

Influência da Massa Específica nas Propriedades Físico-Mecânicas de Painéis Aglomerados

Rafael Rodolfo de Melo* e Cláudio Henrique Soares Del Menezzi**

*Professor Assistente, Mestre (Doutorando em Ciências Florestais pela Universidade de Brasília), Universidade Federal do Piauí. Campus Professora Cinobelina Elvas. Bom Jesus - PI - CEP 64900-000 BRASIL

**Professor Adjunto, Doutor em Tecnologia da Madeira Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Campus Darcy Ribeiro. Brasília - DF - CEP 70910-900 BRASIL

Sumário. O objectivo desse trabalho foi avaliar a influência da massa específica nas propriedades físico-mecânicas de chapas aglomeradas confeccionadas com partículas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. Para isso, foram testadas três densidades: 0,6; 0,7 e 0,8g/cm³. Para cada nível de densidade foram produzidos quatro painéis com as seguintes características: 8% de resina ureia-formaldeído, 1% de parafina. A prensagem foi feita a 3,0 MPa por 8 minutos a uma temperatura de 180°C. Foram retirados corpos-de-prova para ensaios físicos (massa específica, teor de humidade, absorção de água e inchamento em espessura) e mecânicos (flexão estática, tracção perpendicular à superfície do painel e resistência ao arrancamento de parafusos). De acordo com os resultados, ficou evidenciado que o aumento da massa específica proporcionou um aumento significativo nas propriedades mecânicas. Por outro lado, as propriedades de estabilidade dimensional tiveram um comportamento antagónico: maior massa específica, menor absorção e maior inchamento em espessura.

Palavras-chave: Painéis reconstituídos; massa específica; propriedades físico-mecânicas

Influence of the Density in Physical-Mechanical Properties of Particleboards

Abstract. This paper aimed at evaluating the effect of the board density on physical and mechanical properties of particleboards made from *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. Three board densities were tested: 0.6, 0.7, and 0.8g/cm³. For each density level four boards were manufactured as follow: 8% urea-formaldehyde resin, 1% wax, 180°C hot-pressing for 8 minutes and 3.0 MPa. For each treatment, samples for the physical assays (density, moisture content, water absorption and thickness swelling) and mechanical assays (static bending, internal bonding and screw withdrawal) had been removed. Results indicated relations between board density and properties evaluated, with the best relations for mechanical properties, that increased with panels' densification. The water absorption reduced with increased board density and thickness swelling, as an inverse behavior presented.

Key words: Particleboards; density; physical-mechanical properties.

Influence de la Masse Spécifique dans les Propriétés Physico – Mécaniques de Panneaux Agglomérés

Résumé. L'objectif de ce travail a été d'évaluer l'influence de la masse spécifique dans les propriétés physico-mécaniques de plaques agglomérées confectionnées avec des particules d'*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. Pour cela, ont été expérimentées trois densités: 0.6; 0.7 et 0.8g/cm³. Pour chaque niveau de densité ont été produits quatre panneaux avec les caractéristiques suivantes: 8% de résine urée-formaldéhyde, 1% de paraffine. Le pressage a été fait à 3.0 MPa pendant 8 minutes à une température de 180°C. Ont été prélevés des échantillons pour des expérimentations physiques (masse spécifique, teneur d'humidité, absorption d'eau et enflure dans épaisseur) et mécaniques (flexion statique, traction perpendiculaire à la surface du panneau et résistance à l'arrachement de vis). Conformément aux résultats, il a été prouvé que l'augmentation de la masse spécifique a fourni une augmentation significative dans les propriétés mécaniques. D'autre part, les propriétés de stabilité dimensionnelle ont eu un comportement antagonique: a plus grande masse spécifique, moindre absorption et plus grande enflure dans épaisseur.

Mots clés: plaques de particules; masse spécifique; propriétés physico-mécaniques.

Introdução

No Brasil, os painéis aglomerados começaram a ser produzidos na década de 60. Na época, por se tratar de um produto novo no mercado nacional, o aglomerado passou por inúmeros questionamentos, principalmente, quanto às limitações técnicas, como alta absorção de água, inchamento em espessura, usinabilidade das bordas e problemas quanto à fixação de parafusos. Com o passar do tempo e a incorporação de novas tecnologias no processo, tais como, melhor seleção da matéria-prima, distribuição das partículas em camadas ou graduadas, uso de parafina, controle do gradiente vertical de densidade, adequação dos sistemas de prensagem e sistemas de parafusamento mais eficientes, visando minimizar tais problemas, o aglomerado tornou-se uma das principais matérias-primas utilizadas pelo sector moveleiro nacional (MELO, 2009). Segundo MATTOS *et al.* (2008), o painel aglomerado convencional é, actualmente, o tipo de painel mais produzido e consumido no mundo e no Brasil, com a produção mundial

superando os 100 milhões de metros cúbicos. O Brasil é apenas o nono na lista dos maiores produtores, com aproximadamente 2% da produção mundial, a qual é encabeçada pelos Estados Unidos (21%), Canadá (12%) e Alemanha (11%). Mais de 95% de toda a produção brasileira é utilizada apenas para o abastecimento do mercado interno.

