

PROPRIEDADES DE CHAPAS DE AGLOMERADO CONFECCIONADAS COM MISTURAS DE PARTÍCULAS DE *Eucalyptus* spp E *Pinus elliottii*¹

Carla Priscilla Cabral², Benedito Rocha Vital³, Ricardo Marius Della Lucia³ e Alexandre Santos Pimenta⁴

RESUMO – Este trabalho teve como objetivo determinar as propriedades de chapas de madeira aglomerada confeccionadas com partículas geradas de maravalhas e flocos de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e *E. cloeziana*. Quando necessário, para manter a massa específica das chapas em 0,70 g/cm³ foram adicionadas partículas de *Pinus elliottii*. Os eucaliptos foram obtidos nos Municípios de Ponte Alta (Região do Vale do Rio Doce) e Três Marias (Região de Cerrado), em Minas Gerais. As densidades básicas das espécies procedentes do Município de Ponte Alta foram iguais a 0,55; 0,61; e 0,70 g/cm³, enquanto aquelas procedentes do Município de Três Marias foram iguais a 0,56; 0,58; e 0,69 g/cm³, respectivamente. A densidade do *Pinus elliottii*, cultivado no Município de Viçosa, foi de 0,45 g/cm³. As partículas para a confecção das chapas foram obtidas pelo processamento de flocos (0,48 x 20 x 90 mm) e maravalhas, em moinho de martelo, e selecionadas com peneiras manuais. Os coeficientes de esbeltez dessas partículas foram iguais a 19,87 e 4,66, respectivamente. Utilizou-se adesivo de uréia-formaldeído na proporção de 8% em relação à massa seca de madeira. As chapas confeccionadas com partículas processadas de flocos e contendo maior quantidade de madeira de eucalipto apresentaram maior adsorção de água, inchamento e expansão linear. Os maiores valores de dureza Janka e compressão paralela foram observados nas chapas confeccionadas com partículas processadas de maravalhas. Os valores médios de tração perpendicular, módulo de ruptura e módulo de elasticidade foram maiores nas chapas confeccionadas com partículas de flocos processados. As chapas confeccionadas com madeiras da Região de Três Marias apresentaram maiores resistências à compressão paralela, tração perpendicular e módulo de ruptura.

Palavras chave: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus cloeziana*.

PROPERTIES OF PARTICLEBOARDS MANUFACTURED WITH MIXED PARTICLES FROM *Eucalyptus* spp AND *Pinus elliottii*

ABSTRACT – This work aimed to evaluate properties of particleboards manufactured with particles derived from planer shavings and flakes of *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* and *E. cloeziana*. *Pinus elliottii* particles were mixed with eucalyptus particles when necessary and in an amount enough to keep boards densities at 0.70 gr/cm³. *Eucalyptus* wood was obtained from the municipalities of Ponte Alta (Vale do Rio Doce) and Três Marias (Cerrado Region), both in Minas Gerais state, Brazil. *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* and *E. cloeziana* densities collected in Ponte Alta were 0.55; 0.61 and 0.70 g/cm³ whereas those collected from Três Marias were 0.58; 0.58 and 0.69 g/cm³, respectively. The density of *Pinus elliottii* cultivated in the region of Viçosa was 0.45 g/cm³. Particles were produced by processing flakes (0.48 x 20 x 90 mm) and planer shavings in hammer mill. Mean slenderness ratios were 19.87 and 4.66 for particles produced from flakes

¹ Recebido em 20.11.2006 e aceito para publicação em 20.03.2007.

² Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV). E-mail: <lcajir@yahoo.com.br>.

³ Departamento de Engenharia Florestal da UFV. E-mail: <bvital@ufv.br>.

⁴ BRICARBRAS - Briquetagem e Carbonização do Brasil Ltda. Jaguariáva-PR. E-mail: <alexandrepimenta@bricarbras.com.br>.

and shavings, respectively. Urea-formaldehyde adhesive was applied in the proportion of 8% of particle dry mass. Boards manufactured with higher amount of eucalyptus particles absorbed more water and had higher swelling and linear expansion. Highest hardness and parallel compression were observed on boards manufactured with particles from shavings, whereas highest internal bond, modulus of rupture and elasticity values were found for boards fabricated with particles from flakes. Boards made with particles from wood derived from Três Marias had higher means for parallel compression, internal bond and modulus of rupture.

