

**EFEITOS DA ADIÇÃO DE CAVACO COM CASCA NA QUALIDADE DE PAINÉIS  
MDP PRODUZIDOS COM *Eucalyptus* sp.**

Déborah Nava Soratto<sup>1</sup>, Alexsandro Bayestorff da Cunha<sup>2</sup>, Benedito Rocha Vital<sup>3</sup>, Angélica de Cássia Oliveira Carneiro<sup>3</sup>, Fabrício Rodrigues Costa<sup>4</sup>

**Resumo:** O objetivo desse trabalho foi avaliar as propriedades de painéis aglomerados de eucalipto em associação com cavacos com casca. Foram utilizadas cinco proporções (0, 6, 12, 18 e 24%) de partículas de cavaco com casca em associação com partículas de eucalipto, com adesivo à base de ureia-formaldeído, sendo 6% no miolo e 10% para a superfície. A densidade nominal foi de 650 kg/m<sup>3</sup>, pressão específica de 32 kgf/cm<sup>2</sup>, a 180°C, por oito minutos. As propriedades foram determinadas de acordo com a Norma NBR 14810 (2002). Segundo os resultados, não houve efeito da inclusão de cavaco com casca nas propriedades mecânicas e, quanto às propriedades físicas, verificou-se que a absorção superficial não foi alterada até 12%. De modo geral, os painéis absorveram mais água que o estabelecido na referida norma. A adição de até 6% de cavaco com casca na composição do painel não ocasiona comprometimento da qualidade dos mesmos.

**Palavras-chave:** propriedades físicas; propriedades mecânicas; resíduos.

**EFFECTS OF THE ADDITION OF SPLINTER SHELL IN QUALITY OF MDP  
PANELS PRODUCED WITH *Eucalyptus* sp.**

**Abstract:** The objective was to evaluate the properties of particleboards in combination with eucalyptus wood chips with bark. Five ratios were used (0, 6, 12, 18 and 24%) of particles of chips with bark in combination with particles of eucalyptus, with two levels of adhesive based on urea-formaldehyde, 6% in core and 10% in surface. The prescribed nominal density was 650 kg/m<sup>3</sup>, using the specific pressure of 32 kgf/cm<sup>2</sup> at 180° C for eight minutes. The properties were determined according to NBR 14810 (2002). According to the results there was no effect of adding particles of chips with bark in the mechanical properties and the physical properties it has been found that up to 12% the absorption surface was not changed. In general, the panels absorb more water than that established by the standard. The addition of up to 6% of chips with bark in the composition of the panel does not cause impairment of quality.

---

<sup>1</sup> MSc, Professora, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, <deborahsoratto@gmail.com>.

<sup>2</sup> Dr. Professor, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, <a2abc@cav.udesc.br>.

<sup>3</sup> Dr. Professor, Universidade Federal de Viçosa – UFV, <bvital@ufv.br>, <cassiacarneiro1@gmail.com>.

<sup>4</sup> Mestrando, Universidade Federal de Viçosa – UFV, <fabricio@florestal.eng.br>.

**Keywords:** physical properties; mechanical properties; waste.<sup>12</sup>

## 1 INTRODUÇÃO

O cavaco é a matéria-prima para as indústrias de painéis reconstituídos, seja o *Medium Density Fiberboard* (MDF), o *Medium Density Particleboard* (MDP) e alguns outros tipos de painéis. O cavaco também tem ampla utilização na queima direta para atender diferentes processos de geração de energia.

O aglomerado é uma chapa fabricada com partículas de madeira aglutinadas por meio de resina, sob a ação do calor e pressão. No mundo, são empregados como matérias-primas os resíduos industriais de madeira, os resíduos da exploração florestal, as madeiras de qualidade inferiores (não industrializáveis de outra forma), as madeiras provenientes de florestas plantadas e as madeiras sem serventia recicladas. No Brasil, a madeira de florestas plantadas – em especial de eucalipto e de pinus – constitui a principal fonte de matéria-prima (MATTOS et al., 2008).

