

DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO DE PAINÉIS FABRICADOS COM BAMBÚ (*Bambusa vulgaris* Schr.) EM COMBINAÇÃO COM MADEIRA

Leandro Calegari¹, Clóvis Roberto Haselein², Tobias Lori Scaravelli³, Élio José Santini², Diego Martins Stangerlin⁴, Darci Alberto Gatto⁵, Rômulo Trevisan⁶

(recebido: 9 de maio de 2006; aceito: 29 de novembro de 2006)

RESUMO: Considerando a importância de produtos derivados do bambu para alguns países e a escassez de madeira em muitas regiões do Brasil, este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade de chapas aglomeradas compostas por partículas de madeira de *Eucalyptus sp.* e partículas e tiras de bambu (*Bambusa vulgaris* Schr.). Os painéis foram produzidos com densidade de 0,60 g/cm³ e 10% de adesivo uréia-formaldeído. Também foi avaliada a influência da epiderme dos colmos sobre as propriedades dos painéis. As chapas foram constituídas por cinco camadas: miolo (partículas de madeira de *Eucalyptus sp.* ou bambu), camadas de reforço das faces (fatias de bambu) e faces de acabamento (partículas de mesma natureza que a do miolo). A prensagem ocorreu a 120°C, durante 8 minutos. Nenhum dos tratamentos satisfaz os padrões de qualidade estabelecidos pelas normas A208.1 (ANSI, 1987) e DIN 68761 (1)-1961, (3)-1971 (GERMAN STANDARDS COMMITTEE, 1971). No entanto, chapas aglomeradas produzidas exclusivamente por bambu ou combinadas com madeira apresentaram comportamento similar às chapas produzidas exclusivamente de madeira, mostrando ser uma alternativa viável. Devido à irregular distribuição das camadas no colchão, os módulos de ruptura (MOR) e elasticidade (MOE) apresentaram-se semelhantes em todos os tratamentos. A ausência da epiderme apenas tendeu a reduzir o inchamento em espessura (2 e 24 horas) e ligação interna, sem apresentar diferença estatística significativa. Deste modo, outros parâmetros de produção de chapas aglomeradas utilizando bambu, tais como densidade e teor de adesivo, devem ser investigados para verificar se a retirada da epiderme é um procedimento realmente vantajoso.

Palavras-chave: Bambu, *Bambusa vulgaris* Schr., chapas aglomeradas, uréia-formaldeído.

PHYSICAL AND MECHANICAL BEHAVIOR OF PANELS MANUFACTURED WITH BAMBOO (*Bambusa vulgaris* Schr.)-WOOD COMBINATION

ABSTRACT: Considering the importance of derived products from bamboo for some countries and the wood shortage in some areas of Brazil, this work analyzed the quality of boards composed by particles of *Eucalyptus sp.* and bamboo strips (*Bambusa vulgaris* Schr.). The panels were produced with a density of 0.60 g/cm³ and 10% of urea-formaldehyde adhesive. The influence of the epidermis on the properties of the panels was also evaluated. The panels were constituted by five layers: core (*Eucalyptus sp.* or bamboo particles), layers of reinforcement (bamboo strips) and finish faces (particles of same nature as the core). The press time was 8 minutes, at 120°C. None of the treatments satisfied the quality patterns established by A208.1 (ANSI, 1987) and DIN 68761 (1)-1961, (3)-1971 (GERMAN STANDARDS COMMITTEE, 1971) codes. However, particleboards produced exclusively by bamboo or combined with wood presented a similar behavior to those produced exclusively of wood, showing to be a viable alternative. The modulus of rupture (MOR) and elasticity (MOE) were approximately the same in all treatments due to the irregular distribution of the layers in the mattress. The absence of epidermis tended to reduce the thickness swelling (2 and 24 hours) and internal bond strength, however, without significant statistical difference. Therefore, other parameters of production of boards using bamboo, such as density and adhesive content, should be investigated in order to check whether the removal of epidermis is a really advantageous procedure.

Key words: bamboo, *Bambusa vulgaris* Schr., particleboard, urea-formaldehyde.

