

Influência da Qualidade das Lâminas no Desempenho Mecânico à Flexão de Painéis Compensados de *Hevea brasiliensis*

Hernando Alfonso Lara Palma¹, Javier Farago Escobar²,
Adriano Wagner Ballarin³, Elaine Cristina Leonello²

¹Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônimas – FCA, Universidade Estadual Paulista – UNESP

²Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Faculdade de Ciências Agrônimas – FCA, Universidade Estadual Paulista – UNESP

³Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônimas – FCA, Universidade Estadual Paulista – UNESP

RESUMO

Depois de concluída a fase principal de exploração comercial do látex (cerca de 30 anos), os plantios de seringueira apresentam-se como fonte alternativa de madeira para serraria e para outros produtos à base de madeira com valor agregado superior ao da lenha, tendência já consagrada em países do sudeste asiático. O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a influência do módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas no desempenho mecânico à flexão de painéis compensados de *Hevea brasiliensis*. Para este estudo, as lâminas de seringueira foram selecionadas em três classes de módulo de elasticidade dinâmico, definidas como baixo (de 4887-7323 MPa), médio (de 8200-8948 MPa) e alto (de 10979-13010 MPa) módulo de elasticidade. Foram confeccionados painéis compensados com cinco tratamentos, variando-se as classes das lâminas utilizadas e seus arranjos. Os resultados obtidos revelaram influência significativa dos tratamentos na resistência à flexão dos painéis. Os painéis com melhor desempenho mecânico foram confeccionados exclusivamente com lâminas de alto e médio módulo de elasticidade dinâmico. Os painéis que utilizaram lâminas com baixo módulo de elasticidade apresentaram menor desempenho mecânico, mesmo quando elas estavam combinadas com lâminas de alto módulo.

Palavras-chave: seringueira, classificação, módulo de elasticidade dinâmico, flexão estática.

Influence of Veneer Quality on the Mechanical Performance in the Bending of Plywood Made from *Hevea brasiliensis*

ABSTRACT

After concluding the main phase of commercial exploration of latex (about 30 years ago), rubber wood plantations can be utilized as an alternative source of wood for sawmills and other wood based products with more aggregate value; tendency already confirmed in countries of southeastern Asia. The main purpose of this research was to evaluate the influence of dynamic modulus of elasticity veneers on the mechanical performance in the bending of plywood made from *Hevea brasiliensis*. For this study, rubber tree veneers were sorted in three classes of dynamic modulus of elasticity: low (from 4887-7323 MPa), medium (from 8200-8948 MPa) and high (from 10979-13010 MPa). Panels were produced according to five treatments with different veneer classes and arrangements. Results showed significant effect of the treatments in the mechanical performance in the bending of panels. Panels with better mechanical performance were produced exclusively with medium and high dynamic modulus of elasticity. Panels made with low modulus of elasticity veneers presented lower mechanical performance even when combined with high modulus of elasticity veneers.

Keywords: rubber wood, classification, dynamic modulus of elasticity, static bending.

1. INTRODUÇÃO

Devido às dificuldades crescentes na obtenção de matérias-primas para a produção de lâminas e compensados provenientes de florestas nativas e também de espécies plantadas tradicionais, principalmente no Estado de São Paulo, torna-se importante o estudo da utilização de espécies alternativas para suprir a demanda por madeiras de qualidade para a indústria de laminados.

A cultura da seringueira, estabelecida com o objetivo principal de produção de látex, apresenta também boas perspectivas como fornecedora de matéria-prima para o segmento de produtos laminados, pela sua disponibilidade de grandes áreas plantadas no Estado e outras regiões do Brasil e por ser uma espécie de rápido crescimento (Monteiro et al., 2006).

Diversos trabalhos internacionais relatam práticas consolidadas de agregação de valor à madeira da seringueira pelo seu uso, ao final do ciclo produtivo de látex, na produção de serrados em geral e outros produtos à base de madeira (Killmann, 2001).