Conforme IWAKIRI et al. (2005a), os aglomerados possuem uma série de vantagens em relação à madeira serrada: minimização dos efeitos da anisotropia; maior uniformidade de propriedades físico-mecânicas em diferentes pontos do painel; eliminação de defeitos naturais, como nós, inclinação da grã e tensões de crescimento; possibilidade de controle das propriedades físico-mecânicas do painel por meio das variáveis do processo produtivo, como tipo e quantidade de resina, geometria de partículas, grau de densificação, entre outras; menor exigência em termos da qualidade da madeira, possibilitando o uso de resíduos provenientes de outras fontes de processamento; maior produção devido à tecnologia empregada e ao menor custo de produção.

A chapa de madeira aglomerada possui múltiplas aplicações, dentre as quais se destaca a fabricação de móveis, tampos de mesas, laterais e portas de armários, divisórias, laterais de estantes. Entre os principais países produtores de aglomerado, destacam-se: a Alemanha, com 17% da produção mundial, e os Estados Unidos, com 14%. O Brasil fabrica cerca de 2% dos painéis de aglomerado produzidos no mundo, ABIPA (2004), citado por IWAKIRI et al., (2005a).

A partir da metade da década de 1990, as empresas brasileiras investiram em modernização tecnológica, passando do processo de prensagem cíclica para o de prensagem contínua, o que conferiu melhores características de resistência ao produto. Também implementaram a modificação da nomenclatura para MDP (*medium density particleboard*) ou

painel de partículas de média densidade, numa tentativa de dissociar o novo produto do aglomerado tradicional (MATTOS, 2008).

O painel aglomerado (ou MDP) é produzido a partir de pequenas partículas de madeira impregnadas com resina ureia-formaldeído (em sua maioria) e consolidado por meio da aplicação de calor e pressão. É um produto amplamente empregado na fabricação de móveis, em razão de suas características tecnológicas, custo competitivo e escala de produção (IWAKIRI et al., 2005b). As partículas mais finas são depositadas na superfície, enquanto que aquelas de maiores dimensões são depositadas nas camadas internas.

O MDP, geralmente, é de uso em interiores, por exemplo, os móveis. Ele comumente tem como matéria-prima lignocelulósica os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Enquanto, o adesivo à base de ureia-formaldeído é o mais relevante na produção, mesmo este apresentando baixa resistência à umidade.

As indústrias de painéis particulados de madeira têm apresentado uma evolução significativa em termos de produção e inovação tecnológica. A necessidade do melhor aproveitamento da matéria-prima, bem como o uso racional de recursos florestais tem incentivado as pesquisas pela busca de novas fontes de material e desenvolvimento de novos produtos e processos produtivos.

Em princípio, todo e qualquer material lignocelulósico pode ser utilizado como matéria-prima para a fabricação de chapas de partículas, havendo alternativas de outros materiais com potencialidade para ser associado à madeira. Silva (2006) menciona que outras matérias-primas, como o bagaço de cana, papiro, palha de cereais, talos de algodão, linho, bambu, papel e casca de coco.

A matéria-prima está cada vez mais cara, ou seja, menos competitiva, acarretando aumento significativo no custo de produção dos painéis. Dessa forma, a utilização de resíduos madeiráveis como fonte de matéria-prima para a produção de chapas de madeira aglomerada torna-se interessante, principalmente pela possibilidade dos benefícios sociais, econômicos e empresariais. No entanto, deve-se atentar para que não ocorra prejuízo na qualidade do produto final, já que as variações entre espécies, tipos de madeira, como também composição química da mesma produzem diferentes efeitos nos painéis particulados.