1 INTRODUÇÃO

O bambu é uma planta fibrosa pertencente à família Gramineae ou Poaceae, subfamília Bambusoideae (AZZINI et al., 1997). É composta de aproximadamente 45 gêneros e

1 300 espécies espalhadas pelo mundo (TARGA, 1997). Conforme Vital & Haselein (1988), é difundido em todo território nacional, sendo que as principais espécies são *Bambusa vulgaris* Schr., *Bambusa tuldoides*, *Dendrocalamus giganteus* e *Phyllostachys sp.*

¹Doutorando em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa/UFV – Centro de Ciências Agrárias – Avenida P.H. Rolfs s/n – Campus – 36570-000 – Viçosa, MG – leandrocalegari@yahoo.com.br

²Professor do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM – 97105-900 – Santa Maria, RS – haseleic@ccr.ufsm.br

³Engenheiro Florestal, Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM – Campus Universitário – 97105-900 – Santa Maria, RS.

⁴Engenheiro Florestal, Mestrando em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM – Campus Universitário – 97105-900 – Santa Maria, RS.

⁵Professor do Curso de Engenharia Industrial Madeireira da Universidade Federal de Pelotas/UFPEl – Cx. P. 354 – 96.010-900 – Pelotas, RS.

⁶Doutorando em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM – Campus Universitário – 97.105-900 – Santa Maria, RS.

Existem países enxergando o bambu como um dos meios alternativos para aumentar a produtividade agrícola, gerar emprego e estimular a indústria, como ocorre na China, Nepal, Filipinas e Havaí. Nestes países, o bambu tem sido atualmente objeto de pesquisas e desenvolvimento prático. Entre os variados estudos conduzidos com bambu, Cheng et al. (2006) citam as técnicas de preservação, secagem, curvatura, propriedades de colagem, acabamento e produção de chapas (laminadas e aglomeradas).

Assim, o bambu tem emergido como um excelente material para substituir a madeira, a qual está tornando-se escassa em muitas regiões do País. O interesse nesta cultura tem crescido em nível mundial por ser um recurso perene, renovável, de rápido crescimento, grande produtividade por área, baixo custo e diversidade na utilização, além de ser considerado um excelente sequestrador de carbono.

Segundo dados do INBAR (2001), na Índia, a indústria moderna papeleira utiliza 2,2 milhões de toneladas de bambu. Cita também que novos produtos, como painéis e pisos de bambu, foram recentemente desenvolvidos e rapidamente aceitos nos mercados mundiais. A fabricação de móveis de bambu é um negócio em expansão. Entre 1985 e 1994, as exportações dobraram nas Filipinas, passando de 625 mil para 1,2 milhões de dólares americanos. Além disso, o uso do bambu na culinária é muito antigo, sendo que Taiwan é um grande exportador deste produto.

Segundo Ganapathy et al. (2002), o primeiro painel de bambu foi produzido na China em 1940. Deste então, cerca de 28 tipos de painéis foram desenvolvidos. Entretanto, da sua totalidade, apenas alguns como o *bamboo mat board* e o *bamboo strip board* são provenientes de detalhadas investigações e produzidos em escala industrial. Entre os países produtores, destacam-se a China, Índia, Tailândia, Vietnã, Canadá, Costa Rica e Malásia.

Polpa e celulose para confecção de papel são as maiores utilizações industriais do bambu como matéria-prima em nosso país. Targa (1997) cita que a produção nacional de celulose a partir do bambu foi de aproximadamente 17 500 toneladas (1,4 % da produção), apesar de sua comprovação da viabilidade de utilização.

Muitas propriedades presentes nos colmos de bambus são similares às da madeira. No entanto, devido a características peculiares, devem ser submetidos a tratamentos antes de serem utilizados. Estes tratamentos incluem a remoção da epiderme e dos nós (internos e externos), tratamento preservativo, cozimento e secagem (GANAPATHY et al., 2002).

Conforme Xu et al. (1998), as faces externas (epiderme) e interna dos colmos devem ser retiradas. A face externa é recoberta por cera para prevenir a perda de água, o que prejudica a colagem. Já a face interna apresenta propriedades mecânicas inferiores às do restante do material.

Cheng et al. (2006) submetem lâminas de bambu (*Phyllostachys edulis*) em solução contendo 30% de água oxigenada e posterior vaporização a 145°C e pressão de 3,5 kg/cm², para a retirada de amido e açúcares, por atrair insetos, e para homogeneizar sua coloração. No entanto, concluíram que a resistência dos painéis laminados foi reduzida pela aplicação desses tratamentos.