MOSLEMI (1974) e KELLY (1977) destacam que a qualidade dos painéis aglomerados está relacionada com a interação de diversos factores, dentre eles, a matéria-prima (espécie, massa específica, geometria das partículas, acidez e teor de extractivos), a razão de compactação (relação entre a massa específica da madeira e a do painel produzido), o adesivo (tipo, quantidade e qualidade), o teor de humidade do colchão, o sistema de prensagem (pressão, temperatura, tempo de fechamento da prensa e tempo de prensagem).

Assim como para a madeira, a massa específica é um dos parâmetros que mais influenciam qualidade dos painéis produzidos. IWAKIRI (2005) afirma que

geralmente os painéis aglomerados comerciais são produzidos com massa específica entre 0,60 e 0,70 g/cm³ e que a massa específica apresenta significativa relação com as propriedades dos painéis. Para KELLY (1977), uma maior massa específica proporciona aos painéis maior resistência mecânica, em contrapartida, painéis mais densificados demonstram geralmente menor estabilidade dimensional, o que pode estar relacionado às liberações das tensões de compressão.

A massa específica final do painel não depende apenas da quantidade de partículas no colchão, mas também de variáveis de processamento da prensagem, tais como: matéria-prima (espécie); humidade das partículas; quantidade de aditivos (adesivo, parafina, preservantes), entre outros. Além da massa específica média do painel, a forma como esta se distribui verticalmente (gradiente vertical de densidade), também é influenciada por variáveis de processamento tais como: tempo de prensagem; tempo de fechamento da prensa; e pressão exercida durante a prensagem. Para VIGNOTE e JIMÉNEZ (1996), a variação entre a massa específica da camada interna e da externa pode ser superior a 100%, aspecto que pode influenciar significativamente as propriedades dos painéis, principalmente a resistência à flexão e a tracção perpendicular à superfície do painel.

A influência da massa específica final do painel sob a sua resistência mecânica possui uma relação directamente proporcional (MOSLEMI, 1974; KELLY,

1977; MALONEY, 1993), no entanto, a relação com as propriedades físicas aparentemente não é bem definida (SUCHSLAND, 1973; AVRAMIDIS e SMITH, 1989; HASELEIN *et al.*, 1989). Apesar disso, ZHOW (1990), encontrou altas correlações entre a massa específica das chapas com a absorção de água e o inchamento em espessura. Nesse contexto, o presente trabalho objectivou avaliar a influência da massa específica nas propriedades físicas e na resistência mecânica de painéis aglomerados confeccionados com partículas da madeira de *Eucalyptus grandis*.

Material e métodos

Obtenção da matéria-prima (partículas)

Foram produzidos painéis aglomerados com a massa específica nominal pré-estabelecida em 0,60, 0,70 e 0,80 g/cm³, sendo quatro unidades para cada nível de densidade. As partículas utilizadas foram obtidas de pranchas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden (indivíduos de aproximadamente 15 anos, abatidos em povoamentos homogêneos localizados na cidade de Santa Maria-RS, Região Sul do Brasil), as quais foram resserradas em cortes perpendiculares a grã, passadas em um moinho de facas (*flaker*) e, em seguida, em uma forrageira agrícola, utilizando uma peneira com diâmetro de 8 mm (Figura 1). As partículas geradas foram classificadas, sendo utilizadas aquelas retidas entre as malhas 3 e 1 mm.

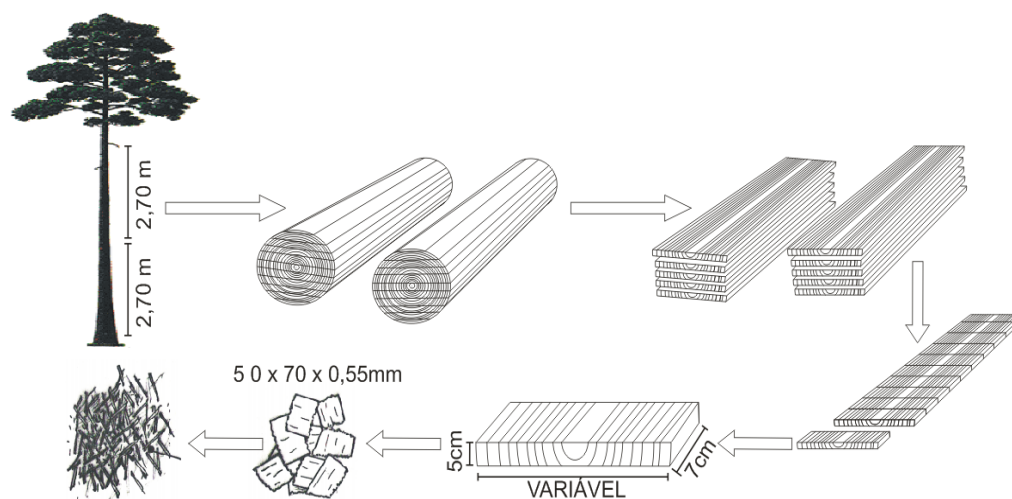


Figura 1 - Sequência do processamento para obtenção das partículas de *Eucalyptus grandis* utilizadas na confecção dos painéis