Quanto ao desempenho físico mecânico desses produtos, embora a literatura internacional contemple vários trabalhos relativos à madeira serrada (Lay-Thong & Heok-Choh, 1994; Balsiger et al., 2000; Matan & Kyokong, 2003), o mesmo não acontece com os painéis compensados de *Hevea brasiliensis*, que têm a Indonésia e Tailândia como líderes na sua produção (FAO, 1999). Na literatura nacional, não há trabalhos relatando o desempenho físico-mecânico da madeira do gênero *Hevea* e sua influência nas propriedades de produtos laminados, sendo este um fator do uso desses produtos.

O painel de compensado tem múltiplas aplicações. Suas características mecânicas, grandes dimensões e variedades de tipos adaptáveis a cada uso constituem os principais atributos para justificar a ampla utilização deste material. A designação do uso final destes painéis é função da espécie, da qualidade das lâminas, do arranjo e do tipo de adesivo usado na fabricação de painéis.

De uma forma geral, os compensados podem classificar-se em dois grupos: compensados estruturais (aplicados principalmente na construção civil como fôrma de concreto, pisos, alma de vigas, etc.) e não estruturais (utilizados principalmente na construção de móveis, constituinte de divisórias, ou outro tipo de objeto que não requer carga excessiva para uso interior). Esta classificação depende dos valores das propriedades físicas e mecânicas definidas por normas técnicas. A classificação dos painéis depende também do tipo de aplicação (exposição) em função do tipo de resina utilizado (Garbe, 2009).

O conhecimento das propriedades físico-mecânicas dos compensados é uma informação importante para os vários tipos de usos destes painéis, pois estas refletem diretamente a qualidade da produção do painel.

Neste sentido, este estudo teve como objetivo principal avaliar a influência das propriedades das lâminas de seringueira no desempenho mecânico à flexão de painéis compensados de dimensões comerciais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Matéria-prima

Para este estudo foram utilizadas 24 árvores do clone RRIM600, provenientes de plantios de *Hevea brasiliensis* com 30 anos de idade da região de Macauba – SP – Brasil (latitude 20° 43' S, longitude 49° 56" O e altitude de 516 m), cujo manejo foi realizado visando apenas à exploração do látex.

A laminação foi realizada em torno automático de marca BENATO S.A. com comprimento de laminação mínima de 120 cm e diâmetro mínimo das garras de arrasto de 12 cm. Foram produzidas lâminas com dimensões nominais de 2,3 mm de espessura, 1225 mm de largura e 2380 mm de comprimento. Posteriormente, as lâminas foram secas até um teor de umidade de 6-8%.

2.2. Classificação de lâminas secas

As lâminas foram classificadas através de dois métodos:

- Método visual - realizado pela indústria com base no tipo, quantidade e dimensões dos defeitos apresentados nas lâminas, atribuídos através da inspeção visual, conforme estabelecido pela prática industrial, uma vez que não existe norma específica para esta espécie de madeira.
- Método não destrutivo - as lâminas secas e selecionadas visualmente foram classificadas segundo o módulo de elasticidade dinâmico (E_d) obtido pelo método de ondas de tensão, com uso do *Stress Wave Timer*, modelo Metriguard 238A (Figura 1). O módulo de elasticidade dinâmico (E_d) foi calculado utilizando a Equação 1:

$$E_d = v^2 \cdot \rho_{apar} \quad (1)$$

em que: E_d : módulo de elasticidade dinâmico; v : velocidade de propagação da onda de tensão; ρ_{apar} : densidade (aparente) do material.

A medição foi realizada na direção longitudinal da região central das lâminas, posicionando-se os acelerômetros com afastamento de 1,8 m, centralizado no painel.

A partir da obtenção dos valores individuais do módulo de elasticidade dinâmico (E_d) na direção longitudinal, as lâminas foram classificadas em três grupos: baixo, médio e alto módulo de elasticidade. As faixas de valores de cada grupo foram determinadas estatisticamente a partir da função densidade de probabilidade (Figura 3).