Entretanto, trabalhos foram realizados sem que os colmos de bambus de variadas espécies (*Bambusa vulgaris*, *Phyllostachys pubescens*, *Dendrocalamus asper*) sofressem qualquer tratamento prévio, tais como os realizados por Hiziroglu et al. (2005), Lee et al. (1996, 1997), Papadopoulou et al. (2004), Vital & Haselein (1988) e Xu et al. (1998).

Lee et al. (1996), Papadopoulou et al. (2004) e Vital & Haselein (1988), observaram que, de modo geral, painéis produzidos com inclusão de bambu atingiram os valores mínimos exigidos para comercialização. Vital & Haselein (1988) analisaram as propriedades de chapas aglomeradas produzidas com partículas de embaúba (*Cecropia* sp.) e *Bambusa vulgaris*, misturadas em diferentes proporções. Somente as chapas produzidas apenas com bambu não atingiram os valores mínimos. Este mesmo tratamento apresentou baixo valor de resistência à tração, mostrando que as partículas de bambu não se aderiram muito bem. Papadopoulou et al. (2004) concluíram que partículas de *Bambusa vulgaris* podem ser utilizadas para produzir chapas para uso interno empregando baixa dosagem de uréia-formaldeído (10%), quando comparada a quantidade necessária estabelecida na norma considerada. Já Lee et al. (1996) produziram chapas aglomeradas de *Phyllostachys pubescens* utilizando diferentes alinhamentos de flocos.

Hiziroglu et al. (2005), Lee et al. (1996, 1997) e Xu et al. (1998) descreveram como principal vantagem da inclusão de bambu em painéis, o aumento das propriedades relacionadas à flexão (módulos de ruptura - MOR e elasticidade - MOE).

Lee et al. (1996) concluíram que o alinhamento dos flocos proporcionou efeito significativo nas propriedades de flexão, quando comparadas às chapas produzidas com flocos dispostos aleatoriamente. Lee et al. (1997) analisaram a inclusão de tiras de *Phyllostachys pubescens* nas faces

de vigas produzidas com chapas de pinus. Observaram aumento do MOE e MOR de 2,0 e 3,4 vezes, respectivamente, quando comparados às vigas sem reforço de bambu. Xu et al. (1998) observaram melhoria nas propriedades de flexão quando *Phyllostachys pubescens* e juta foram adicionados a painéis laminados de madeira (*Shorea* spp.). Teste da resistência à colagem mostraram que a juta apresentou boa adesão com as lâminas de madeira. Já o bambu caracterizou-se pela falha no adesivo, apresentando-se fraco. Da mesma forma, Hiziroglu et al. (2005) observaram melhores propriedades mecânicas, com destaque para as relacionadas à flexão, em painéis de partículas de *Dendrocalamus asper* e eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), produzidos nas proporções 50:50 e 100:0, respectivamente, quando comparadas às demais combinações. A inclusão de palha de arroz também foi avaliada, mostrando-se significativamente prejudicial. Portanto, ocorreu boa interação entre partículas de bambu e madeira.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade de chapas aglomeradas estruturais compostas por camadas de *Eucalyptus* sp. e bambu (*Bambusa vulgaris* Schr.), coladas com adesivo à base de uréia-formaldeído. Para o bambu, avaliou-se a influência da epiderme e seu uso como camada de reforço.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados um total de 120 indivíduos adultos de bambus, os quais foram obtidos de área pertencente à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Os colmos foram cortados a uma altura média de 8 m da base. De ambas as extremidades e na parte central de cada colmo, foram retiradas amostras para a determinação da densidade básica (peso seco/volume saturado).

Dividiu-se cada colmo em seções de 2 m cada e, no Laboratório de Produtos Florestais/UFSM, metade deles foram lixados para a retirada de sua epiderme. Posteriormente, tanto os colmos lixados como os não-lixados foram abertos no sentido longitudinal e imersos em água a fim de aumentar a exposição da sua face interna, para facilitar seu processo de trituração.

O primeiro processo de trituração dos colmos foi realizado em moinho de martelos ausente de peneira, obtendo-se fragmentos de grandes dimensões. Após sua secagem em estufa (60°C), este material foi peneirado em malha grossa (2,5 cm de diâmetro), obtendo-se assim o bambu no formato de tiras, sendo armazenado em sacos.