Keywords: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus cloeziana*.

1. INTRODUÇÃO

Embora, em princípio, qualquer madeira possa ser empregada para a confecção de chapas de aglomerado, no Brasil, a principal matéria-prima é proveniente de reflorestamento de *Pinus* spp e, em menor escala, de eucalipto. Contudo, em função da crescente demanda da madeira de *Pinus* spp. é cada vez mais necessário o aproveitamento da madeira de eucalipto para a produção de painéis (IWAKIRI et al., 2004). Diversos trabalhos têm demonstrado que é tecnicamente viável confeccionar painéis de madeira com algumas espécies de eucalipto (HASELIN et al., 1989; GOUVEIA et al., 2003; IWAKIRI, 2004). A madeira de *Eucalyptus grandis* já é utilizada em escala industrial.

As diversas espécies apresentam, contudo, diferenças na sua estrutura anatômica, constituição química e propriedades físico-mecânicas, e as propriedades das chapas de aglomerado dependem, dentre outros fatores, de alguns índices de qualidade da madeira, como densidade (MALONEY, 1993; HRÁZSKÝ e KRÁL, 2003), estabilidade dimensional, acidez e capacidade-tampão (MALONEY, 1993) e geometria das partículas (MOTTED, 1967; LYNAM, 1969; MALONEY, 1993).

A densidade é o fator mais limitante, e a indústria, normalmente, utiliza madeiras com densidades inferiores a 0,60 g/cm³ (MALONEY, 1993), porque as chapas devem ter densidade de 5 a 40% superior à densidade da madeira empregada na sua fabricação (HRÁZSKÝ e KRÁL, 2003). Madeiras com densidades superiores a 0,60 g/cm³ normalmente não são aceitas para a fabricação de chapas de compósitos, porque produzirão chapas com densidades superiores àquelas geralmente aceitas pelo mercado.

Uma alternativa para se produzirem chapas com densidades e propriedades aceitáveis é empregar madeiras mais densas misturadas com madeira de baixa densidade

(VITAL, 1973; MOSLEMI, 1974; HASELIN et al., 1989; MALONEY, 1993; GOUVEIA et al., 2003). Tem sido observado que a mistura entre espécies de maior e menor densidade pode resultar em chapas com melhores propriedades (EL-COSTA ET AL., 1994; IWAKIRI et al., 1996).

Madeiras oriundas de diferentes regiões, geralmente, possuem diferentes propriedades, uma vez que a qualidade do sítio afeta a sua constituição química, anatômica e propriedades físico-mecânicas. Assim, madeiras de árvores de mesma espécie e idade podem apresentar densidades diferentes (BURGER e RICHTER, 1991), o que refletirá nas propriedades das chapas. Além disso, madeiras com elevada variação dimensional, como é o caso dos eucaliptos, podem ocasionar tensões nos pontos de cola, contribuindo para a desagregação das chapas (KELLY, 1977). Uma das dificuldades encontradas na fabricação de painéis com eucalipto é a elevada instabilidade da madeira que também é observada nos painéis (HASELIN et al., 1989). Assim, Iwakiri et al. (2004) observaram que o inchamento em espessura de chapas Orientad Strand Board (OSB), confeccionadas com seis espécies de eucalipto, foi superior ao limite máximo aceitável pela Norma Canadian Standards Association (CSA, 1993.). Esses mesmos autores observaram inchamento em espessura excessivo superior ao valor normatizado.

As indústrias de base florestal geram um volume significativo de resíduos na forma de costaneiras, refilos, aparas, maravalhas ou cepilhos, entre outros. Em muitos países, esses resíduos são utilizados como matéria-prima para a produção de celulose, chapas de fibras (Medium Density Fiberboard, Hard Density Fiberboard, etc.) e aglomerado, entre outros. No entanto, no Brasil a maior parte é utilizada para a geração de energia que agrega pouco valor ao produto final. Uma alternativa para se obter produto de maior valor agregado é aproveitá-lo para a confecção de painéis de madeira. A diversidade dos resíduos e a distância das serrarias até as indústrias

de aglomerado impediam, até recentemente, que essa integração ocorresse. No entanto, com a instalação de serraria nas Regiões Sul e Sudeste, que beneficiam madeira de eucalipto e de *Pinus* spp., possibilitou a utilização dos resíduos, pela indústria de aglomerado. O processamento de resíduos de maior dimensão não traz maiores dificuldades, uma vez que podem ser processados nos equipamentos normais da indústria, produzindo partículas com geometria adequada. Maravalhas, contudo, são produzidas em diferentes dimensões e espessura (0,1 a 1,0 mm) e necessitam de uma redução para atingir a geometria mais adequada (HRÁZSKÝ e KRAL, 2003).