Manufactura dos painéis

As partículas seleccionadas foram condicionadas em estufa a 60°C durante 24 horas, onde alcançaram humidade de equilíbrio de aproximadamente 3%. As chapas foram produzidas utilizando 8% de adesivo (ureia-formaldeído, com viscosidade de 350 Cp e teor de sólidos de 65%) e 1% de parafina, com base no peso seco das partículas. O adesivo e a parafina foram aplicados sobre as partículas por meio de pistola accionada por compressor de ar em um tambor rotativo. Do mesmo modo, foi aplicada a quantidade de água necessária para que o teor de humidade do colchão atingisse 10%. Após a aplicação dos aditivos, foi retirada da massa do colchão uma

pequena amostra de 50 g para a determinação do teor de humidade do colchão, e quando esta apresentava uma variação superior à $\pm 2\%$ da estimada, o material era descartado e o processo repetido. Posteriormente, a massa de partículas era levada a uma caixa formadora (molde de madeira), com as dimensões 50 x 50 x 20 cm (c x l x h), onde foi realizada a pré-prensagem manual. Em seguida, a prensagem definitiva foi realizada em prensa hidráulica, sendo utilizados os seguintes parâmetros: temperatura de 180°C; tempo de fechamento da prensa de 40 segundos; pressão de 3,0 N/mm²; tempo total de prensagem de 8 minutos (Figura 2).



Figura 2 - Sequência adoptada no processo produtivo dos painéis. Da esquerda para direita: secagem das partículas em estufa; tambor rotativo; aplicação do adesivo/parafina/água; prensagem manual a frio do colchão em caixa formadora; colchão pós-prensagem manual; e prensagem definitiva a quente em prensa hidráulica

Ensaio realizados

Os painéis confeccionados foram dispostos em câmara climatizada (20°C e 65% de humidade relativa) até atingirem massa constante. Para avaliação da qualidade das chapas produzidas, foram realizados ensaios físicos e mecânicos adoptando as recomendações da norma American Society for Testing and Materials - ASTM D 1037 (1999).

De cada painel, foram retiradas amostras para os ensaios de teor de humidade, massa específica, absorção de água, inchamento em espessura, ligação

interna, flexão estática e resistência ao arrancamento de parafusos, conforme ilustrado na Figura 3.

Avaliação dos resultados

Os resultados obtidos foram avaliados por análise de regressão linear, estimado as propriedades físicas e mecânicas dos painéis em função de sua massa específica. Para a comparação entre os tratamentos, foi utilizada a análise de variância com posterior comparação das médias pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

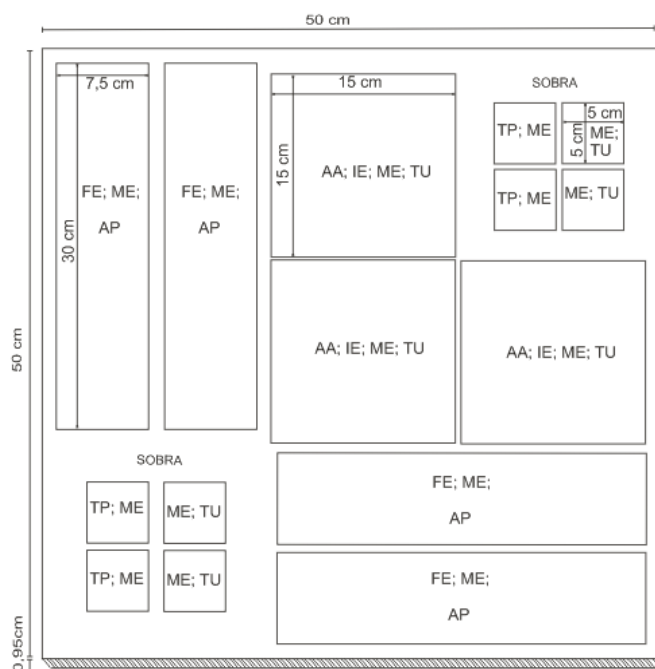


Figura 3 - Modelo de corte das chapas para a confecção dos corpos-de-prova (FE = flexão estática; ME = massa específica; TU = teor de humidade; AP = arrancamento de parafusos; AA = absorção de água; IE = inchamento em espessura; TP = tracção perpendicular a superfície do painel)

Resultados e discussão

Propriedades físicas

Na Figura 4, pode ser observada a variação da massa específica para os diferentes tratamentos avaliados. Além das variações entre os tratamentos, foram evidenciadas variações entre painéis de um mesmo tratamento e, entre amostras originadas de uma mesma chapa. Essas variações ocorrem durante a manufatura dos compostos e têm como principal causa variações na massa, no teor de humidade e na falta de homogeneidade de distribuição das partículas no colchão (HILLIG *et al.*, 2004; MELO *et al.*, 2009). Para os painéis produzidos com massa nominal equivalente a $0,80\text{g/cm}^3$, mesmo nas amostras mais densas os valores não atingiram o esperado, com a variação dessas amostras ficaram entre $0,74$ e $0,79\text{g/cm}^3$. Para o tratamento com massa específica nominal de $0,70\text{g/cm}^3$, o valor

médio observado também foi inferior ao pré-estabelecido. Possivelmente, isso tenha ocorrido por perdas de aditivos (adesivo e parafina) no momento da aplicação pela aderência nos instrumentos (HILLIG *et al.*, 2002; DACOSTA *et al.*, 2005a; PEDRAZZI *et al.*, 2006; MELO *et al.*, 2009).