O material que passou pela peneira foi novamente triturado no moinho de martelos, porém, com a acoplagem de uma peneira com orifício de 3 mm de diâmetro, obtendo-se partículas de menor tamanho. Posteriormente, esse material foi peneirado em malhas de 4 x 4 e 1 x 1 mm, objetivando melhor seleção do material e retirada dos finos, sendo então armazenados. Essas partículas de bambu foram então armazenadas da mesma forma que as tiras.

Já as partículas industriais de madeira de *Eucalyptus* sp. foram obtidas de uma indústria de base florestal, sendo armazenadas da mesma forma que as anteriores.

O tamanho médio das partículas/tiras utilizadas são mostradas na Tabela 1.

As chapas confeccionadas foram constituídas por cinco camadas, sendo: miolo (partículas de *Eucalyptus* sp. ou bambu), camadas de reforço das faces (tiras de bambu) e faces de acabamento (material de mesma natureza que a do miolo). Tratamento testemunha composto exclusivamente de partículas de madeira também foi confeccionado (Tabela 2).

Tabela 1 – Tamanho das partículas utilizadas.

Table 1 – Average size of the used particles.

Material	Tipo	Epiderme	Dimensões médias ¹ (mm)		
			Comprimento	Largura	Espessura
<i>Bambusa vulgaris</i>	tira	presente	142,0	3,3	1,6
	tira	ausente	152,8	3,5	1,6
	partícula	presente	13,7	1,7	1,5
	partícula	ausente	12,9	1,4	1,3
<i>Eucalyptus</i> sp.	partícula	---	32,9	3,8	2,1

Em que: 1- Valor médio de 100 repetições.

Tabela 2 – Relação dos tratamentos utilizados na confecção das chapas.**Table 2** – *Treatments used for board manufacturing.*

Tratamento	Miolo e faces		Reforço das faces	
	Tipo de partícula	Epiderme	Tipo de tiras	Epiderme
1 - testemunha	madeira	----	----	----
2	bambu	presente	----	----
3	bambu	ausente	----	----
4	madeira	----	bambu	ausente
5	madeira	----	bambu	presente
6	bambu	ausente	bambu	ausente
7	bambu	ausente	bambu	presente
8	bambu	presente	bambu	ausente
9	bambu	presente	bambu	presente

As chapas aglomeradas foram produzidas aleatoriamente, com 3 repetições por tratamento. Portanto, confeccionou-se um total de 27 chapas. A densidade nominal (peso seco/volume ao teor de umidade de equilíbrio) foi definida em 0,60 g/cm³. Utilizou-se 10 % de adesivo à base de resina uréia-formaldeído. O sal correspondeu a 10% do peso de adesivo e 1% de parafina em relação ao peso seco das partículas também foi utilizada. Estabeleceu-se em 11% o teor de umidade do colchão, sendo que considerou-se esta variando entre 9 e 13%. As camadas de reforço corresponderam a 40% do peso seco das chapas.

O adesivo, parafina, água e sal foram misturados às partículas/tiras com o auxílio de um tambor de laboratório e pistola de ar comprimido. Retirou-se do tambor 2 amostras da mistura, para cada colchão, a determinação do seu teor de umidade. Cada colchão foi então montado num molde (40 x 40 cm) e pré-prensado à temperatura ambiente durante 3 minutos. O colchão foi definitivamente prensado, durante 8 minutos, a 120°C e pressão específica de 45 kgf/cm². A espessura final das chapas foi estabelecidas em 0,95 cm.

Logo após os painéis terem sido retirados da prensa, observou-se que a grande diferença de tamanho entre as tiras e partículas fez com que essas não apresentassem as distintas camadas, mas sim uma mistura, uma vez que as partículas, por apresentarem menor tamanho, penetravam no interior das camadas de tiras de bambu.

As chapas, assim como os corpos-de-prova (amostras) obtidos destas, foram mantidas em câmara climatizada (T= 20°C e UR= 65%) até a realização dos testes físico-mecânicos. Os corpos-de-prova foram medidos e

pesados para a obtenção de sua densidade, dada pela razão entre o peso seco (0% de umidade) e volume ao teor de umidade de equilíbrio.

