

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DAS LÂMINAS NO DESEMPENHO
FÍSICO-MECÂNICO DE PAINÉIS COMPENSADOS DE *Hevea brasiliensis***

JAVIER FARAGO ESCOBAR

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Ciência
Florestal

BOTUCATU - SP
Agosto - 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DAS LÂMINAS NO DESEMPENHO
FÍSICO-MECÂNICO DE PAINÉIS COMPENSADOS DE *Hevea brasiliensis***

JAVIER FARAGO ESCOBAR

Orientador: Prof. Dr. Adriano Wagner Ballarin

Co-Orientador: Prof. Dr. Hernando Alfonso Lara Palma

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Ciência
Florestal

BOTUCATU - SP
Agosto - 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

E74i Escobar, Javier Farago, 1986-
Influência da qualidade das lâminas no desempenho físico-mecânico de painéis compensados de *Hevea brasiliensis* / Javier Farago Escobar. - Botucatu : [s.n.], 2011
x, 118 f. : il. color., gráfs., tabs., fots.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011
Orientador: Adriano Wagner Ballarin
Co-orientador: Hernando Alfonso Lara Palma
Inclui bibliografia

1. Compensados de madeira. 2. Desempenho físico-mecânico. 3. Lâminas de madeira - Classificação. 4. Módulo de elasticidade mecânico. 5. Seringueira. I. Ballarin, Adriano Wagner. II. Lara Palma, Hernando Alfonso. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DAS LÂMINAS NO DESEMPENHO
FÍSICO-MECÂNICO DE PAINÉIS COMPENSADOS DE *Hevea brasiliensis*"

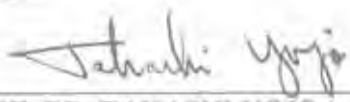
ALUNO: JAVIER FARAGO ESCOBAR

ORIENTADOR: PROF. DR. ADRIANO WAGNER BALLARIN
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. HERNANDO ALFONSO LARA PALMA

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ADRIANO WAGNER BALLARIN



PROF. DR. TAKASHI YOJO



PROF. DR. ALCIDES LOPES LEAO

Data da Realização: 17 de agosto de 2011.

Aos meus pais

Javier Escobar Saravia e Neiva Farago de Escobar pelo carinho, apoio e valores transmitidos, que foram fundamentais para todas as tomadas de decisões nesta etapa da minha vida.

e as minhas irmãs

Mariana e

Luciana

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Adriano Wagner Ballarin, pela orientação, por todo empenho, compreensão, amizade e constante dedicação em todas as etapas do projeto.

Ao Prof. Dr. Hernando Alfonso Lara Palma, co-orientador, pela dedicação constante e por sua inestimável amizade.

Ao Prof. Dr. Mario Tomazello Filho da Universidade de São Paulo, ESALQ e a toda sua equipe do Laboratório, por todo o apoio, aprendizado.

A Prof. Dra. Martha Maria Mischán do Departamento de Bioestatística do Instituto de Biociências, IB – UNESP, Campus de Botucatu, pelo apoio nas análises estatísticas.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP – por ter acreditado na concepção deste trabalho, meus agradecimentos.

À Indústria de Compensados Caribea S.A. pela confecção dos painéis utilizados para o desenvolvimento desta dissertação.

A Elaine Cristina Leonello colega da Pós-Graduação pela amizade, dedicação e constante ajuda para o desenvolvimento deste projeto.

A todos os professores, funcionários e alunos do Departamento de Engenharia Rural e de Ciências Florestais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu, pela disponibilidade em ajudar sempre, e pela grande amizade.

A todos os amigos que ofereceram seu apoio durante a realização deste curso, e as pessoas que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a realização deste trabalho e tiveram seus nomes aqui omitidos.

“Vencer pequenas metas é a chave do
presente que abre portas para o futuro”

Javier Escobar

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMO	1
SUMMARY	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. Madeiras e produtos à base de madeira.....	7
2.2. Compensado – histórico, definição e classificação	8
2.3. Propriedades da laminação cruzada	9
2.4. A <i>Hevea brasiliensis</i> – histórico, definição e produção	10
2.5. Potencial tecnológico da madeira de <i>Hevea brasiliensis</i>	12
2.6. Clones de Seringueira.....	15
2.7. Técnicas de avaliação não destrutiva de propriedades da madeira	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1. Caracterização da espécie estudada.....	18
3.2. Variação radial da densidade básica da madeira	19
3.3. Laminação da madeira	20
3.3.1. Rendimento da laminação	20
3.3.2. Determinação do comprimento teórico do manto da laminação...	22
3.3.3. Classificação de lâminas secas.....	24
3.4. Produção e montagem de painéis compensados	25