O objetivo deste trabalho foi determinar as propriedades de chapas de madeira aglomerada confeccionadas com partículas processadas de flocos e de maravalhas oriundas de madeira de três espécies de eucaliptos (*Eucalyptus grandis*, *E. cloeziana* e *E. urophylla*), colhidas em duas regiões de Minas Gerais (Vale do Rio Doce e Cerrado), misturadas, quando necessário, com madeira de *Pinus elliottii*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As árvores de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e *E. cloeziana*, com idade de aproximadamente 7 anos, foram escolhidas aleatoriamente em plantios comerciais cultivados próximos ao Município de Ponte Alta (região do Vale do Rio Doce – RVRD) e Três Marias (região do Cerrado), em Minas Gerais. As árvores de *Pinus elliottii* foram colhidas no campus da UFV (Viçosa, MG) com cerca de 40 anos.

Após o abate, as árvores foram seccionadas em toras e, posteriormente, desdobradas em tábuas, com a finalidade de produzir maravalhas. As baguetas, com dimensões de 9,0 x 12,0 x 2,0 cm, foram processadas em moinho de disco, gerando flocos com cerca de 0,48 mm de espessura, 20 mm de largura e 90 mm de comprimento. As maravalhas foram geradas ao passarem as tábuas em uma plaina desgrossadeira. Tanto as maravalhas quanto os flocos foram processados em moinho de martelo, obtendo-se partículas com dimensões de: 1,19 x 5,55 mm e 0,46 x 9,14 mm, respectivamente. As partículas foram classificadas com o auxílio de duas peneiras, empregando-se as partículas que passaram na peneira com malha de 43,60 mm² e ficaram retidas na de 7,43 mm². Após a seleção, foram secadas em estufa com ventilação forçada a uma temperatura de 70 °C até atingirem o teor de umidade de 3% (base seca).

Para a confecção das chapas foi utilizado o adesivo à base de uréia-formaldeído, “Cascorez”, da Alba Química S.A., com teor de sólidos resinosos de 65%, aplicado na proporção de 8% em relação à quantidade de massa seca de partículas. Também, foi aplicada uma solução de parafina 0,5%. Tanto o adesivo quanto a parafina foram aplicados às partículas em um encolador de tambor. O colchão foi formado manualmente, utilizando-se uma caixa de madeira, com dimensões de 40 x 40 cm, em que as partículas foram distribuídas uniformemente.

As chapas foram prensadas a uma temperatura de 170 °C e pressão de 32 kgf/cm², por um período de 8 min, contados a partir do fechamento da prensa. Depois de prensadas, as chapas foram acondicionadas à temperatura ambiente até que atingissem umidade de equilíbrio. Posteriormente, foram subdivididas para produzir as amostras destinadas à determinação de suas propriedades físico-mecânicas.

Os testes foram realizados após a climatização dos corpos-de-prova a 65 ± 5% de umidade relativa (UR) e temperatura de 20 ± 3 °C, segundo as Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (NBR 14810-3), (ABNT, 2002) e American Society for Testing and Materials – ASTM-D 1037. (ASTM, 1991)

Para os ensaios de expansão linear, inchamento em espessura e adsorção de umidade foram utilizados os mesmos corpos-de-prova. Os ensaios de umidade e a densidade também foram feitos com corpos-de-prova, comuns a ambos.