Depois das lâminas classificadas nestes três grupos, foram montados os painéis compensados de acordo com cinco tratamentos pré-estabelecidos.

2.3. Produção e montagem dos painéis compensados

Para a produção e montagem dos painéis compensados, foram classificadas 432 lâminas inteiras, das quais foram selecionadas para a confecção de painéis compensados, 96 lâminas de baixo valor do MOE, 78 lâminas de médio valor do MOE e 32 lâminas de alto valor do MOE.

Os painéis compensados foram fabricados na Indústria de Compensados Caribea S.A. em São Manuel, SP, composto de 9 lâminas com dimensões comerciais de 20,7 × 1100 × 2380 mm.

As variáveis do processo de fabricação dos compensados foram escolhidas de acordo com as condições industriais vigentes. Assim, o adesivo utilizado foi à base de resina fenol-formaldeído (CR-7010 da Schenectady Crios S.A.- partes em peso de 100, 10 e 10 para resina, farinha de trigo e água, respectivamente), gramatura da cola de 400 g/m² por linha dupla de colagem, umidade das lâminas entre 4 e 6%, temperatura de prensagem 130 °C, pressão de prensagem 1,0 MPa. e tempo de prensagem de 1 minuto por milímetro de espessura nominal do painel.

Os painéis compensados foram fabricados atendendo a cinco tratamentos, descritos a seguir:

- T1 - Homogêneo baixo (painéis produzidos somente com lâminas de baixo módulo de elasticidade dinâmico).



Figura 1. Ensaios não destrutivos nas lâminas. a) geração da onda com impacto do pêndulo; b) equipamento de ondas de tensão (*Stress Wave Timer*).

Figure 1. Non-destructive tests in the veneers. a) wave generation with impact of the pendulum; b) stress wave timer equipment.

- T2 – Combinado baixo (painéis produzidos com lâminas de alto módulo de elasticidade dinâmico na face e contraface e baixo módulo de elasticidade dinâmico no miolo).
- T3 – Alternado (painéis produzidos com lâminas alternadas de alto e baixo módulo de elasticidade dinâmico).
- T4 – Homogêneo médio (painéis produzidos somente com lâminas com médio módulo de elasticidade dinâmico).
- T5 – Combinado médio (painéis produzidos com lâminas de alto módulo de elasticidade dinâmico na face e contraface; e médio módulo de elasticidade dinâmico no miolo).

Para cada tratamento foram feitas três repetições, perfazendo um total de 15 painéis compensados.

2.4. Ensaio de flexão estática nos painéis compensados

A determinação das propriedades do módulo de elasticidade (E_s) e da resistência (f_M) na direção longitudinal e transversal dos painéis foi realizada em corpos de prova com dimensões de 19,2 mm de altura (espessura do painel), 50 mm de largura e 568 mm de comprimento, seguindo-se as recomendações da norma NBR 9533 (ABNT, 1986) para painéis de madeira compensada. Os ensaios foram realizados na Máquina Universal de Ensaio DL 30000 MF, eletromecânica e computadorizada, fabricada pela EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda., (Figura 2).

Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Ensaio de Materiais do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Botucatu, com os corpos de prova acondicionados à temperatura de 20 ± 3 °C e umidade relativa de 65 ± 5 %.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Classificação das lâminas

Nas Tabelas 1-3, são apresentados os valores do módulo de elasticidade dinâmico (E_d) obtidos dos ensaios de ondas de tensão na direção longitudinal das lâminas.

Pelas Tabelas 1-3, observa-se que os módulos de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas variam de 4887-13010 MPa. Os coeficientes de variação observados foram de 5,96-20,80%.

Para a produção dos painéis compensados, estão apresentadas as faixas de módulo de elasticidade dinâmico (E_d) com as respectivas frequências das lâminas nas cinco classes definidas (Tabela 4), das quais, foram selecionadas lâminas das classes baixo, médio e alto.