	Página
3.5. Ensaio físico-mecânico dos painéis compensados.....	28
3.6. Análise estatística.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1. Variação radial da densidade básica da madeira.....	32
4.2. Laminação da madeira	36
4.2.1. Rendimento da laminação.....	36
4.2.2. Comprimento teórico do manto da laminação	40
4.2.3. Classificação das lâminas.....	41
4.3. Arranjo final das lâminas nos painéis compensados.....	44
4.4. Ensaio físico-mecânico dos painéis compensados.....	46
4.4.1. Densidade aparente	47
4.4.2. Teor de umidade.....	48
4.4.3. Propriedades de flexão dos painéis compensados.....	49
4.4.4. Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento.....	52
4.4.5. Ensaio de inchamento e recuperação da espessura	54
5. CONCLUSÕES.....	57
6. REFERÊNCIAS	59
7. APÊNDICE	67

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Comparação de densidades médias aparentes (ρ_{12}) de várias madeiras	14
2 Ensaio e normas para painéis compensados da madeira	28
3 Raios e relações entre raios das árvores.....	32
4 Valores da densidade básica para cada um dos raios avaliados.....	33
5 Valores médios do diâmetro e volume das toras nas diferentes etapas de laminação	37
6 Valores médios das perdas e rendimentos obtidos em cada etapa do processo de laminação	38
7 Comprimentos do manto da laminação.....	40
8 Módulo de elasticidade dinâmico obtido pelo método de ondas de tensão (Árvore 1 a 8).....	41
9 Módulo de elasticidade dinâmico obtido pelo método de ondas de tensão (Árvore 9 a 16).....	42
10 Módulo de elasticidade dinâmico obtido pelo método de ondas de tensão (Árvore 17 a 24).....	42
11 Classes de Módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas	43
12 Módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas utilizadas na confecção dos três painéis do tratamento (T1).	44
13 Módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas utilizadas na confecção dos três painéis do tratamento (T2).	44
14 Módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas utilizadas na confecção dos três painéis do tratamento (T3).	45
15 Módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas utilizadas na confecção dos três painéis do tratamento (T4).	45
16 Módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas utilizadas na confecção dos três painéis do tratamento (T5).	46
17 Densidade aparente dos painéis compensados.....	47
18 Teor de umidade dos painéis compensados.....	48

	Página
19 Resistência à flexão estática na direção longitudinal.....	49
20 Módulo de elasticidade à flexão estática na direção longitudinal.....	49
21 Resistência à flexão estática na direção transversal	50
22 Módulo de elasticidade à flexão estática na direção transversal.....	50
23 Propriedades físicas e mecânicas de compensados, reportados em códigos normativos nacionais	52
24 Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento condição de imersão em água fria	52
25 Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento condição de imersão em água quente 6h	53
26 Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento condição de imersão em água quente 4x4h	53
27 Requisitos de colagem (valores médios).....	54
28 Recuperação da espessura dos painéis compensados	55
29 Inchamento mais recuperação da espessura dos painéis compensados	55

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Espécie. (a) Plantio de seringueira Macaubal – SP; (b) perspectiva do fuste.	18
2 Etapas de processo. (a) plantio de seringueira, determinação do fuste - 2,40 m; (b) marcação de 1,30 (DAP) da tora; (c) posicionamento dos corpos de prova na direção radial do disco; (d) dimensões dos corpos de prova	19
3 Laminação das toras: (a) torno industrial; (b) bobina, tora desenrolada	20
4 Desenho esquemático das variáveis. D_1 : diâmetro maior da tora com casca; D_2 : diâmetro menor da tora com casca; C_t : comprimento da tora; D_a : diâmetro da tora após arredondamento; D_r : diâmetro do rolo resto	21
5 Obtenção das lâminas. (a) bobina com manto de lâmina; (b) guilhotinagem e marcação das lâminas; (c) medições largura e comprimento; (d) secagem das lâminas em secador industrial	23
6 Ensaio não destrutivos nas lâminas. (a) lâminas secas; (b) medições de largura e comprimento; (c) medições de espessura; (d) obtenção do peso das lâminas; (e) pendulo do clip gage; (f) equipamento de ondas de tensão (<i>Stress Wave Timer</i>).....	25
7 Fabricação de painéis compensados; (a) corte das lâminas transversais; (b) aplicação de cola nas lâminas; (c) montagem do painel; (d) pré-prensagem a frio; (e) prensagem a prensa quente; (f) saída dos painéis da prensa.....	27
8 Plano de corte adotado para obtenção dos corpos de prova de um painel.....	29
9 Ensaio de flexão estática em relação ao eixo de menor inércia.....	30
10 Ensaio de resistência da colagem ao esforço de cisalhamento. a) aspecto da máquina MCIS; b) momento de cisalhamento	30
11 Ensaio de absorção de água. a) corpos de prova; b) medição da espessura com micrômetro	31
12 Variação radial da densidade básica da madeira nos raios R1 e R2 - árvores 1 a 3	34
13 Variação radial da densidade básica da madeira nos raios R1 e R2 - árvores 4 a 6.....	35