No Quadro 1 encontram-se a massa específica nominal e observada (MEN e MEO) e, os teores de humidade do colchão e de equilíbrio (TUc e TUEq) atingido pelos painéis após aclimação. Nas comparações entre médias, foi verificada diferença significativa para os valores de massa específica observada e não significativa para o teor de humidade de equilíbrio. Esses resultados dão maior confiabilidade para chegar ao objectivo proposto, já que a massa específica e o teor de humidade dos painéis apresentam reconhecida influência sob as propriedades dos painéis (HASELEIN *et al.*, 2002).

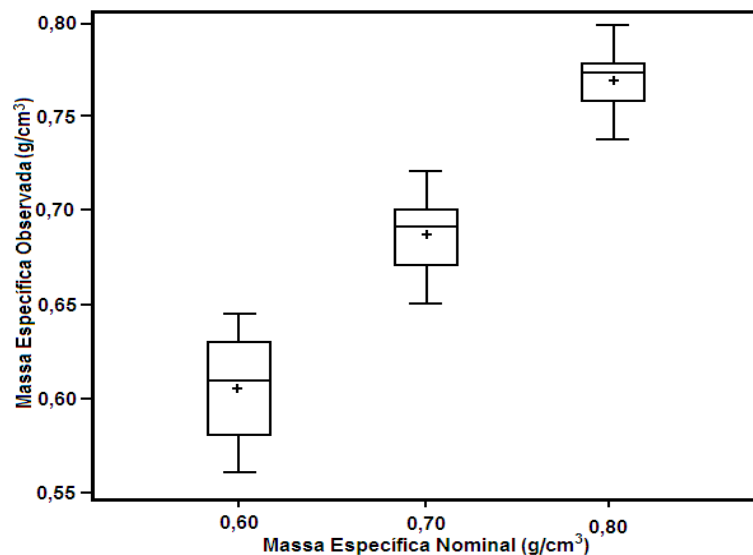


Figura 4 - Variação da massa específica para os diferentes tratamentos

Quadro 1 - Valores médios de massa específica nominal e observada (MEn e MEo) e, de teor de humidade do colchão e de equilíbrio (TUc e TUEq)

Tratamento	MEn (g/cm ³)	MEo (g/cm ³)	TUc (%)	TUEq
T1	0,60	0,61 a	9,88	8,43 a
T2	0,70	0,68 b	8,96	8,51 a
T3	0,80	0,77 c	8,78	8,39 a

Médias seguidas por uma mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente

Os índices que qualificam os painéis quanto à sua estabilidade dimensional podem ser observados no Quadro 2. Para absorção de água (AA) após 2 horas de imersão, não foi verificada variação significativa entre os diferentes níveis de densidades, no entanto, quando imersas por 24 horas, as amostras de maior massa específica (T3) obtiveram absorção inferior às demais. Quanto ao inchamento em espessura (IE), houve diferenciação já com 2 horas de imersão, tendo as amostras de menor massa específica (T1), apresentado maior estabilidade dimensional, fato que se repetiu às 24 horas. Esse resultado está de acordo com o mencionado por KELLY (1977), que painéis mais densificados apresentam geralmente uma maior instabilidade dimensional. Entretanto, inúmeros outros aspectos podem influenciar este parâmetro, tais como, razão de compactação, liberação de tensões geradas na prensagem, variáveis relacionadas ao ciclo de prensagem, quantidade e qualidade de aditivos (adesivo e parafina), dentre outros, não sendo a massa específica, isoladamente, um parâmetro adequado para predição da estabilidade dimensional de painéis. A exemplo disso, NAKAMURA e SOBRAL FILHO (1982), não verificaram influência significativa do aumento da massa

específica sob o inchamento em espessura e a expansão linear de painéis aglomerados.

Mesmo os tratamentos de maior estabilidade dimensional obtiveram valores de inchamento superiores aos exigidos pela norma EN 312 (1997), que estabelece o inchamento máximo de 6 e 15% às 2 e 24 horas respectivamente, para painéis confeccionados com adesivos uréicos (EUROPEAN STANDARDS, 1997). Entretanto, a norma de comercialização ANSI 208.1 (American National Standards Institute - ANSI, 1987), considera aceitável até 35% de IE às 24 horas, a qual foi atendida por todos os tratamentos avaliados. DEL MENEZZI *et al.* (1996), ao estudarem painéis aglomerados produzidos com madeira de *Pinus* e *Eucalyptus*, também observaram uma estabilidade dimensional considerável para painéis produzidos com 100% da madeira de *Eucalyptus urophylla*.