O experimento foi instalado seguindo-se um delineamento inteiramente casualizado, com duas repetições e 12 tratamentos, totalizando 24 chapas, variando o tipo de partícula (maravalha ou flocos processados), espécie e procedência da madeira de eucalipto (Quadro 1). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando se estabeleceram diferenças significativas, os tratamentos foram comparados entre si, por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As densidades básicas médias das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e *E. cloeziana* foram iguais a 0,55; 0,61; e 0,70 g/cm³ (Vale do Rio Doce) e 0,56; 0,58; e 0,69 g/cm³ (região do Cerrado), respectivamente, enquanto a da madeira de *Pinus elliottii* foi de 0,45 g/cm³.

Quadro 1 – Tipos de partículas, composição dos colchões e procedência das madeiras de eucaliptos
Table 1 – Particle composition and wood provenance

Tratamentos	Tipos de partícula	Espécie	<i>Pinus elliottii</i> (%)	Procedência
T 1	Maravalhas processadas	<i>Eucalyptus grandis</i>	0	RVRD
T 2	Flocos processados	<i>Eucalyptus grandis</i>	0	RVRD
T 3	Maravalhas processadas	<i>Eucalyptus urophylla</i>	40	RVRD
T 4	Flocos processados	<i>Eucalyptus urophylla</i>	40	RVRD
T 5	Maravalhas processadas	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	60	RVRD
T 6	Flocos processados	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	60	RVRD
T 7	Maravalhas processadas	<i>Eucalyptus grandis</i>	0	Cerrado
T 8	Flocos processados	<i>Eucalyptus grandis</i>	0	Cerrado
T 9	Maravalhas processadas	<i>Eucalyptus urophylla</i>	10	Cerrado
T 10	Flocos processados	<i>Eucalyptus urophylla</i>	10	Cerrado
T 11	Maravalhas processadas	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	55	Cerrado
T 12	Flocos processados	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	55	Cerrado

RVRD – Região do Vale do Rio Doce, Município de Ponte Alta; e Cerrado – Região do Cerrado, Município de Três Marias.

Não houve diferença significativa, em nível de 5% de probabilidade, entre as densidades das chapas, obtendo-se uma média geral de 0,70 g/cm³. Portanto, a combinação da madeira de *Pinus elliottii* com a madeira de eucalipto foi eficiente na homogeneização da densidade das chapas. Segundo a Norma American National Standard – ANSI/A1-280.1 (ANS, 1993), os painéis são classificados como de média densidade.

Após a climatização, os teores de umidade variaram entre 9,51 e 10,0%, com um coeficiente de variação de 0,98%.

Observou-se que a umidade de equilíbrio foi significativamente maior nas chapas produzidas com madeira oriunda do Cerrado. (Quadro 2). Não houve diferença significativa na umidade entre as chapas produzidas com madeira da mesma região, nem interação significativa entre tipo de partículas e regiões de procedência da madeira.

A diferença encontrada, entre as duas regiões, provavelmente é devida a diferenças nas características, ocasionada por fatores inerentes à região de origem.

Quadro 2 – Valores médios de umidade (%) das chapas, por regiões de origem das madeiras

Table 2 – Board moisture content (%) by wood provenance

Regiões	Médias
RVRD	9,62(b)
Cerrado	9,94(a)

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si (Tukey, p>0,05).

Alterando a condição de equilíbrio inicial de 20 °C e 65% de UR para 20 °C e 90% de UR, provocou-se uma adsorção de vapor de água, que variou de 7,76 a 10,64%. Observou-se diferença significativa entre regiões e interação entre o tipo de partícula e a região de procedência da madeira. Considerando a média geral, as chapas confeccionadas com madeira provenientes do Vale do Rio Doce apresentaram maior adsorção de vapor, conforme pode ser visualizado no Quadro 3. Desdobrando o efeito da interação, observou-se que, entre as chapas que adsorveram maior quantidade de vapor de água, destacaram-se aquelas confeccionadas com madeira de *Eucalyptus grandis*, tanto de resíduos quanto de flocos processados. Esses resultados foram semelhantes àqueles observados por Haselein (1989), que encontrou as maiores médias de adsorção de água em chapas constituídas com maior quantidade de madeira de eucalipto.

As médias para o inchamento em espessura das chapas de aglomerado estão apresentadas no Quadro 4. Observou-se diferença significativa no inchamento em espessura, entre chapas produzidas com diferentes tipos de partículas, bem como entre as madeiras das duas regiões.