	Página
14 Variação dos volumes médios no processo de laminação	37
15 Distribuição da frequência do módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas	43

RESUMO

A cultura da seringueira está se firmando como uma atividade lucrativa e sustentável, apresentando um expressivo crescimento em suas áreas de plantio no Brasil. Estabelecidos com o objetivo principal de produção do látex, os seringais apresentam, ao final desse ciclo, boas perspectivas como fornecedores de matéria-prima para o segmento de produtos de madeira sólida. Estudos já realizados mostraram a viabilidade técnica de laminação (a quente e também a frio) de toras de *Hevea brasiliensis*, para a produção de compensados, como opção de aproveitamento com maior valor agregado dessa madeira. Este trabalho teve como objetivo principal avaliar o desempenho físico-mecânico de painéis compensados de *Hevea brasiliensis* (clone RRIM 600) confeccionados com lâminas classificadas pelo método não destrutivo das ondas de tensão em classes de desempenho mecânico (baixo, médio e alto módulo de elasticidade dinâmico relativos). As avaliações foram realizadas em painéis compensados confeccionados com lâminas de 2,3 mm de espessura, produzidos na Indústria de Compensados Caribeia Ltda. localizada no município de São Manuel, São Paulo - Brasil. Com os mesmos equipamentos e variáveis gerais do processo de fabricação dos compensados foram confeccionados três painéis compensados de nove lâminas para cada um dos cinco arranjos assim definidos: T1 – homogêneo baixo (painéis produzidos somente com lâminas de baixo módulo de elasticidade dinâmico); T2 – combinado baixo (painéis produzidos com lâminas de alto módulo de elasticidade dinâmico na face e contra-face e baixo módulo de elasticidade dinâmico no miolo); T3 - alternado (painéis produzidos com lâminas alternadas de alto e baixo módulo de elasticidade); 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 contra-face e médio módulo de elasticidade dinâmico no miolo). O desempenho físico-mecânico dos painéis foi avaliado por meio de ensaios de flexão estática, resistência da colagem ao esforço de cisalhamento, teor de umidade, absorção de água e inchamento em espessura e densidade, realizados em corpos de prova amostrados dos painéis, seguindo-se as recomendações das normas da ABNT para painéis de madeira compensada. Considerando-se que todos os arranjos estudados revelaram bom desempenho físico-mecânico, pode-se afirmar que os equipamentos e variáveis adotados foram adequados para a fabricação dos compensados de seringueira. O rendimento médio de laminação foi de 39,9%, quando considerados o volume das lâminas verdes em relação ao das toras com casca, e de 44,9%, quando considerado o volume das toras sem casca; as perdas no processo de laminação foram compatíveis com aquelas rotineiramente observadas na indústria de compensados. Foi possível separar as lâminas de diferentes classes de módulo de elasticidade com uso de ensaios não-destrutivos de ondas de tensão obtendo valores do módulo de elasticidade que variaram de 4887 MPa a 13010 MPa. O uso de lâminas classificadas de seringueira influenciou de forma significativa a resistência à flexão longitudinal dos compensados. A densidade aparente dos painéis compensados variou de 723 kg/m³ a 815 kg/m³. A resistência da colagem ao esforço de cisalhamento atingiu valores superiores a 2,0 MPa, habilitando os painéis para uso interior – IR, uso intermediário – IM e uso externo – EX, de acordo com o projeto NBR 31:000.05-001/1 (ABNT, 2004). Resultados indicaram, ainda, que a espécie de *Hevea brasiliensis* tem grande potencial para a produção em escala industrial destes painéis para uso geral – GER, uso industrial – IND, e para forma de concreto – FOR.