Diante do exposto, o principal objetivo desse estudo foi avaliar as propriedades do MDP fabricado com partículas com e sem casca de *Eucalyptus* sp., com intuito de determinar a influência das proporções de partículas de cavaco com casca em associação com partículas de madeira sem casca.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira da Universidade Federal de Viçosa, MG. As partículas utilizadas para a produção dos painéis, doravante denominadas “cavaco com casca”, e também as outras partículas, eram de *Eucalyptus* sp. e, foram provenientes da empresa Satipel-RS. O material foi peneirado e utilizaram-se partículas de comprimento de aproximadamente 15-50 mm para o miolo e 3-10 mm para a superfície, sendo que para o miolo foram utilizadas as partículas que passaram pelas peneiras de malha 4 mm e ficaram retidas na de 2 mm e para a superfície as partículas que ficaram retidas na peneira de malha 1 mm (Figura 1). Para a secagem, as partículas foram distribuídas em recipientes, permanecendo em estufa a uma temperatura de  $45 \pm 2^\circ\text{C}$  até que seu teor de umidade atingisse  $3 \pm 0,5\%$ .



**Figura 1.** Colchão com as partículas antes da prensagem.

**Figure 1.** Mattress with the particles before pressing.

Os painéis foram produzidos utilizando-se cinco proporções (Tabela 1) de partículas de cavaco com casca, em associação com as partículas de eucalipto com adesivo à base de ureia-formaldeído (6% para partículas do miolo e 10% para as partículas da superfície). A porcentagem do adesivo foi estabelecida com base na massa seca das partículas. Foram confeccionados dois painéis por tratamento, totalizando dez painéis.

**Tabela 1.** Proporções de partículas de cavaco com casca e partículas de madeira de *Eucalyptus* sp..

**Table 1.** Proportions of particles with bark chips and particles of *Eucalyptus* sp..

Tratamento	Partículas de cavaco com casca (%)	Partículas de madeira (%)
1	0	100
2	6	94
3	12	88
4	18	82
5	24	76

O adesivo utilizado para a produção dos painéis teve como principais características: massa específica de 1,27 g/cm<sup>3</sup>, teor de sólidos de 65%, pH de 7,5, viscosidade de 940 centipoise (cP) e gel time de 176 segundos.

A mistura das partículas com o adesivo foi realizada em um misturador rotativo, utilizando-se uma pistola pneumática para pulverização do adesivo, com um tempo médio de aplicação de cinco minutos. Não foi adicionado catalisador devido à demora na formação do colchão por conta das três camadas, o que poderia acarretar na cura do adesivo. A mistura foi levada a uma caixa formadora para gerar o colchão. Primeiramente, a mistura foi feita com as partículas da superfície. Em seguida, após a retirada e limpeza do misturador, realizou-se a mistura com as partículas do miolo.

Foram produzidos painéis aglomerados com dimensões de 40 x 40 x 1,50 cm, com densidade nominal igual a 650 kg/m<sup>3</sup>. A massa de partículas e adesivo foi calculada em função da massa anidra de madeira, densidade final desejada, considerando 20% de perdas no processo de produção e um teor de umidade para as partículas de 3%.

Todos os painéis foram produzidos em uma prensa de laboratório, empregando-se uma pressão específica de 32 kgf/cm<sup>2</sup>, a uma temperatura de 180°C, por oito minutos, contados a partir do fechamento dos pratos da prensa.

Depois de prensados, os painéis foram conduzidos à câmara climática, onde permaneceram até estabilização da massa. Em seguida, foram esquadrejados, apresentando dimensões finais de 38 x 38 x 1,5 cm. Foram confeccionados os corpos de prova para os testes físicos e mecânicos, esses foram reconduzidos a climatização com temperatura e umidade recomendada pela norma ABNT NBR 14810-3 (2002).