Os tratamentos que resultaram em maiores inchamentos foram os mesmos que apresentaram maiores índices de adsorção de vapor d'água (Quadro 3). Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Haselein et al. (1989).

Observaram-se diferenças significativas entre os tipos de partículas e as regiões de origem de procedência para a expansão linear. Os tratamentos que apresentaram maiores médias foram aqueles constituídos, exclusivamente, de partículas de *Eucalyptus grandis*,

provindas do processamento de flocos, como pode ser observado no Quadro 5. As chapas contendo partículas de *Pinus elliottii*, em sua constituição tiveram médias mais baixas para expansão linear. Considerando o mesmo tipo de partícula, não se observou diferença significativa entre as médias das chapas em ambas as regiões.

Quadro 3 – Valores médios de adsorção de vapor de água (%) das chapas produzidas, em função dos tipos de partícula e das espécies utilizadas em ambas as regiões

Table 3 – Boards vapor adsorption (%) per particle geometry, wood species and wood provenance

Tipos de Partícula	Regiões de Procedência	
	RVRD	Cerrado
<i>Eucalyptus grandis</i> (maravalha processada)	9,42(abc)A	9,12(ab)A
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (maravalha processada)	9,08(bc)A	7,97(c)B
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (maravalha processada)	8,38(c)A	8,82(bc)A
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	10,64(a)A	9,84(a)A
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (flocos processados)	9,69(ab)A	8,73(bc)B
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (flocos processados)	8,99(bc)A	8,98(abc)A
Média geral	9,37 A	8,91 B

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si (Tukey, p>0,05).

Quadro 4 – Valores médios de inchamento em espessura (%) dos tratamentos, em ambas as regiões

Table 4 – Mean thickness swelling (%) per treatment and wood provenance

Tipos de Partícula	Regiões de Procedência	
	RVRD	Cerrado
<i>Eucalyptus grandis</i> (maravalha processada)	6,43(ab) A	6,43(ab) A
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (maravalha processada)	6,12(ab) A	5,26(c) B
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (maravalha processada)	5,79(b) A	6,06(abc) A
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	6,67(a) A	6,51(a) A
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (flocos processados)	6,23(ab) A	5,62(bc) A
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (flocos processados)	6,15(ab) A	6,11(abc) A
Média geral	6,23 A	6,00 B

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si (Tukey, p>0,05).

Quadro 5 – Valores médios de expansão linear (%) dos tratamentos em ambas as regiões

Table 5 – Mean linear expansion (%) per treatment and wood provenance

Tipos de Partículas	Regiões de Procedência	
	RVRD	Cerrado
<i>Eucalyptus grandis</i> (maravalha processada)	0,1249 (b)	0,1222 (b)
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (maravalha processada)	0,1165 (c)	0,1102 (c)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (maravalha processada)	0,1121 (c)	0,1136 (c)
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	0,1338 (a)	0,1301 (a)
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (flocos processados)	0,1181 (c)	0,1113 (c)
<i>Eucalyptus. cloeziana</i> e Pinus (flocos processados)	0,1146 (c)	0,1156 (c)
Média geral	0,1200 A	0,1156 B

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si (Tukey, p>0,05).

Segundo a Norma ANSI/A208.1 (ANS, 1993), os painéis de madeira aglomerada devem expandir no máximo 0,35%. Portanto, todas as chapas estavam em conformidade com a norma.

As médias de dureza Janka são apresentadas no Quadro 6. Não foram observadas diferenças significativas ocasionadas pelo tipo de partícula na dureza Janka, nas chapas confeccionadas com partículas oriundas da região de Ponte Alta, porém, naquelas oriundas de madeiras da região de Três Marias, verificou-se que as chapas confeccionadas com partículas de *Eucalyptus cloeziana*, bem como resíduos de *Eucalyptus grandis*, foram mais resistentes que as demais. O valor mínimo estipulado pela Norma ANSI/A 208.1 (1993) é de 222,5 kgf/cm². Portanto, os valores encontrados em todas as chapas foram superiores ao valor mínimo estabelecido. Todas as chapas confeccionadas com partículas de maravalhas foram numericamente mais resistentes que as confeccionadas com partículas de flocos.