Palavras-chave: *Hevea brasiliensis*, painéis compensados, desempenho físico-mecânico, classificação de lâminas, módulo de elasticidade dinâmico

INFLUENCE OF VENEERS QUALITY ON PHYSICAL AND MECHANICAL PERFORMANCE OF PLYWOOD OF *Hevea brasiliensis*. Botucatu, 2011. 102p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JAVIER FARAGO ESCOBAR

Advisers: ADRIANO WAGNER BALLARIN

HERNANDO ALFONSO LARA PALMA

SUMMARY

The cultivation of rubber tree has been settled in as a profitable and sustainable activity, with a significant growth in planted areas in Brazil. Established with the main objective of production of latex, rubber tree plantations have, at the end of this cycle, good prospects as suppliers of raw material for the segment of solid wood products. Previous studies have shown the technical viability for log lamination (hot and cold processes) of *Hevea brasiliensis*, for plywood production, as an option of higher added value product. This study evaluated physical and mechanical performance of plywood of *Hevea brasiliensis* (clone RRIM 600) made with graded veneers (stress wave method) in stiffness classes (low, medium and high dynamic modulus of elasticity). Mechanical evaluations were conducted on plywood made with nine 2.3mm thick veneers, produced in the Indústria de Compensados Caribea Ltda, in São Manuel, São Paulo - Brazil. Plywood were made using the same equipment and general variables of the manufacturing process adopted by this industry, considering five arrangements: T1 – homogeneous low (plywood produced with only low dynamic modulus of elasticity veneers); T2 – combined low (plywood produced with high dynamic modulus of elasticity veneers in the face and back and low dynamic modulus of elasticity veneers in the inner); T3 – alternate (plywood produced with alternated quality veneers - high and low modulus of elasticity); T4 – homogeneous medium (plywood produced with only medium dynamic modulus of elasticity veneers); T5 – combined medium (plywood produced with high dynamic modulus of elasticity veneers in the face and back and medium dynamic modulus of

elasticity veneers in the inner). Physical and mechanical performance of plywood was evaluated by static bending, bond strength in shear (by tension load), moisture content, water absorption, thickness swelling and density tests, performed using the ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – standards for plywood. Considering that all arrangements studied showed very good physical and mechanical performance, major conclusion is that the equipment and variables used were appropriate for rubber wood plywood manufacture. The average lamination yield was 39.9%, when considering the volume of green veneers in relation to the logs with bark, and 44.9% when considering logs without bark; losses in the lamination process were compatible with those routinely observed in the plywood industry. It was possible to grade veneers in distinct modulus of elasticity classes using non-destructive stress wave method, resulting modulus of elasticity ranging from 4,887 MPa to 13,010 MPa. The use of mechanically graded veneers significantly influenced the longitudinal bending strength of plywood. The density of plywood panels ranged from 723 kg/ m³ to 815 kg/ m³. The bond strength to the shear stress reached values greater than 2.0 MPa, qualifying plywood panels for indoor use – IR, intermediate use – IM, and external use – EX, according to the standard project 31:000.05-001/1 (ABNT, 2004). Results also indicated that rubber wood has great potential for industrial production of plywood for general use – GER, industrial use – IND, and to form concrete – FOR.

Keywords: *Hevea brasiliensis*, plywood, classification of veneers, physical mechanical performance, dynamic modulus of elasticity.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da seringueira, enfrentando inúmeros desafios, está se firmando como uma atividade lucrativa e sustentável, apresentando um expressivo crescimento em suas áreas de plantio. Estabelecidos com o objetivo principal de produção do látex, classificados como um produto florestal não madeireiro, os seringais apresentam boas perspectivas como fornecedores de matéria-prima para o segmento de produtos de madeira sólida. Dentre os painéis a base de madeira destaca-se o painel compensado que representa atualmente uma tecnologia na utilização racional da madeira proveniente de florestas plantadas, especificamente para usos estruturais como elementos de sustentação e, também, em aplicações não-estruturais como componentes de mobiliário, pisos ou elementos onde seja necessária a utilização na forma e dimensões de painéis.

O crescimento percentual de painéis compensados no mercado mundial é muito significativo com um acréscimo de 2,5% ao ano (SBS 2007), tendo nos últimos anos, triplicado seu consumo nos Estados Unidos e duplicado na Europa. O painel compensado substitui alguns produtos de madeira serrada, como também divide espaço comercial com aglomerados, MDF e o compensado convencional.