Na Figura 5 pode ser observada a influência da massa específica dos painéis na absorção de água e no inchamento em espessura das chapas após 24 horas de imersão. A partir da distribuição dos dados, foram geradas equações lineares significativas ($p \leq 0,01$) para predição dessas propriedades a partir da massa específica dos painéis.

Quadro 2 - Comparações entre médias de absorção de água (AA) e inchamento em espessura (IE), as 2 e 24 horas, em função da massa específica

Tratamento	AA2 (%)	AA24 (%)	IE2 (%)	IE24 (%)
T1	13,56 a	44,63 a	8,98 b	28,59 a
T2	14,37 a	41,05 a	8,68 b	32,80 b
T3	13,98 a	36,57 b	11,25 a	33,90 b

Médias seguidas por uma mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente

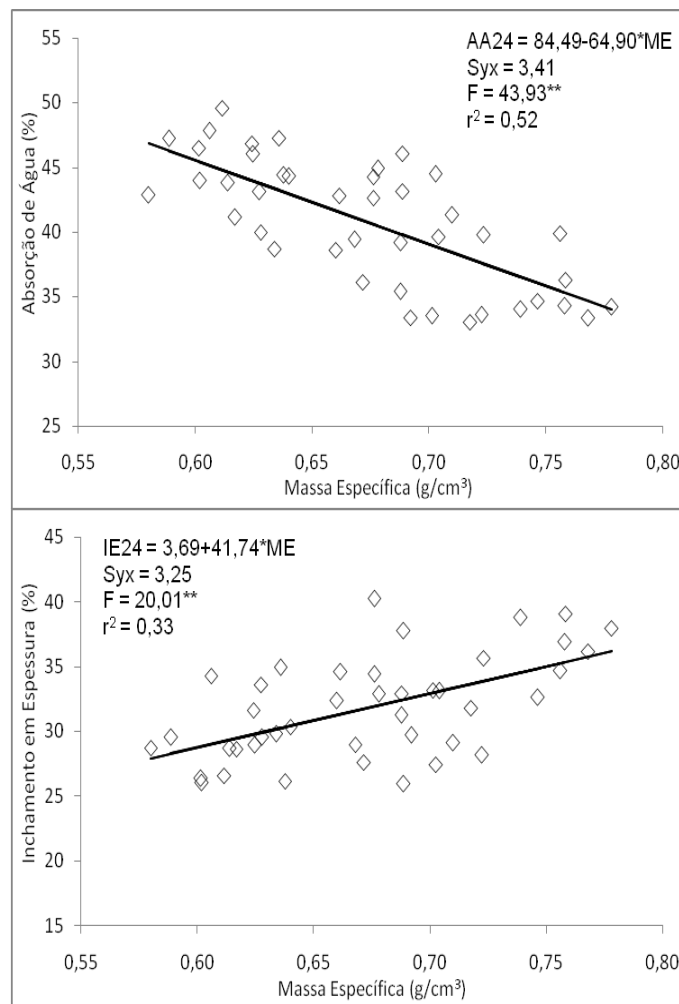


Figura 5 - Equações ajustada para a absorção de água e o inchamento em espessura, às 24 horas, em função da massa específica

Na absorção de água, foi observada uma tendência de redução com o aumento da massa específica, enquanto, no inchamento em espessura, foi observado comportamento inverso. Em estudos realizados por ALBUQUERQUE (2002) e DACOSTA *et al.* (2005a), também foi observado que o aumento da massa específica dos painéis proporcionou uma menor absorção de água e um maior inchamento em espessura. Acredita-se, que maior absorção de água em painéis de menor densidade tenha ocorrido por existir um maior volume de espaços vazios que possam ser ocupados por água. Já para o inchamento em espessura, painéis mais densos têm maior material e assim a contribuição do inchamento higroscópico é maior. Ademais, requerem também maior tensão de compressão durante a prensagem, que são liberadas quando o painel entre em contacto com a água.

Para SUCHSLAND (1973), a relação entre a estabilidade dimensional e a massa específica de painéis não é bem definida. O autor destaca que diferente da madeira sólida, que geralmente apresenta inchamento superior em madeiras mais densas, para chapas isto não ocorre necessariamente. VITAL e

WILSON (1980) destacaram em seu trabalho, que o efeito da densidade da chapa na estabilidade dimensional do painel depende do nível de humidade a que o painel é exposto. Em condições de baixa humidade relativa, o inchamento em espessura independe da densidade, enquanto em exposição a altas humidades relativas aumenta com o aumento da densidade.

Resistência mecânica

Os valores de resistência mecânica dos painéis produzidos podem ser observados no Quadro 3. Para todas as propriedades avaliadas, o aumento da massa específica de 0,60 para 0,80 g/cm³ proporcionou um aumento na resistência mecânica dos painéis. Resultados semelhantes foram observados por vários autores, dentre eles, HASELEIN *et al.* (2001), ALBUQUERQUE (2002), HILLIG *et al.* (2002), DACOSTA *et al.* (2005b), IWAKIRI (2005) e IWAKIRI *et al.* (2008). Assim como para a madeira maciça, esse comportamento é tido como padrão para chapas confeccionadas a partir de matéria-prima e processos semelhantes (MOSLEMI, 1974; MALONEY, 1993).