No arrancamento de parafuso, observaram-se diferenças significativas entre as chapas confeccionadas com diferentes tipos de partículas, conforme pode ser observado no Quadro 7. Contudo, não foi evidenciada diferença significativa entre as regiões de procedência das árvores, com exceção das chapas produzidas com *Eucalyptus cloeziana*, em que os maiores valores para resistência à extração de parafuso foram das chapas confeccionadas com flocos processados. De modo geral,

assim como observado para a dureza Janka, as maiores resistências foram obtidas nos painéis confeccionados com misturas de partículas de *Eucalyptus cloeziana* e *P. elliottii*. Todos os painéis tiveram resistência à extração de parafuso superior ao valor mínimo de 100 kgf, estabelecido pela Norma ANSI/A 208.1 (ANS, 1993).

Quadro 6 – Valores médios de dureza Janka (kgf/cm²) dos tratamentos, em função do tipo de partícula e das espécies utilizadas, em ambas as regiões

Table 6 – Mean hardness (kgf/cm²) per particle composition, wood species and wood provenance

Tipos de Partículas	Região	
	RVRD	Cerrado
<i>Eucalyptus grandis</i> (maravalha processada)	479(a) A	457(ab) B
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (resíduo processada)	505(a) A	422(bc) B
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (maravalha processada)	501(a) A	483(a) A
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	450(a) A	404(c) A
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (flocos processados)	500(a) A	399(c) B
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (flocos processados)	456(a) A	448(ab) A
Média geral	481,69 A	435,75 B

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem entre si (Tukey, p>0,05).

Quadro 7 – Valores médios de resistência ao arrancamento de parafuso (kgf) nos diferentes tratamentos, em função do tipo de partícula e das espécies utilizadas, em ambas as regiões

Table 7 – Screw withdraw resistance (kgf) affected by particle composition, wood species and wood provenance

Tipos de Partículas	Regiões		Média
	RVRD	Cerrado	
<i>Eucalyptus grandis</i> (maravalha)	124,25	110,75	117,50(b)
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (maravalha processada)	114,00	106,00	110,00(b)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (maravalha processada)	152,50	137,00	143,38(ab)
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	144,00	132,88	138,44(ab)
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (flocos processados)	146,75	119,13	132,78(ab)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (flocos processados)	110,75	165,25	158,88(a)

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si (Tukey, p>0,05).

A resistência à compressão longitudinal foi significativamente afetada pelo tipo de partícula e pela região de origem das madeiras, conforme pode ser observado no Quadro 8. As comparações entre médias sem considerar as regiões indicaram que os maiores valores de compressão longitudinal foram obtidos nas chapas de *Eucalyptus grandis* e de *E. cloeziana*. Comparando o efeito da região de origem das madeiras, observou-se que aquelas cultivadas na região do Cerrado foram mais resistentes. Para essa propriedade não há especificação na norma do valor mínimo aceitável para a comercialização.

O efeito dos tratamentos na resistência à tração perpendicular é mostrado no Quadro 9. Observou-se diferença significativa entre os tipos de partículas e regiões de origem de procedência, porém não houve interação significativa entre essas variáveis.

Ao comparar as médias dos tratamentos, sem considerar as regiões, notou-se que apenas as chapas confeccionadas com partículas de maravalha de *Eucalyptus grandis* diferiram das demais. Apesar de não ter havido diferença estatística entre os painéis produzidos com partículas de maravalhas e partículas de flocos, houve tendência dos painéis produzidos com partículas de maior coeficiente de esbeltez de apresentarem médias mais altas que os painéis produzidos com maravalhas, porém houve uma exceção, que foram as chapas de *Eucalyptus grandis*. Segundo a Norma ANSI/A 208.1 (ANS, 1993), o mínimo exigido para o ensaio à tração perpendicular em painéis de aglomerado de média densidade é de 4,5 kgf/cm². Com base nessa norma, observou-se que todos os tratamentos atenderam ao mínimo exigido para serem comercializados.

Conforme pode ser observado no Quadro 10, o módulo de ruptura foi afetado pela composição das partículas e regiões de origem da madeira. Entretanto, a interação entre ambas não foi significativa.

As chapas confeccionadas com madeira oriunda do Cerrado apresentaram melhores médias quando comparadas com aquelas oriundas do Vale do Rio Doce.