Na Figura 3, é apresentada a distribuição de frequência do módulo de elasticidade dinâmico (E_d)

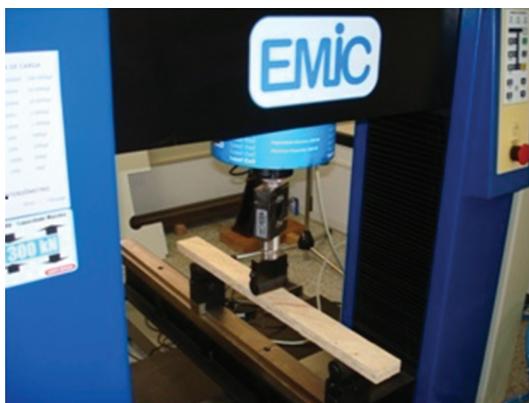


Figura 2. Ensaio de flexão estática em relação ao eixo de menor inércia.

Figure 2. Flatwise static bending test.

Tabela 1. Módulo de elasticidade dinâmico obtido pelo método de ondas de tensão (Árvore 1-8).

Table 1. Dynamic modulus of elasticity from stress wave tests (Tree 1-8).

| Medida descritiva | Módulo de elasticidade dinâmico- E_d (MPa) | | | | | | | |
|-------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | Árvores | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Média | 10258 | 8434 | 9769 | 8687 | 9215 | 9409 | 7390 | 7834 |
| Máximo | 12263 | 11022 | 13010 | 10771 | 11223 | 10628 | 8838 | 8532 |
| Mínimo | 8737 | 6883 | 7889 | 6957 | 7493 | 8346 | 6278 | 6811 |
| Desvpad | 1169 | 1048 | 1132 | 984 | 1070 | 728 | 1158 | 560 |
| CV (%) | 11,39 | 12,42 | 11,59 | 11,33 | 11,61 | 7,73 | 15,66 | 7,15 |

Tabela 2. Módulo de elasticidade dinâmico obtido pelo método de ondas de tensão (Árvore 9-16).**Table 2.** Dynamic modulus of elasticity from stress wave tests (Tree 9-16).

| Medida descritiva | Módulo de elasticidade dinâmico- E_d (MPa) | | | | | | | |
|-------------------|--|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| | Árvores | | | | | | | |
| | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Média | 8795 | 7578 | 8893 | 7715 | 7519 | 8959 | 9948 | 7015 |
| Máximo | 10164 | 9609 | 11108 | 9022 | 8736 | 11493 | 11181 | 8524 |
| Mínimo | 6929 | 6170 | 7012 | 6939 | 6702 | 5072 | 8489 | 5758 |
| Desvpad | 780 | 979 | 1476 | 550 | 448 | 1579 | 808 | 910 |
| CV (%) | 8,87 | 12,92 | 16,59 | 7,13 | 5,96 | 17,63 | 8,12 | 12,97 |

Tabela 3. Módulo de elasticidade dinâmico obtido pelo método de ondas de tensão (Árvore 17-24).**Table 3.** Dynamic modulus of elasticity obtained from stress wave tests (Tree 17-24).

| Medida descritiva | Módulo de elasticidade dinâmico- E_d (MPa) | | | | | | | |
|-------------------|--|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Árvores | | | | | | | |
| | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Média | 7503 | 7693 | 7293 | 9430 | 9199 | 7405 | 7987 | 8702 |
| Máximo | 8254 | 10628 | 8582 | 11233 | 10716 | 9039 | 9919 | 10278 |
| Mínimo | 6717 | 4887 | 6352 | 8109 | 7631 | 5536 | 6005 | 7545 |
| Desvpad | 536 | 1600 | 718 | 955 | 801 | 1199 | 992 | 814 |
| CV (%) | 7,14 | 20,80 | 9,84 | 10,13 | 8,71 | 16,20 | 12,41 | 9,35 |