Para o ensaio de absorção superficial foi seguida a metodologia utilizada na indústria que disponibilizou as partículas, com algumas adaptações dos procedimentos propostos na norma EN 328-1 9 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 1993). Foi preparado um equipamento, o qual era composto de uma bureta, com 1 ml de Tolueno, um

apoio com ângulo de 60°, onde o corpo de prova ficava apoiado. Montado esse material, o Tolueno era despejado sobre o corpo de prova a uma distância de aproximadamente 1 cm. Para finalizar, foi medido o comprimento de quanto escorreu de Tolueno, esta medida, em mm, nos demonstra qual a absorção superficial. A finalidade da realização deste ensaio se explica pelo fato de que os painéis de aglomerado apresentam rápida absorção de umidade, assim este teste representa o quanto à superfície do painel absorve de líquido. Quanto maior o comprimento medido de escorrimento de tolueno, menor a absorção superficial.

Foi empregada análise de variância com delineamento inteiramente casualizado, com posterior comparação pelo teste de Tukey, para os parâmetros detectados como significativos pelo teste F ( $p < 0,05$ ).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os valores encontrados para densidade (Tabela 2) pode-se observar que os valores ficaram entre 620 kg/m<sup>3</sup> (tratamentos 1 e 3) e 660 kg/m<sup>3</sup> (tratamento 2). Realizando-se a análise de variância (ANOVA) e teste de significância de Tukey, percebe-se que a diferença entre os tratamentos não foi significativa.

**Tabela 2.** Valores médios e desvio padrão de densidade e teor de umidade de equilíbrio dos painéis de aglomerado, em razão dos tratamentos.

**Table 2.** Mean values and standard deviation of density and moisture balance of the chipboard, depending on the treatments.

Tratamento	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Teor de umidade de equilíbrio (%)
1	620 ±36,33 a	9,51 a
2	660 ±38,67 a	10,45 a
3	620 ±36,33 a	9,69 a
4	650 ±38,09 a	9,21 a
5	630 ±36,92 a	10,16 a
Média	636	9,80

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro ou 95% de significância.

Segundo a norma ANSI/A-208.1 (1993), os painéis são classificados como painéis de média densidade quando estão enquadrados em uma faixa de densidade de 640 kg/m<sup>3</sup> a 800 kg/m<sup>3</sup>. A densidade do painel está relacionada com a densidade da madeira e com a taxa de compactação, dependendo, também, da umidade do colchão e de outros fatores. Assim como a densidade da madeira, a densidade do painel tem influência sobre suas propriedades mecânicas (HILLIG et al., 2002).

Ressalta-se que a higroscopicidade dos painéis está diretamente ligada ao tipo de adesivo utilizado, além de outras variáveis do processo de produção.

De acordo com Seller (1994) citado por Carneiro et al. (2009), a baixa resistência à umidade dos adesivos à base de ureia é devido à redução da relação molar U:F (Ureia:Formaldeído) na maioria dos adesivos, deixando grupos livres, portanto reativos para fazer ligações com as moléculas de água. Essa redução na relação molar entre a ureia e o formaldeído fez-se necessário para redução da emissão de formaldeído, principalmente em ambiente fabril.

Para as variáveis relacionadas à flexão estática (Tabela 3) são apresentados os valores médios do módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR).

**Tabela 3.** Valores médios das propriedades mecânicas relacionadas à flexão estática dos painéis em razão dos tratamentos.

**Table 3.** Mean values of mechanical properties related to the bending of the panels in the treatments.

Tratamento	Módulo de Ruptura (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)
1	11,87 a	1224,73 a
2	16,11 a	1713,01 a
3	14,66 a	1578,44 a
4	11,58 a	1195,20 a
5	11,52 a	1265,19 a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro.

A análise de variância indicou que estas propriedades não foram afetadas significativamente pela diferença de composição das partículas dos painéis.

Os valores médios apresentados para MOR mostram que os painéis dos tratamentos 1, 3, 4 e 5 apresentaram valores abaixo da norma NBR 14810 (2002), que estabelece o valor mínimo de 16 MPa para painéis de madeira aglomerada de média densidade. Verificou-se ainda que os painéis produzidos com 6% de partículas de cavaco com casca foram os que apresentaram as médias mais altas, porém sem diferença significativa das demais médias.