Os testes físico-mecânicos foram realizados segundo a norma ASTM D 1037 (ASTM, 1995). Os resultados foram analisados por meio de testes de médias, utilizando o método de Fisher, ao nível de 5% de probabilidade de erro. Os valores médios foram então comparados aos padrões de qualidade exigido pelas normas ANSI A208.1 (ANSI, 1987) e DIN 68761 (1)-1961, (3)-1971 (GERMAN STANDARDS COMMITTEE, 1971). A norma DIN 68761 (1)-1961, (3)-1971 (GERMAN STANDARDS COMMITTEE, 1971) estabelece inchamento em espessura máxima de 6 e 15% após 2 e 24 horas, respectivamente, de imersão em água. Também estabelece valor mínimo de 3,5 kgf/cm² para a resistência à ligação interna. A norma ANSI A208.1 (ANSI, 1987), para chapas de média densidade, estabelece valores mínimos de MOR e MOE de 112 e 17 590 kgf/cm², respectivamente. Já o valor mínimo para a resistência ao arrancamento de parafuso é estabelecido em 102 kgf.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade básica média dos colmos de bambu, obtidas de 180 amostras, foi de 0,63 g/cm³. A densidade aparente das chapas, determinada pela razão entre seu peso seco e volume ao teor de umidade de equilíbrio, apresentou valor médio de 0,58 g/cm³, apresentando diferença estatística significativa entre os tratamentos, a um nível de confiança de 95%. O mesmo fato ocorreu com relação ao teor de umidade de equilíbrio, apresentando valor médio de 8,5% (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios reais das características das chapas com relação aos tratamentos.

Table 3 – Average values of the board characteristics related to the treatments.

Tratamento	Densidade aparente ¹ (g/cm ³)	Teor de umidade de equilíbrio ² (%)
1	0,57 abc ³	8,70 bc
2	0,59 d	8,32 ab
3	0,58 cd	8,04 a
4	0,55 a	9,18 d
5	0,56 ab	8,91 cd
6	0,59 cd	8,22 a
7	0,59 d	8,75 c
8	0,58 bcd	8,20 a
9	0,58 bcd	8,12 a
Média	0,58	8,50

Em que: 1= Razão entre peso seco (0% de umidade) e volume ao teor de umidade de equilíbrio; 2= temperatura de 20°C e umidade relativa de 65%; 3=Valores seguidos pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste *Least Significant Difference* (LSD) de Fisher.

Os valores médios das propriedades físicas e mecânicas das chapas, em função dos tratamentos, são apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente. Devido à variação involuntária de densidade ocorrida em relação aos tratamentos, esta foi corrigida pela Análise de Covariância.

Considerando a norma DIN 68761 (1)-1961, (3)-1971 (GERMAN STANDARDS COMMITTEE, 1971), observa-se que somente os tratamentos 2 e 6 atingiram valores aceitáveis para o inchamento após 2 horas de imersão em água. Para o inchamento após 24 horas, estes mesmos tratamentos atingiram valores levemente superiores ao máximo estabelecido, sendo que o restante dos tratamentos atingiram valores não aceitáveis. O tratamento 1 (testemunha), foi o que apresentou valor de ligação interna mais próximo ao aceitável por esta norma. No entanto, assim como nos demais tratamentos, não atingiu o valor mínimo requerido.

Baseando-se na norma ANSI A208.1 (ANSI, 1987), somente os tratamentos 3 e 9 não são aceitáveis com relação ao MOR. Para o MOE, os tratamentos 7, 8 e 9 apresentaram-se levemente inferior ao mínimo estabelecido, sendo que os demais tratamentos apresentaram-se superiores.

Tabela 4 – Contraste relativo às propriedades físicas das chapas para os tratamentos.

Table 4 – Contrast related to the board physical properties for the treatments.

Tratamento	Absorção d'água (%)		Inchamento em espessura (%)	
	2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
1	12,95 a	66,87 a	8,21 abcd	46,21 d
2	14,24 a	65,58 a	3,78 a	17,93 a
3	21,31 a	73,83 a	6,58 ab	24,44 ab
4	13,22 a	65,31 a	6,18 ab	45,32 d
5	12,60 a	63,44 a	9,00 bcd	39,97 cd
6	19,81 a	68,23 a	4,03 a	18,92 a
7	17,55 a	74,13 a	6,93 abc	32,26 bc
8	35,48 b	73,12 a	11,41 cd	29,31 abc
9	38,97 b	70,35 a	12,08 d	36,33 bcd

Em que: 1- Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste LSD de Fisher.

