0,34 MPa e 0,75 MPa a partir de painéis de *Eucalyptus urophylla*, *Sida* spp. e *Schizolobium amazonicum* (0,65g/cm<sup>3</sup> e 6% e 8% de resina UF), similares aos obtidos por Iwakiri *et al.* (2010a) que obtiveram valores entre 0,68 MPa e 0,88 MPa em painéis de *Schizolobium amazonicum* e *Cecropia hololeuca*,

e inferiores aos determinados por Iwakiri *et al.* (2010b) em painéis de *Pinus caribaea* var. *caribaea* e *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, (0,70 g/cm<sup>3</sup> e 8% de resina UF) cujos resultados variaram no intervalo de 1,07 MPa a 1,30 MPa.

Os valores médios de resistência ao arrancamento de parafuso demonstraram o mesmo comportamento observado nas demais propriedades físicas e mecânicas, ou seja, à medida que o percentual de partículas de *Cryptomeria japonica* aumentou, houve influência positiva na propriedade de resistência ao arrancamento, proporcionada, certamente, pela maior razão de compactação. Todos os tratamentos atingiram os requisitos mínimos estabelecidos pela Norma NBR 14810-2:2006 (ABNT, 2006b) de 1.020 N para a resistência ao arrancamento na superfície e 800 N para o topo. Os resultados deste ensaio são ainda, na maioria dos casos, superiores aos encontrados por Bianche (2009), que obteve valores médios de 1.027,51 N a 1.376,00, e de maneira geral, compatíveis aos apresentados por Trianoski (2010) que encontrou valores entre 735,20 N a 2.005,85 (topo e superfície) a partir de painéis homogêneos e em multicamadas produzidos com *Pinus taeda*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Grevillea robusta*, *Melia azedarach*, *Schizolobium parahyba* e *Toona ciliata* (0,80g/cm<sup>3</sup> e 8% de resina UF).

De maneira geral, pode-se observar que a razão de compactação exerceu influência positiva sobre todas as propriedades mecânicas, onde com o aumento do percentual de partículas de *Cryptomeria japonica* nos tratamentos, houve a necessidade de maior volume de material para a constituição dos mesmos, sendo este mais comprimido durante a prensagem e com melhor contato entre partículas, o que refletiu nas propriedades de resistência.

## CONCLUSÕES

A espécie *Cryptomeria japonica* apresenta viabilidade técnica para produção de painéis de madeira aglomerada, tendo em vista que os resultados das suas propriedades foram superiores aos dos painéis de *Pinus* spp. e requisitos mínimos estabelecidos pelas Normas EN 312:2003 (CEN, 2003) e ABNT 14.810-2:2006 (ABNT, 2006b) .

Os painéis produzidos a partir das misturas entre *Cryptomeria japonica* e *Pinus* spp também demonstraram viabilidade técnica, indicando que ambas podem ser utilizadas em conjunto no processo industrial.

O aumento na proporção de partículas de *Cryptomeria japonica* resultou numa melhoria significativa tanto em estabilidade dimensional, quanto em resistência mecânica dos painéis.

A espécie *Cryptomeria japonica* e suas combinações com o *Pinus* spp. apresentaram elevadas razões de compactação. A redução desta propriedade pode ser efetuada atendendo os requisitos normativos mínimos e otimizando o volume de madeira (partículas) e outros insumos consumidos no processo produtivo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e a Madem pela concessão de uso dos plantios de *Cryptomeria japonica*.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810 – 3 -Chapas de madeira aglomerada – Parte 3 – Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2006a.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810 – 2 - Chapas de madeira aglomerada – Parte 2 – Requisitos. Rio de Janeiro, 2006b.
- ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico da ABRAF 2012: ano base 2011. Brasília: ABRAF, 2012. 150p.
- ALVES, S.T.; SHIMIZU, J.Y.; HIGA, A.R.; HIGA, R.C.V. Teste de procedência de *Cryptomeria japonica* em três regiões do Estado do Paraná. Curitiba: Embrapa CNPE, 1984. 3p.
- BIANCHE, J.J. Propriedades de aglomerados fabricados com partículas de Eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), Paricá (*Schizolobium amazonicum*) e vassoura (*Sida* spp.). 2009. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- BIAZUS, A.; HORA, A.B.; LEITE, B.G.. Panorama de mercado: painéis de madeira. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.32. p.49-90, 2010.
- BUFALINO, L.; PROTÁSIO, T.P.; CÉSAR, A.A.S.; SÁ, V.A.; MENDES, L.M. Modelagem de propriedades físicas e mecânicas em painéis aglomerados de cedro australiano. *Floresta e Ambiente*, v.19, n.2, p.243-249, 2012.
- CARPANEZZI, A.; CARVALHO, P.E.R. Zoneamento ecológico para plantios florestais do Estado de Santa Catarina. Curitiba: Embrapa Florestas, 1988. 103p.
- COPANT - COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 461: Maderas: método de determinación del peso específico aparente. Caracas 1972
- CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 312. Particleboards – Specifications. Bruxelas, 2003.
- CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 323. Determinação da massa volúmica. Bruxelas, 2002a.
- CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 317. Determination of swelling in thickness after immersion in water. Bruxelas, 2002b.
- CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 310. Wood based panels. Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Bruxelas, 2002c.
- CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 319. Determinação da resistência à tração perpendicular às faces da placa. Bruxelas, 2002d.
- IWAKIRI, S.; SILVA, J.R.M.; MATOSKI, S.L.S.; LEONHARDT, G.; CARON, J.; Produção de chapas de Madeira aglomerada de cinco espécies de *Pinus* tropicais. *Floresta e ambiente*, Seropédica, v.8, n.1, p.137-142, 2001.
- IWAKIRI, S.; ZELLER, F.; PINTO, J.A.; RAMIREZ, M.G.L.; SAOUIZA, M.M.; SEIXAS, R. Avaliação do potencial de utilização da madeira de *Schizolobium amazonicum* “Paricá” e *Cecropia hololeuca* “Embauba” para a produção de painéis aglomerados. *Acta Amazonica*, Manaus, v.40, n.2, p.303-308, 2010a.