Para o MOE, nenhum tratamento atingiu os valores exigidos pela norma ANSI/A 208.1 (1993), que estabelece o valor mínimo de 1.900 MPa para painéis de madeira aglomerada de média densidade. A norma brasileira NBR 14810 (2002), que estabelece os requisitos para a classificação de chapas de madeira aglomerada, não define valores para o MOE.

O módulo de ruptura e o módulo de elasticidade podem ser afetados pela densidade do painel, ou seja, um aumento na densidade dos painéis resulta em aumento do módulo de ruptura.

Esse aumento na resistência dos painéis, devido à elevação da taxa de compactação, é causado pelo aumento dos pontos de contato entre as partículas. Nesse trabalho pode ser possível observar uma tendência onde o tratamento que envolveu 6% de cavaco com casca, apresentou a maior densidade e também o maior módulo de ruptura.

Para os valores de resistência da madeira à tração perpendicular (Tabela 4) todos os valores médios encontrados foram superiores ao valor mínimo estabelecido na norma ABNT 14810 (2002), de 0,35 MPa.

**Tabela 4.** Valores médios das propriedades mecânicas relacionadas à tração perpendicular dos painéis em razão dos tratamentos.

**Table 4.** Mean values of mechanical properties related to traction perpendicular panels, according to treatments.

<b>Tratamento</b>	<b>Resistência (MPa)</b>
1	0,7438 a
2	0,9791 a
3	0,7296 a
4	0,5007 a
5	0,5217 a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro.

Observou-se uma redução na resistência à tração conforme o aumento da porcentagem de partículas de cavaco com casca. Isso pode ter ocorrido pelo fato de que um aumento na quantidade de casca resulte em deficiências na ligação interna, por exemplo, a absorção do adesivo, que talvez seja prejudicada pela quantidade de casca, que tem uma porosidade e capacidade de absorção menor do que as partículas sem casca.

Segundo Vital (1973), a ligação interna aumenta, geralmente, com o aumento da densidade dos painéis, o que pode ser verificado nos resultados das densidades dos painéis, na Tabela 2, para a composição do tratamento com 6% de partículas de cavaco com casca. Os painéis produzidos com 6% de cavaco com casca apresentaram tendência de apresentarem maiores valores médios para densidade e também tração perpendicular. Esse fato pode ser atribuído à maior compactação e à maior densidade do painel, diminuindo os espaços vazios e a porosidade, resultando em uma melhor colagem. Assim, os valores da ligação interna aumentam com o aumento da razão de compactação ou com o aumento da densidade aparente.

Peixoto e Brito (2000) concluíram que painéis feitos com partículas menores apresentaram uma maior resistência à tração perpendicular quando comparados com aqueles

feitos com partículas maiores. Segundo esses autores, as partículas menores são responsáveis por uma melhor uniformização do material e redução dos espaços internos.

Para a resistência da madeira ao arrancamento de parafusos em superfície (Tabela 5) observou-se que todos os painéis produzidos atingiram o valor mínimo exigido pela norma ABNT 14810-2 (2002), de 1020 N.

**Tabela 5.** Valores médios das propriedades mecânicas relacionadas à resistência ao arrancamento de parafusos dos painéis em razão dos tratamentos.

**Table 5.** Mean values of mechanical properties related to the pullout strength of screws in the panels according to treatments.

<b>Proporção de cavaco com casca nos Painéis (%)</b>	<b>Arrancamento (N)</b>
0	1532 a
6	1930 a
12	1820 a
18	2045 a
24	1600 a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro.

Os painéis pertencentes aos tratamentos com 18 e 6% de partículas de cavaco com casca apresentaram uma tendência para os maiores valores médios de resistência ao arrancamento de parafuso. Isso pode ser atribuído à maior densidade, reduzindo os espaços vazios entre as partículas com o aumento da compactação do material.

Dacosta et al. (2005), avaliando a qualidade de painéis de partículas aglomeradas fabricadas com resíduos do processamento mecânico da madeira de *Pinus elliottii*, observaram que o aumento da densidade dos painéis conferiu maior resistência para o teste de arrancamento de parafusos.