Quadro 3 - Comparações entre médias do módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR), resistência ao arrancamento de parafusos (AP) e ligação interna (LI)

Tratamento	MOE (MPa)	MOR (MPa)	AP (N)	LI (MPa)
T1	1.398 c	14,62 c	710 c	0,28 b
T2	1.656 b	16,71 b	891 b	0,31 b
T3	1.922 a	18,53 a	966 a	0,35 a

Médias seguidas por uma mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente

Para os resultados do Módulo de Elasticidade (MOE), os valores médios variaram entre 1.398 a 1.922 MPa. A norma ANSI A 208.1 (ANSI, 1987) apresenta como mínimo valor requerido para esta variável 1.800 MPa, para painéis de média densidade (0,60 a 0,85 g/cm³), tendo apenas o T3 satisfeito essa exigência. Já para o Módulo de Ruptura (MOR), o valor requerido é de 11 MPa, condição que foi alcançada por todos os tratamentos, que apresentaram variação de 14,62 a 18,53 MPa. A mesma norma define ainda para resistência ao arrancamento de parafuso (AP) e ligação interna (LI) os valores mínimos de 1000 N e 0,40 MPa, respectivamente. Nenhum dos tratamentos avaliados alcançou em valor médio estas exigências. HASELEIN *et al.* (1989), destacaram em seus estudos que uma das principais dificuldades de utilização da madeira de espécies do género *Eucalyptus* para manufactura de painéis, trata-se de seu inchamento excessivo e difícil colagem das partículas (baixa resistência a ligação interna).

Além da massa específica do painel, outro factor pode ter influenciado significativamente a resistência à flexão e à tracção perpendicular dos painéis trata-se do gradiente vertical de densidade. Esse gradiente pode ser influenciado pelo tipo de matéria-prima e factores relacionados à prensagem, como tempo de prensagem, tempo de fechamento da prensa e pressão. VITAL (1973), ao estudar diferentes espécies de madeira utilizadas na manufactura de painéis aglomerados, verificou que a resistência à flexão dos painéis foi significativamente influenciada pela maior densificação das camadas externas das chapas. Já para a resistência a ligação interna, foi basicamente influenciada

pela densidade da camada interna da chapa.

A relação estimada por regressão linear para os parâmetros de resistência e rigidez dos painéis podem ser observados na Figura 6. Para ambos os casos (MOE e MOR), foram observados elevados coeficientes de determinação ($r^2 = 0,81$ e $0,82$), o que indica que é possível estimar estas propriedades dos painéis, a partir dos dados de massa específica, com certo nível de precisão. IWAKIRI *et al.* (2008), também observaram elevadas correlações para MOE e MOR em flexão estática e compressão paralela, de painéis produzidos com madeira de *Pinus* spp. e resina à base de ureia-formaldeído.

Na Figura 7 podem ser observadas as relações entre a massa específica com as variáveis de resistência ao arrancamento (AP) de parafuso e ligação interna (LI) dos painéis. Para esses casos, a AP apresentou uma boa relação com massa específica dos painéis ($r^2 = 0,73$). Já para a LI foi observado que menos da metade da variação desta variável pode ser explicada pela massa específica.

ZHOW (1990) ao estudar a influência da massa específica de painéis em suas propriedades físico-mecânicas, verificou que painéis de maior massa específica apresentam maior resistência mecânica e menor estabilidade dimensional. ALBUQUERQUE (2002) encontrou resultados similares, mas, observou uma menor absorção de água para painéis de maior densidade. IWAKIRI *et al.* (2008) também verificaram altas correlações entre a massa específica e a resistência mecânica de chapas aglomeradas, com excepção a ligação interna, que dentre os parâmetros estudados, foi o único em que não se obteve alta correlação.

MARRA (1992), destaca ainda que quanto maior a massa específica do painel, maior deverá ser a quantidade de adesivo a ser aplicada. Isso se torna necessário, pois chapas mais densificadas apresentam maiores quantidades de partículas e, conseqüentemente, necessitam de mais adesivo para proporcionar uma colagem de qualidade.