Na comparação das médias sem considerar as regiões, observou-se que apenas as chapas confeccionadas com maravalhas de *Eucalyptus grandis* diferiram das demais. Apesar de não observar diferença

significativa entre tratamentos, notou-se que houve tendência de os painéis produzidos com partículas processadas de flocos, ou seja, partículas com maior coeficiente de esbeltez, apresentarem médias melhores. Esse fato indica que uma melhor aderência entre as partículas influencia o módulo de ruptura à flexão estática. Resultado semelhante também foi encontrado por Vital et al. (1992), ao utilizarem partículas com diferentes geometrias.

Segundo a ANSI/A208.1 (ANS, 1993), o valor mínimo exigido para painéis de média densidade é de 110 kgf/cm². Com base nessa norma, pode-se observar que todos os painéis atingiram o valor de aceitação comercial.

O módulo de elasticidade não foi afetado pelo tipo de partícula de origem da madeira. Apesar de não ter havido tal diferença, os resultados evidenciam uma tendência das médias a serem maiores em tratamentos compostos por uma quantidade maior de *Pinus elliottii*. O valor mínimo exigido pela ANSI/A 208.1 (ANS, 1993), para aceitação comercial dos painéis de aglomerado de média densidade, é de 17.250 kgf/cm². Assim, as chapas confeccionadas com 100% de partículas de maravalhas de *Eucalyptus grandis* não atenderam a esse critério de classificação.

Quadro 8 – Valores médios de compressão longitudinal (kgf/cm²) dos diferentes tratamentos, em função do tipo de partícula e das espécies utilizadas, em ambas as regiões

Table 8 – Longitudinal compression resistance (kgf/cm²) per particle geometry, wood species and wood provenance

Tipos de Partículas	Região		Médias
	RVRD	Cerrado	
<i>Eucalyptus grandis</i> (maravalha processada)	77,24	88,39	82,81(a)
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (maravalha processada)	60,55	74,28	67,41(bc)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (maravalha processada)	79,56	83,41	81,48(ab)
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	63,59	82,43	73,01(abc)
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (flocos processados)	56,72	63,67	60,19(c)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (flocos processados)	77,02	79,35	78,18(ab)
Média geral	69,11B	78,56 A	

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si (Tukey, p>0,05)

Quadro 9 – Valores médios de tração perpendicular (kgf/cm²) para os diferentes tratamentos, em função do tipo de partícula e espécies utilizadas, em ambas as regiões

Table 9 – Internal bond means (kgf/cm²) per particle composition, wood species and wood provenance

Tipos de partícula	Região		Médias
	RVRD	Cerrado	
<i>Eucalyptus grandis</i> (maravalha processada)	4,63	4,69	4,66 (b)
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (maravalha processada)	4,57	6,66	5,61 (ab)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (maravalha processada)	5,62	6,29	5,95 (ab)
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	5,39	5,78	5,58 (ab)
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (flocos processados)	5,66	7,49	6,57 (a)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (flocos processados)	6,11	6,63	6,36 (ab)
Média geral	5,34 B	6,26 A	

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (Tukey, p>0,05).

Quadro 10 – Valores médios do módulo de ruptura (kgf/cm²) dos diferentes tratamentos, em função do tipo de partícula e das espécies utilizadas, em ambas as regiões

Table 10 – Modulus of rupture means (kgf/cm²) per particle composition, wood species and wood provenance

Tipos de Partícula	Regiões de Procedência		Médias
	RVRD	Cerrado	
<i>Eucalyptus grandis</i> (maravalha processada)	155,23	157,81	156,25 (b)
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (maravalha processada)	167,77	192,30	180,04 (a)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (maravalha processada)	179,28	175,73	177,50 (ab)
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	179,15	177,18	178,17 (ab)
<i>Eucalyptus urophylla</i> e Pinus (flocos processados)	171,63	206,31	188,97 (a)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> e Pinus (flocos processados)	195,24	195,11	195,18 (a)
Média geral	174,72 B	184,08 A	

*Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si (Tukey, p>0,05).

4. CONCLUSÕES

As misturas de partículas de eucaliptos com partículas de *Pinus elliottii* foram eficientes para homogeneizar as densidades das chapas, atendendo a um dos pré-requisitos propostos nesta pesquisa.