Os valores médios encontrados para o teste de dureza Janka (Tabela 6) apresentaram-se acima do mínimo estabelecido pela norma ANSI/A1-280 (1993), de 22,70 MPa.

**Tabela 6.** Valores médios das propriedades mecânicas relacionadas à dureza Janka dos painéis em função dos tratamentos.

**Table 6.** Mean values of the mechanical properties related to Janka hardness of the panels in the treatments.

Tratamento	Dureza (MPa)
1	40,65 a
2	43,42 a
3	53,42 a
4	47,52 a
5	51,77 a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro.

Apesar de não apresentarem diferenças significativas, os painéis produzidos com 12% de partículas de cavaco com casca apresentaram uma tendência de maior dureza.

Entre os resultados encontrados para a absorção superficial de tolueno (Tabela 7), os tratamentos que apresentaram as maiores médias foram para 6 e 12% de partículas de cavaco com casca, respectivamente, porém, deve-se salientar que não houve diferença significativa entre as médias.

É importante salientar que, quanto maior a superfície percorrida pelo líquido, menor é a absorção superficial.

**Tabela 7.** Valores médios da propriedade de absorção superficial do tolueno nos painéis em função dos tratamentos.

**Table 7.** Average values of surface absorption property of toluene panels in function of the treatments.

Tratamento	Comprimento percorrido (mm)
1	57,30 a
2	64,80 a
3	64,00 a
4	53,50 a
5	51,70 a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro.

Esses valores, são consideravelmente menores que os encontrados por Akbulut e Ayrimis (2006) para painéis MDF, sendo 255,778 e 317,95 mm a distância percorrida pela gota em painéis com maior e menor teor de madeira de compressão respectivamente.

Também é possível observar que a absorção superficial é maior conforme a proporção de cavaco com casca aumenta. Da mesma forma, pode-se notar que o tratamento sem cavaco com casca, produzido apenas com partículas de eucalipto, apresentou menor média do que os

tratamentos 2 e 3, isso pode demonstrar que uma pequena porcentagem de partículas de cavaco com casca pode tornar melhor a superfície do painel.

Para os testes de absorção e inchamento (Tabela 8), todos os painéis apresentaram valores de inchamento em espessura maiores do que o prescrito pela norma NBR 14810-2 (2002) que é de 8%.

Os resultados de absorção, quando comparados com a norma DIN 68 761 (1) - 1961 (SANTANA e PASTORE, 1981), também estiveram acima de 10% e 15% para duas e vinte quatro horas, respectivamente, apenas os tratamentos com 6 e 12% de partículas de cavaco com casca, na absorção em doze horas ficaram com valores aceitáveis pela norma.

**Tabela 8.** Valores médios das propriedades de absorção e inchamento nos painéis em razão dos tratamentos.

**Table 8.** Mean values of absorption properties and swelling panels in function of the treatments.

Tratamento	Absorção		Inchamento	
	2 h (%)	24 h (%)	2 h (%)	24 h (%)
1	23,23 ab	44,50 a	15,29 abc	25,58 ab
2	15,47 b	36,43 b	10,27 c	21,48 b
3	22,14 ab	46,62 a	13,61 bc	25,54 ab
4	50,87 a	50,61 a	21,85 a	29,79 a
5	35,61 ab	47,93 a	18,55 ab	27,04 ab

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro.

Observa-se que houve efeito significativo das partículas de cavaco com casca na absorção de água após duas e vinte quatro horas de imersão. Os painéis produzidos com partículas de cavaco com casca a 6% (tratamento 2) e 12% (tratamento 3) obtiveram, de forma significativa, as menores absorções. Este fato pode ser atribuído pela melhor formação do colchão, que talvez tenha ocorrido ao acaso, diminuindo os espaços vazios entre as partículas, possibilitando uma maior ligação entre elas e reduzindo a absorção de água. A desuniformidade do colchão contribui para o aumento dos espaços vazios entre as partículas, além de reduzir o contato entre as partículas, dificultando a adesão e, conseqüentemente, permitindo maior absorção de água.