Tabela 4. Classes de módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas.**Table 4.** Classes of dynamic modulus of elasticity (E_d) of the veneers.

| Classe | Faixa de MOE _d (MPa) | | Frequência (%) |
|--------|---------------------------------|---------|----------------|
| Baixo | 4887 | a 7323 | 17,59 |
| X1 | 7325 | a 8199 | 22,69 |
| Médio | 8200 | a 8948 | 21,53 |
| X2 | 8949 | a 10978 | 30,79 |
| Alto | 10979 | a 13010 | 7,41 |

das lâminas avaliadas. A partir de 32 lâminas de alto módulo de elasticidade dinâmico (E_d), define-se, para a classe alta, o limite inferior de 10979 MPa. Igualmente, a partir da quantidade necessária de lâminas de baixo módulo de elasticidade dinâmico (E_d), define-se para essa classe, o limite superior de 7323 MPa. Finalmente, com estimativas centradas na mediana, definiram-se os limites de 8200 e 8948 MPa para a classe média. As classes X1 e X2 foram excluídas para que a caracterização das classes alta, média e baixa fossem efetivas.

3.2. Propriedades de flexão dos painéis compensados

Nas Tabelas 5 e 6, são apresentados valores médios da resistência à flexão estática e do módulo de elasticidade longitudinal nessa solicitação. Nas Tabelas 7 e 8, estão apresentados os valores obtidos para essas propriedades quando à flexão se deu na direção transversal do painel.

Os valores médios do módulo de elasticidade e da resistência na direção transversal atingiram 75,56 e 55,17% dos mesmos valores médios avaliados na direção longitudinal.

Os coeficientes de variação da resistência e do módulo de elasticidade (longitudinal e transversal) situaram-se na faixa de 15%, revelando a homogeneidade do desempenho dos corpos de prova dentro de cada tratamento.

Como se podia esperar, obtiveram-se os melhores valores médios de resistência e de módulo de elasticidade nos tratamentos T4 e T5. Os tratamentos T1 e T2 revelaram os menores valores. Este fato foi influenciado pela origem das lâminas de baixo módulo de elasticidade que foram

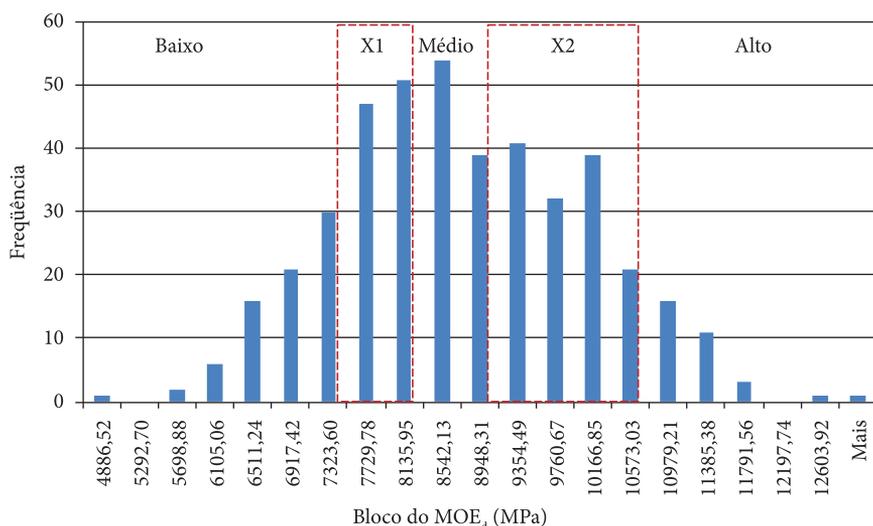


Figura 3. Distribuição da frequência do módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas.

Figure 3. Frequency distribution of the dynamic modulus of elasticity (E_d) of the veneers.

Tabela 5. Resistência à flexão estática na direção longitudinal (f_{M,l}).