Tabela 5 – Contraste relativo às propriedades mecânicas das chapas para os tratamentos.

Table 5 – Contrast related to the board mechanical properties for the treatments.

Tratamento	MOE (kgf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)	L.I. (kgf/cm ²)	R.A.P.(kgf)
1	26 916 a ¹	118,8 a	2,48 f	37,18 a
2	22 502 a	122,3 a	1,82 e	35,46 a
3	20 158 a	101,9 a	1,30 d	28,75 a
4	18 427 a	135,0 a	0,98 bcd	27,57 a
5	24 297 a	144,2 a	0,85 abc	31,18 a
6	23 921 a	117,3 a	1,17 cd	25,93 a
7	16 629 a	114,7 a	0,61 a	40,05 a
8	16 328 a	114,6 a	0,76 ab	40,03 a
9	16 110 a	108,6 a	0,57 a	26,17 a

Em que: L.I.= Ligação interna; R.A.P.= resistência ao arrancamento de parafuso; 1- Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste LSD de Fisher.

Portanto, de modo geral, pode-se afirmar que as propriedades relacionadas à flexão apresentaram-se boas para todos os tratamentos analisados. Já a resistência ao arrancamento de parafusos apresentou-se muito baixa, sendo que em todos os tratamentos, os valores obtidos foram inferiores à metade do valor estabelecido pela norma.

Portanto, nenhum dos tratamentos apresentaram, simultaneamente, propriedades físicas e mecânicas aceitáveis pelas normas. No entanto, de modo geral, os melhores tratamentos foram o 2 e o 6, inclusive com relação às chapas compostas somente por madeira (testemunha). Este tratamento testemunha somente atingiu valores aceitáveis com relação às propriedades relacionadas à flexão. O fato deste tratamento não ter atingido os valores exigidos demonstra que houve falha em algum parâmetro de produção. Irregularidade da distribuição do adesivo durante sua aplicação também não pode ser ignorada.

Pela Tabela 4, observa-se que a absorção d'água após 2 horas apenas apresentou-se estatisticamente diferente em dois tratamentos analisados. De modo semelhante, a absorção após 24 horas não apresentou diferença significativa. Com relação ao inchamento em espessura, ocorreu diferença significativa entre os tratamentos, para ambos os tempos de imersão. De modo geral, o uso do bambu, puro ou em combinação, proporcionou redução do inchamento, sendo, portanto benéfico.

Comparando-se os tratamentos que se diferem apenas quanto à epiderme (presença ou ausência), de modo geral, observa-se que a ausência da epiderme proporcionou redução do inchamento, sem apresentar, no entanto, diferença estatística significativa. Este fato deve-se provavelmente, à melhor adesão entre as partículas/tiras de bambu quando utilizada sem a presença da epiderme. Esse comportamento é comprovado pela resistência à ligação interna (Tabela 5), onde ocorre o mesmo comportamento observado no teste de inchamento.

As propriedades relacionadas à flexão não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. No entanto, o MOE mostrou-se levemente não-significativo ($p=0,059$). De modo distinto ao observado por Lee et al. (1996, 1997) e Xu et al. (1998), o uso das tiras de bambu como reforço não mostrou-se eficaz para o MOE, sendo que os tratamentos que não envolveram seu uso (1, 2 e 3) apresentaram, de modo geral, melhores valores que os demais. Essa ineficiência do reforço provavelmente deve-se à mistura das tiras e partículas que ocorreu durante a

pré-prensagem. Lee et al. (1996) observaram que a orientação das partículas favorecem as propriedades de flexão. Portanto, a ausência de orientação das tiras também contribuiu para sua ineficiência.

A resistência ao arrancamento de parafusos não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos.