Realizando experimentos, Dacosta et al. (2005), constatou que chapas com menor quantidade de adesivo e de menores densidades foram as que obtiveram os maiores valores de absorção d'água. Esse comportamento também foi observado no presente estudo, sendo que o tratamento onde foi encontrada a maior densidade apresentou os menores valores para absorção e inchamento.

De modo geral, independente do tratamento, todos os painéis apresentaram inchamento além do prescrito pela norma DIN 68 761 (1) - 1961 (SANTANA e PASTORE, 1981), cujos valores máximos correspondem, respectivamente, a 6% e 15% para duas e vinte e quatro horas de imersão. De acordo com a norma ABNT 14810-2 (2002) todos os valores encontram-se acima do valor máximo permitido que é de 8% para duas horas.

Verificou-se que os painéis dos tratamentos com 6 e 18% de partículas de cavaco com casca foram os que mais diferiram estatisticamente no inchamento em espessura em duas e vinte quatro horas. Os painéis produzidos com 6% de partículas de cavaco com casca foram os que menos incharam, sendo estes significativamente diferentes dos demais.

Avaliando o potencial de cinco espécies de pinus tropicais para produção de painéis de madeira aglomerada, Iwakiri et al. (2001) obtiveram valores médios de inchamento em espessura após duas horas de imersão em água, variando de 25,20 % a 34,80 %; para 24 horas de imersão, a variação foi de 39,70 % a 32,70 %. No presente estudo, os valores encontrados para o inchamento em espessura, após duas horas de imersão em água, variaram de 36,43% a 50,61% e, para vinte quatro horas de imersão, a variação foi de 21,48% a 29,79%.

Pesquisas realizadas por Iwakiri et al. (1995; 1996) em painéis de madeira aglomerada, produzidos com as espécies de *Pinus elliottii*, *Mimosa scabrella* e *Eucalyptus dunnii*, encontraram valores médios de inchamento em espessura variando de 20,43 a 50,97%, para duas horas de imersão em água, e de 23,87 a 53,41%, para vinte quatro horas. Nesse estudo, os valores médios de inchamento em espessura em duas horas foram satisfatórios quando comparados aos referidos autores.

#### 4 CONCLUSÕES

Os resultados experimentais mostraram que o teor de cavaco com casca na produção dos painéis de aglomerados não contribuiu para modificar significativamente as propriedades físicas e mecânicas analisadas, com exceção das propriedades de absorção e inchamento. Esse resultado é satisfatório, pois significa que o material, que é resíduo industrial, pode ser adicionado no processo fabril para a produção de painéis, sem alterar de forma significativa a qualidade dos produtos. Para que sejam obtidos melhores resultados, seria sugerida a utilização de uma maior quantidade de adesivo, ou um aumento na pressão de prensagem.

Os painéis produzidos com a menor proporção de cavacos com casca (6%) apresentaram os melhores resultados para quase todas as propriedades analisadas, sugerindo que o aumento desta proporção tende a prejudicar os mesmos.

Para uma melhor confirmação dos fatores que influenciaram nos resultados seria necessário conhecer a porcentagem exata de casca nas partículas utilizadas.

## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pelo auxílio financeiro e à empresa Satipel Industrial S.A. pela doação do material.