Table 5. Strength in static bending in the longitudinal direction (f_{M,l}).

| f _{M,l} (MPa) | Tratamento | | | | |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------|
| | T1 homog. ^B | T2 comb. ^{A+B} | T3 alternado | T4 homog. ^M | T5 comb. ^{A+M} |
| Média | 51,02 ^{AB} | 43,06 ^B | 52,43 ^{AB} | 50,86 ^{AB} | 57,11 ^A |
| Máximo | 64,13 | 54,29 | 59,94 | 61,42 | 66,82 |
| Mínimo | 38,84 | 30,11 | 37,40 | 40,94 | 45,39 |
| Desvpad | 5,92 | 5,11 | 4,09 | 4,25 | 4,23 |
| CV (%) | 11,59 | 11,86 | 7,81 | 8,36 | 7,40 |

¹Em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam resistências à flexão longitudinal entre tratamentos; ²Tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente (p > 0,05).

Tabela 6. Módulo de elasticidade à flexão estática na direção longitudinal (E_{s,l}).

Table 6. Modulus of elasticity in static bending in the longitudinal direction (E_{s,l}).

| E _{s,l} (MPa) | Tratamento | | | | |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------|
| | T1 homog. ^B | T2 comb. ^{A+B} | T3 alternado | T4 homog. ^M | T5 comb. ^{A+M} |
| Média | 5352 ^B | 5227 ^B | 6442 ^{AB} | 5831 ^{AB} | 6772 ^A |
| Máximo | 6161 | 6479 | 7225 | 7049 | 8189 |
| Mínimo | 4229 | 3711 | 4934 | 4923 | 5811 |
| Desvpad | 389 | 789 | 457 | 518 | 702 |
| CV (%) | 7,27 | 15,10 | 7,09 | 8,89 | 10,36 |

¹Em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam módulos de elasticidade à flexão longitudinal entre tratamentos; ²Tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente (p > 0,05).

condicionantes do desempenho mecânico inferior à flexão longitudinal. Mesmo nos casos em que eram selecionadas lâminas de alto módulo para capa e contracapa como no tratamento (T2), em que o desempenho não foi melhorado.

A diferente disposição das lâminas nos tratamentos foi um fator condicionante do desempenho à flexão dos painéis: lâminas com alto e médio módulo de elasticidade nas capas e contracapas induziram comportamento mecânico

Tabela 7. Resistência à flexão estática na direção transversal ($f_{M,t}$).
Table 7. Strength in static bending in the transversal direction ($f_{M,t}$).

| $f_{M,t}$ (MPa) | Tratamento | | | | |
|--------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------|
| | T1 homog. ^B | T2 comb. ^{A+B} | T3 alternado | T4 homog. ^M | T5 comb. ^{A+M} |
| Média | 39,41 ^{AB} | 35,66 ^B | 41,44 ^{AB} | 43,15 ^A | 41,10 ^{AB} |
| Máximo | 48,24 | 45,23 | 48,40 | 53,66 | 48,77 |
| Mínimo | 26,52 | 25,32 | 34,27 | 28,91 | 30,05 |
| Desvpad | 5,41 | 5,04 | 3,87 | 5,22 | 4,32 |
| CV (%) | 13,74 | 14,15 | 9,34 | 12,10 | 10,50 |

¹Em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam resistências à flexão transversal entre tratamentos; ²Tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($p > 0,05$).