4 CONCLUSÕES

Em vista dos resultados apresentados, pode-se concluir:

Nenhum dos tratamentos satisfaz os padrões mínimos de qualidade físico-mecânicas estabelecidas pelas normas ANSI A208.1 (ANSI, 1987) e DIN 68761 (1)-1961, (3)-1971 (GERMAN STANDARDS COMMITTEE, 1971). No entanto, o uso de colmos de bambu (*Bambusa vulgaris* Schr.) mostrou ser uma alternativa viável para a produção de chapas aglomeradas, uma vez que se comportou de maneira similar às chapas produzidas exclusivamente por partículas de madeira.

As propriedades relacionadas à flexão (MOE e MOR) apresentaram-se, de modo geral, aceitáveis em todos os tratamentos, incluindo os que não envolveram o uso de tiras de bambu como reforço. Essas propriedades teriam sido melhoradas, quando do uso de camadas de reforço, se tivesse ocorrido uma melhor distinção entre as camadas do colchão (miolo e reforço) e orientação das tiras formadoras do reforço.

Comparando-se os tratamentos que se diferenciaram quanto à ocorrência da epiderme, observa-se que a ausência dessa proporcionou redução do inchamento em espessura (2 e 24 horas) e ligação interna, sem apresentar, no entanto, diferença estatística significativa.

Outros parâmetros de produção de chapas aglomeradas utilizando bambu, tais como densidade e teor de adesivo, devem ser investigados para verificar se a retirada da epiderme é um procedimento realmente vantajoso.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **Particleboard**: ASNI A208.1. New York, 1987.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials**: D 1037-93. Philadelphia, 1995.

- AZZINI, A.; SANTOS, R. L.; PETTINELI JÚNIOR, A. **Bambu: material alternativo para construções rurais**. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. 18 p. (Boletim técnico, 171).
- CHENG, J. L.; MING, J. T.; SONG, Y. W. Nondestructive evaluation techniques for assessing dynamic modulus of elasticity of moso bamboo (*Phyllostachys edulis*) lamina. **Journal of Wood Science**, Tokyo, v. 52, n. 1, p. 1-6, Jan. 2006.
- GANAPATHY, P. M.; HUAN-MING, Z.; ZOOLAGUD, S. S. **Bamboo panel boards: a state of the art review**. Beijing, 2002. Disponível em: <http://www.inbar.int/publication/txt/INBAR_Technical_Report_No12.htm>. Acesso em: 20 mar. 2006.
- GERMAN STANDARDS COMMITTEE. Deutschen Normenausschuss. **Specifications for particleboards**. Holtz, 1971. (DIN 68761 (1)-1961 (3)).
- HIZIROGLU, S.; JARUSOMBUTI, S.; FUEANGVIVAT, V. Properties of bamboo-rice straw-eucalyptus composite panels. **Forest Products Journal**, Madison, v. 55, n. 12, p. 221-225, Dec. 2005.
- INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN. **O Bambu**. Disponível em: <<http://www.inbar.int/portuguese/bamboo.htm>>. Acesso em: 19 set. 2001.
- LEE, A. W. C.; BAI, X.; BANGI, A. P. Flexural properties of bamboo-reinforced southern pine OSB beams. **Forest Products Journal**, Madison, v. 47, n. 6, p. 74-78, June 1997.
- LEE, A. W. C.; BAI, X.; PERALTA, P. N. Physical and mechanical properties of strandboard made from Moso bamboo. **Forest Products Journal**, Madison, v. 46, n. 11/12, p. 84-88, Nov./Dec. 1996.
- PAPADOPOULOS, A. N.; HILL, C. A. S.; GKARAVELI, A. Bamboo chips (*Bambusa vulgaris*) as an alternative lignocellulosic raw material for particleboard manufacture. **Holz Roh Werkst**, [S.l.], v. 62, p. 36-39, Jan. 2004.
- TARGA, M. S. **Determinação de parâmetros hidráulicos e avaliação econômica de tubos de bambu-gigante (*Dendrocalamus giganteus*), para utilização em drenagem**. 1997. 173 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1997.
- VITAL, B. R.; HASELEIN, C. R. Qualidade de chapas de aglomerado produzidas com embaúba (*Cecropia* sp.) e bambu (*Bambusa vulgaris*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 12, n. 2, p. 134-145, 1988.
- XU, H.; TANAKA, C.; NAKAO, T.; KATAYAMA, H. Mechanical properties of plywood reinforced by bamboo or jute. **Forest Products Journal**, Madison, v. 48, n. 1, p. 81-85, Jan. 1998.