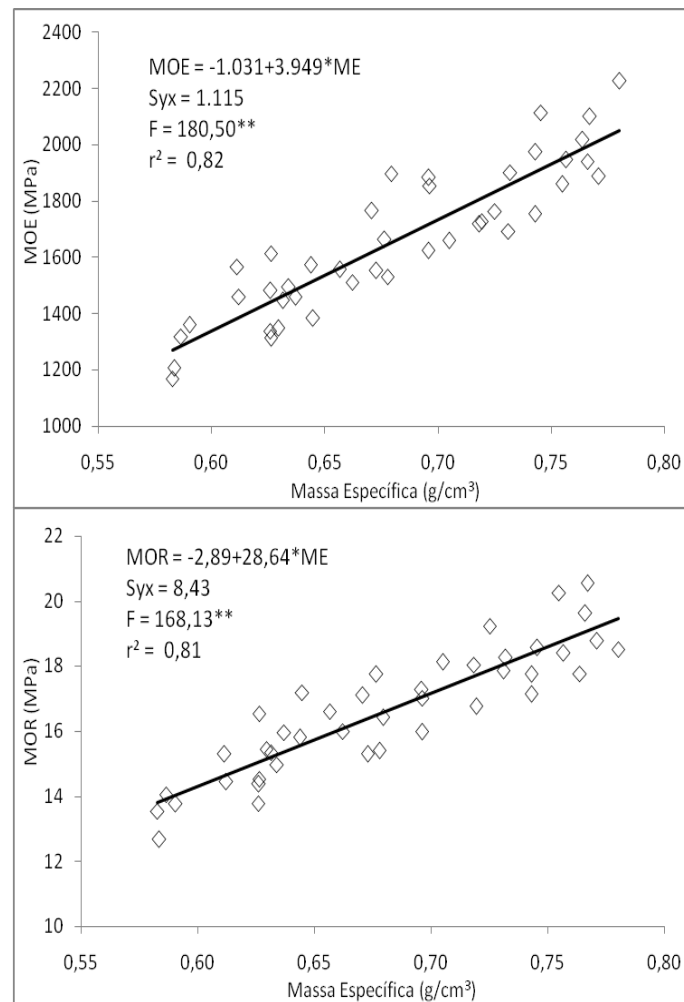


Figura 6 - Equações ajustadas para o MOE e MOR obtido por ensaio de flexão estática em função da massa específica

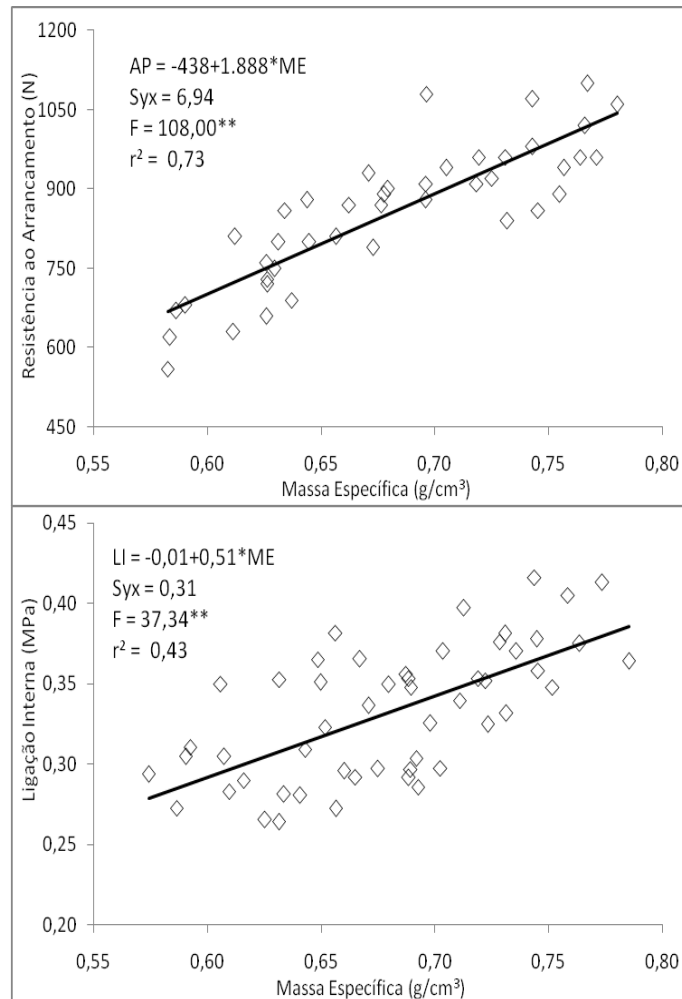


Figura 7 - Equações ajustadas para resistência ao arrancamento de parafuso e ligação interna, em função da massa específica

Conclusões

A partir dos valores de massa específica dos painéis, para o intervalo estudado, foi possível gerar equações significativas para estimativa das propriedades físico-mecânicas das chapas. Os parâmetros obtidos pelo ensaio de flexão estática, MOR e MOE, aliada a resistência ao arrancamento de parafuso, foram os que melhor se

relacionaram com a massa específica. As propriedades físicas dos painéis, dimensionadas pelos ensaios de absorção de água e inchamento em espessura, e a resistência à colagem das partículas (ligação interna), obtiveram coeficientes de determinação relativamente baixos, indicando que outras variáveis além da massa específica influenciam essas variáveis.