As propriedades físicas e mecânicas das chapas, apesar de sofrerem influência da espécie lenhosa, foram satisfatórias, atendendo aos valores estipulados pelas normas utilizadas.

As chapas produzidas com madeiras procedentes da região de Cerrado apresentaram melhores resultados para a maioria das propriedades físico-mecânicas.

As propriedades das chapas confeccionadas com partículas oriundas de maravalhas foram, de modo geral, satisfatórias, mostrando grande probabilidade de seu uso na produção industrial de chapas de aglomerado. Porém, é recomendável cautela no uso de maravalha de *Eucalyptus grandis* para a fabricação de chapas de aglomerado, pois estas apresentaram médias inferiores ao valor mínimo estabelecido pela Norma ANSI/A 208.1 (1993), o que as torna impróprias ao uso onde haja necessidade de resistência à flexão estática mais elevada.

5. REFERÊNCIAS

- AMERICAN NATIONAL STANDARD –ANS. **Mat-formed wood particleboard: specification ANSI/A 208.1.** Gaithersburg: National Particleboards Association, 1993. 9p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-1037. Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials. **Annual Book of ASTM Standards**, v.4, n.10, p.150-179, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14810-3. **Chapas de madeira aglomerada: métodos de ensaio.** Rio de Janeiro: 2002. 32p.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H., G. **Anatomia da madeira.** São Paulo: Nobel, 1991. 154p.
- CANADIAN STANDARD ASSOCIATION. **OSB and wafer board.** Ontario: CSA 0437-93, 1993. 18p.
- EL-COSTA, M. L. M.; MORSHEDY, M. M.; MEGAHED, M. M. Properties of particleboard made from casuarina and willow mixtures. In: INTERNATIONAL PARTICLEBOARD/ COMPOSITE MATERIAL SYMPOSIUM, 28., 1994, Pullmann. **Proceedings...** Washington: 1994. p.281-288.
- GOUVEIA, F. N.; VITAL, B. R.; SANTANA, M. A. E. Avaliação de três tipos de estrutura de colchão e de três níveis de resina fenólica na produção de chapas de partículas orientadas – OSB, **Revista Árvore**, v.27, n.3, p.365-370, 2003.
- HASELEIN, C. R. et al. Fabricação de chapas de aglomerado com madeiras de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden) e embuaba (*Cecropia* sp.). **Revista Árvore**, v.13, n.1, p.67-84, 1989.
- HRÁZSKÝ, J.; KRÁL, P. The influence of particle composition in a three-layer particleboard on its physical and mechanical properties. **Journal of Forest Science**, v.49, n.2, p.83-93, 2003.
- IWAKIRI, S. et al.. Utilização da madeira de eucalipto na produção de chapas de partículas orientadas – OSB. **Cerne**, v.10, n.1, p.46-52, 2004.
- IWAKIRI, S. et al. Produção de chapas de partículas de madeira aglomerada de *Pinus elliottii* (Engelm) e *Eucalyptus dunii* (Maid). **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, v.15, n.1, p.33-41, 1996.
- KELLY, M. W. **Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard.** Madison: Forest Products Laboratory, 1977. 64p. (General Technical Report FPL-10)
- LYNAM, F.C. Factors influencing the properties of wood chipboard. In: MITLIN, L. Particleboard manufacture and applications. Presmedia Books, UK: 1969. p.145-149,.
- MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard.** San Francisco: Miller Freeman, 1993. 681p.
- MOTTET, A. L. The particle geometry factor. In: MALONEY, T. WSU PARTICLEBOARD SYMPOSIUM, 1., 1967,. **Proceedings...** Washington: Pullmann, 1967.p.189-195.
- MOSLEMI, A. A. **Particleboard: materials.** Carbonele: Southern Illinois Press, 1974. v.1. 244p.

VITAL, B. R. **Effects of species and panel densities on properties of hardwood particleboard.** 1973. 111f. Dissertation (Magister Science in Wood Tecnology) – University of Wisconsin, Madison, 1973.

VITAL, B. R.; HASELEIN, C. R.; DELLALUCIA, R. M. – Efeito da geometria das partículas nas propriedades das chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus grandis* (Hill ex-Malden) – **Revista Árvore**, v.16, n.1, p.88-96, 1992.