Tabela 8. Módulo de elasticidade à flexão estática na direção transversal ($E_{s,t}$).
Table 8. Modulus of elasticity in static bending in the transversal direction ($E_{s,t}$).

| $E_{s,t}$ (MPa) | Tratamento | | | | |
|--------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------|
| | T1 homog. ^B | T2 comb. ^{A+B} | T3 alternado | T4 homog. ^M | T5 comb. ^{A+M} |
| Média | 3157 ^A | 2915 ^A | 3377 ^A | 3736 ^A | 3454 ^A |
| Máximo | 3998 | 4129 | 3842 | 4320 | 4128 |
| Mínimo | 2007 | 1734 | 2753 | 2934 | 2447 |
| Desvpad | 430 | 313 | 225 | 399 | 361 |
| CV (%) | 13,61 | 10,72 | 6,66 | 10,68 | 10,45 |

¹Em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam módulo de elasticidade à flexão transversal entre tratamentos; ²Tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($p > 0,05$).

superior à flexão estática longitudinal. Na flexão estática transversal esse efeito não foi detectado, já a qualidade das lâminas da capa e contracapa não é tão condicionante desse desempenho mecânico.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no programa experimental e atendendo aos objetivos deste trabalho, podem-se extrair as seguintes conclusões:

- Os valores médios do módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas variaram de 4887-13010 MPa, com ampla variação de acordo com a posição radial, assim, foi possível separar as lâminas de diferentes qualidades com o uso de ensaios não destrutivos de ondas de tensão.
- A classificação das lâminas de seringueira com base nas classes de módulo de elasticidade dinâmico (E_d) influenciou de forma significativa os resultados de resistência à flexão longitudinal dos tratamentos.
- As lâminas de alto e médio módulo de elasticidade (E_d) foram condicionantes para o melhor

desempenho mecânico dos tratamentos T3, T4 e T5, que não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si.

- As lâminas de baixo módulo de elasticidade foram condicionantes do desempenho mecânico inferior à flexão longitudinal. Seu uso, mesmo em tratamentos em que eram empregadas lâminas de alto módulo de elasticidade na capa e contracapa (tratamento T2), condicionou um desempenho inferior.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 30/08/2011

Aceito: 07/02/2012

Resumo publicado online: 22/03/2012

Artigo completo publicado: 30/06/2012

AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Hernando Alfonso Lara Palma

Departamento de Recursos Naturais – DRN,
Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA,
Universidade Estadual Paulista – UNESP,
Rua Doutor José Barbosa de Barros, 1780,
Fazenda Experimental Lageado,
CEP 18610-307, Botucatu, SP, Brasil
e-mail: larapalma@fca.unesp.br

APOIO FINANCEIRO

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de
São Paulo (FAPESP).

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.
NBR 9533: Madeira compensada: determinação da
resistência à flexão estática. Rio de Janeiro; 1986.

Balsiger J, Bahdon J, Whiteman A. *The utilization,
processing and demand for rubberwood as a source of
wood supply*. Rome: FAO; 2000.

*Food and Agriculture Organization - FAO. Situación de
los bosques del mundo*. FAO; 1999. [cited 2010 nov. 10].
Available from: [http://www.fao.org/docrep/W9950S/
w9950s00.HTM](http://www.fao.org/docrep/W9950S/w9950s00.HTM).

Garbe EA. *Controles de qualidade em indústrias
de compensados: processo produtivo e produto*
[monografia]. Curitiba: Universidade Federal do
Paraná; 2009.

Killmann W. *Non-forest tree plantations*. Forest
Resources Development Service; 2001. [cited 2011 fev.
3]. Available from: [ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/
ac126e/ac126e00.pdf](ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/ac126e/ac126e00.pdf).

Lay-Thong H, Heok-Choh S. *Rubberwood: processing
and utilization*. 2nd ed. Kuala Lumpur: Forest Research
Institute Malaysia; 1994.

Matan N, Kyokong B. Effect of moisture content
on some physical and mechanical properties of
juvenile rubberwood (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.).
Songklanakarin Journal of Science and Technology 2003;
25(3): 327-340.

Monteiro C, Kronka FJN, Ribas C. *Uso potencial
da madeira da seringueira*. Sociedade Brasileira de
Silvicultura; 2006. [cited 2011 set. 15]. Available
from: [http://www.sbs.org.br/secure/Palestra2006_
Heveicultura.pdf](http://www.sbs.org.br/secure/Palestra2006_Heveicultura.pdf).