## 6 REFERÊNCIAS

- AMERICAN NATIONAL STANDARD. (ANS). **Mat-formed wood particleboard:** Specification ANSI/A 208.1. 1993. Gaithersburg: National Particleboard Association, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **Chapas de madeira aglomerada – métodos de ensaio.** ABNT. NBR 14810-3. Março, 2002.
- ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF-** ano base 2009. 2010. Disponível em: <www.abraflor.org.br>. Acesso em: 13 de abril de 2010.
- AKBULUT, T.; AYRILMIS, N. Effect of compression wood on surface roughness and surface absorption of médium density fiberboard. **Silva Fennica**, Helsinki, v. 40, n. 1, p. 161-167, Nov. 2005.
- BRITO, E. O.; SÁ-ROCHA, J. D.; VIDAURRE, G. B.; BATISTA, D. C.; PASSOS, P. R. A.; MARQUES, L. G. da. C. Propriedades de chapas produzidas com resíduos do fruto de coco e partículas de Pinus. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 11, n. 2, p. 1-6, 2004.
- CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; FREDERICO, P. G. U.; CARVALHO, A. M. M. L.; VIDAURRE, G. B. Propriedades de chapas de aglomerado fabricadas com adesivo tânico de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*) e uréia-formaldeído. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.3, p.521-531, 2009.
- DACOSTA, L. P. E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; CALEGARI, L. Propriedades físicas de chapas de partículas aglomeradas fabricadas com resíduos de processamento mecânico da madeira de *Pinus elliotii* Egelm. **Ciência Florestal**, Santa Maria, vol.15, n.4, p. 421-429,2005.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 382-1:** fiberboards – determination of surface absorption, part 1- test methods for dry process fiberboard. Brussels, 1993.

HILLIG, E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e acácia-negra. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 59 -70, 2002.

IWAKIRI, S., CAPRARA A. C., SAKS, D. do C. O., GUI SANTES, F. de P., FRANZONI, J. A., KRAMBECK, L. B. P., RIGATTO, P. A. Produção de painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resinas. **Scientia Forestalis**. n.68 p.39-43, ago. 2005a.

IWAKIRI, S.; KEINERT JUNIOR, S.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; LATORRACA, J. V. F.; MENDES, L. M. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF. 2005b. 247p.

IWAKIRI, S.; KLOCK, U.; ROCHA, M.P.; SEVERO, E.T.D.; RINCOSKI, C.R.; BORTOLETTO JUNIOR, G.; PIO, N.S. Mistura de espécies na produção de chapas de partículas estruturais “waferboard”. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v.14, n.1-2, p.107-114, 1995.

IWAKIRI, S.; LATORRACA, J.V.F.; SILVA, D. A.; GABARDO, J.L.; KLITZKE, R.J.; FOFANO JUNIOR, A.; FABROWSKI, F.; INTERAMENSE, M.T. Produção de chapas de partículas de madeira aglomerada de *Pinus elliottii* (Engelm) e *Eucalyptus dunnii* (Maid). **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v.15, n.1, p.33-41, 1996.

IWAKIRI, S.; SILVA, J. R. M. da.; MATOSKI, S. L. S.; LEONHADT, G.; CARON, J. Produção de chapas de madeira aglomerada de cinco espécies de pinus tropicais. **Floresta e Ambiente**, v.8, n.1, p. 137-142, jan/dez. 2001.

MATTOS, R. L. G., GONÇALVES, R. M., CHAGAS, F. B. Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas. **BNDES Setorial**, n. 27, p. 121-156, Rio de Janeiro, mar. 2008.

PEIXOTO, G. L; BRITO, E. O. Avaliação da granulometria de partículas de *Pinus taeda* combinadas com adesivos comerciais para a fabricação de aglomerados. **Floresta e Ambiente**, v.7, n.1, p.60-67, 2000.

SANTANA, M. A. E. , PASTORE J. F. **Adesivo de tanino-formaldeído para aglomerados**. Brasília. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1981. (Série técnica, 2).

SANTOS, R.C dos. **Aproveitamento de resíduos da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*) para produção de chapas de partículas**. 2008. 159p. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2008.

SILVA, J. C. **A madeira como matéria-prima para a indústria moveleira**. Universidade Federal de Viçosa, 2006. 56p. *In: apostila*.

VITAL, B. R. **Effects of species and panel densities on properties of hardwood particleboard**. 1973. 111f. These (Master of Science - Forestry) - University of Wisconsin, Madison, 1973.