Bibliografia

- ALBUQUERQUE, C.E.C., 2002. *Interações de variáveis no ciclo de prensagem de aglomerados*. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, 150 pp.
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE - ANSI-A-208.1. *Mat-formed wood particleboard*. New York, 1987.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM D-1037, 1999. Standard test methods for evaluating properties of wood-based fiber and particle panel materials. *Annual Book of ASTM Standards*, Philadelphia, v.04.09.
- AVRAMIDIS, S., SMITH, L.A., 1989. The effect of resin content and face-to-core ratio on some properties of oriented strand board. *Holzforschung* **43**(2): 131-133.
- DACOSTA, L.P.E. *et al.*, 2005a. Propriedades físicas de chapas de partículas aglomeradas fabricadas com resíduos de processamento mecânico da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. *Ciência Florestal* **15**(4): 421-429.
- DACOSTA, L.P.E. *et al.*, 2005b. Qualidade das chapas de partículas aglomeradas fabricadas com resíduos do processamento mecânico da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. *Ciência Florestal* **15**(3): 311-322.
- DEL MENEZZI, C.H.S., SOUZA, M.R., GONÇALEZ, J.C., 1996. Fabricação e avaliação tecnológica de chapa aglomerada de mistura de *Eucalyptus urophylla* T.S. Blake e *Pinus ocarpa* Schiede. *Revista Árvore* **20**(3): 371-379.
- EUROPEAN STANDARDS - EN 312, 1997. Particleboards Specifications - *Requirements for boards for interior fitments (including furniture) for use in dry conditions*. Brussels.
- HASELEIN, C.R. *et al.*, 2001. Resistência à flexão de alguns painéis aglomerados comercializados no Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal* **11**(1): 195-200.
- HASELEIN, C.R., VITAL, B.R., DELLALUCIA, R.M., 1989. Fabricação de chapas de aglomerado com madeiras de eucalipto (*Eucalyptus grandis* (W. Hill ex-Maiden) e de embaúba (*Cecropia* sp). *Revista Árvore* **13**(2): 134-145.
- HASELEIN, C.R. *et al.*, 2002. Resistência mecânica e à umidade de painéis aglomerados com partículas de madeira de diferentes dimensões. *Ciência Florestal* **12**(2): 127-134.
- HILLIG, E., HASELEIN, C.R., SANTINI, E.J., 2004. Estabilidade dimensional de chapas aglomeradas estruturais (flakeboards) fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e acácia-negra. *Scientia Forestalis* **65**: 80-94.
- HILLIG, E., HASELEIN, C.R., SANTINI, E.J., 2002. Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e acácia-negra. *Ciência Florestal* **12**(1): 59-70.
- IWAKIRI, S. *et al.*, 2008. Influência da massa específica na resistência mecânica de painéis aglomerados. *Floresta* **38**(3): 487-493.
- IWAKIRI, S., 2005. *Painéis de madeira reconstituída*. Curitiba: FUPEF, 247 pp.
- KELLY, M.R., 1977. *Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard*. USDA/FS: Madison, 10 pp. (General Technical Report FPL-10).
- MALONEY, T.M., 1993. *Modern particleboard & dry-process fiberboard*. San Francisco: Miller Freeman, 681pp.
- MARRA, A.A., 1992. *Technology of wood bonding*. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 453 pp.
- MATTOS, R.L.G., GONÇALVES, R.M., CHAGAS, F.B., 2008. Painéis de madeira Brasil: panorama e perspectivas. *BNDS Setorial* **27**: 121-156.
- MELO, R.R., 2009. *Propriedades físico-mecânicas e resistência a bioterrorizadores de chapas aglomeradas constituídas por diferentes proporções de madeira e casca de arroz*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, 77 pp.

- MELO, R.R. *et al.*, 2009. Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz. *Ciência Florestal* **19**(4): 449-460.
- MOSLEMI, A.A., 1974. *Particleboard*. Carbondele: Southern Illinois Press, v.1. 244 pp.
- NAKAMURA, R.M., SOBRAL FILHO, M., 1982. *Aglomerado de mistura de espécies tropicais da Amazônia*. Brasília: IBDF, 7 pp.
- PEDRAZZI, C. *et al.*, 2006. Qualidade de chapas de partículas de madeira aglomerada fabricadas com resíduos de uma indústria de celulose. *Ciência Florestal* **16**(2): 201-212.
- SUCHSLAND, O., 1973. Hygroscopic thickness swelling and related properties of selected commercial particleboards. *Forest Products Journal* **23**(7): 26-30.
- VIGNOTE P.S., JIMÉNEZ P.F.J., 1996. *Tecnología de la madera*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 602 pp.
- VITAL, B.R., 1973. *Efects of species and panel densities on properties of hardwood particleboard*. Dissertação (Magister in Forestry), University of Wisconsin, Madison-WI, 111 pp.
- VITAL, B.R., WILSON, J.B., 1980. Efeito da geometria dos flocos e partículas, da densidade da chapa e do tipo de adesivo nas propriedades mecânicas das chapas de madeira aglomerada. *Revista Árvore* **4**(2): 179-187.
- ZHOW, D., 1990. A study of oriented structural board made from hybrid poplar. Physical and mechanical properties of OSB. *Holz Als Roh Und Werkstoff* **48**(7-8): 293-296.

Entregue para publicação em Setembro de 2009
Aceite para publicação em Janeiro de 2010