- IWAKIRI, S.; MANHIÇA, A.A.; PARCHEM, C.F.A.; CIT, E.J.; TRIANOSKI, R. Use of from *Pinus caribaea* var. *caribaea* and *Pinus caribaea* var. *bahamensis* for production of particleboards panels. *Cerne*, Lavras, v.16, n.2, p.193-198, 2010b.
- KELLY, M.W.A **Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboards**. Madison: USDA - U.S. For. Prod. Lab, 1977. 66p. (General Technical Report FPL-10)
- MALONEY, T.M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing**. São Francisco: Miller Freeman, 1993. 689p.
- MENDES, R.F.; MENDES, L.M.; ABRANCHES, R.A.S.; SANTOS, R.C.; GUIMARAES JUNIOR, B.J.B. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de eucalipto. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.38, n.86, p.285-295, 2010.
- MOSLEMI, A.A. **Particleboard**. London: Southern Illinois University Press, 1974. 245p.
- NAUMANN, R.B.; VITAL, B.R.; CARNEIRO, A.C.O.; LUCIA, R.M.D.; SILVA, J.C.; CARVALHO, A.M.M.L.; COLLI, A. Propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e de *Schizolobium parahyba* Herb. *Árvore*, Viçosa, v.32, n.6, p.1143-1150, 2008.
- OHBA, K. Clonal Forestry with sugi (*Cryptomeria japonica*). In: AHUJA, M.R.; LIBBY, W.J. (Eds). **Clonal forestry II: conservation and application**. Berlin: Springer Verlag, 1993. p.66-90.
- PEREIRA, J.C.D.; HIGA, R.C.V.; SHIMIZU, J.Y. **Propriedades da madeira do cedrinho japonês**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 4p.
- PINTO, J.A. **Análise da viabilidade do uso da madeira de "Cryptomeria japonica" para laminação e produção de painéis compensado**. 2011. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2011.
- SANTOS, C.B.; LONGHI, S.J.; HOPPE, J.M.; MOSCOVICH, S.A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.10, n. 2, p.1-15, 2000.
- TAKATA, K.; TERAOKA, Y. Genotypic effects on the variation of wood quality and growth traits in plantation forest made by cutting cultivars of Japanese Cedar. *Journal of Wood Science*, Amsterdam, v.48, p.106-113, 2002.
- TRIANOSKI, R. **Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas de rápido crescimento para produção de painéis de madeira aglomerada**. 2010. 260p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- TRIANOSKI, R.; IWAKIR, S.; MATOS, J.L.M.; PRATA, J.G. Viabilidade da utilização de *Acrocarpus fraxinifolius* em diferentes proporções com *Pinus* spp. para produção de painéis aglomerados. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.39, n.91, p.343-350, 2011.
- VITAL, B.R., LEHMANN, W.F. Y BOONE, R.S. How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboards. *Forest Products Journal*, Madison, v.24, n.12, p.37-45, 1974.
- ZHU, J.; TADOOKA, N.; TAKATA, K. Growth and wood quality of sugi (*Cryptomeria japonica*) planted in Akita prefecture (II). Juvenile/mature Wood determination of aged trees. *Journal of Wood Science*, Amsterdam, v.51, n.2, p.95-101, 2005.

Recebido em 25/06/2012  
Aceito para publicação em 27/11/2012