Essa opção poderia ser uma alternativa ao uso desse material, já que ele tem sido empregado quase que exclusivamente como madeira serrada, que é obtida de plantios mais velhos (25 a 30 anos) onde a exploração do látex já não se mostra economicamente viável.

Do ponto de vista tecnológico, a maioria dos produtos laminados de madeira reflete, de certa maneira, as propriedades das espécies das quais foram manufaturados. No caso da madeira de seringueira, estas relações entre propriedades da matéria-prima e produto final tem sido objetivo de várias pesquisas no exterior. Na literatura nacional, na atualidade, não há trabalhos relatando o desempenho físico-mecânico da madeira do gênero *Hevea*, e sua influencia nas propriedades de produtos laminados, sendo este um fator limitante no uso desta madeira na confecção de compensados,

O conhecimento das propriedades básicas (físicas e mecânicas) de painéis compensados confeccionados com madeira de seringueira faz-se indispensável na caracterização deste produto, visando principalmente garantir subsídios a futuros usuários, para seu emprego correto em diferentes soluções estruturais e não estruturais.

Estudos pioneiros no Brasil realizados pelos laboratórios de Qualidade de Painéis de Madeira e de Ensaio de Materiais da FCA-UNESP-Botucatu, junto à empresa de compensados Caribeia S.A de São Manuel, estado de São Paulo, mostraram a viabilidade técnica de laminação de toras de *Hevea brasiliensis*, para a produção de compensados.

Este trabalho teve como objetivo principal a avaliação do desempenho físico-mecânico de painéis compensados confeccionados com madeira de *Hevea brasiliensis* (clone RRIM 600), fabricados a partir de cinco tipos de arranjos de lâminas previamente selecionadas com base no módulo de elasticidade dinâmico (E_d).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Madeira e produtos à base de madeira

Do ponto de vista da tecnologia dos produtos florestais e em uma análise bastante simplificada e didática, pode-se dizer que a madeira vivencia hoje uma terceira geração na evolução de seus produtos. A primeira geração é composta dos produtos de madeira roliça (*round timber*), com processamento elementar, consistindo basicamente de uma segmentação (eventual) do fuste da árvore, ao longo de seu comprimento. A segunda geração compreende os produtos de madeira serrada, eventualmente aplainada e classificada, da qual fazem parte os pranchões, pranchas, colunas, vigas, tábuas, caibros, ripas, entre outros. A terceira geração compreende uma grande variedade de produtos florestais à base de madeira reconstituída que passaram em maior ou menor grau, por um processo industrial. Nesse processo, a madeira é reduzida a frações ou componentes mais elementares ou convenientes, que são re-associados de maneira mais favorável, formando novos produtos.

Dos produtos à base de madeira enquadrados como de terceira geração, o mercado brasileiro tem disponíveis painéis estruturais (compensado e OSB) e os painéis não-estruturais (MDF, chapas duras e aglomeradas, atualmente denominadas MDP – *Medium Density Particleboard*).

2.2. Compensado – histórico definição e classificação

O termo "compensado" foi introduzido pela primeira vez na terminologia industrial durante a primeira guerra mundial. Até esta data, os produtos deste tipo eram chamados de folheados (PLYWOOD PIONEERS ASSOCIATION, 2008). O progresso tecnológico da laminação surgiu mesmo com o desenvolvimento do torno desfolhador pela metade do século XIX. A primeira patente conhecida data de 1840 nos Estados Unidos da América e a segunda, de 1844 na França. Mas, o compensado começou a ser fabricado comercialmente no início do século XX, nos Estados Unidos, a partir da espécie Douglas fir (BALDWIN, 1981).

No Brasil, os compensados foram introduzidos por volta de 1928 e 1945 nos estados de São Paulo e Paraná. O produto tem múltiplas aplicações na construção civil, na indústria moveleira e no mercado de embalagens. Particularmente para a construção civil o compensado é utilizado por sua qualidade superior e resistência à umidade (fôrmas de concreto), representando um produto de maior valor agregado em relação à tradicional madeira serrada, extensivamente comercializada no Brasil. Atualmente grande número de indústrias atende à demanda nacional deste produto.

A designação do uso final do compensado é função da espécie, da qualidade das lâminas, do arranjo, e do tipo de adesivo usado na fabricação da chapa. Segundo Forest Products Laboratory (1999) os compensados podem classificar-se em dois grandes grupos: compensados industriais, construção e compensados decorativos de folhosas. De uma forma geral, os compensados do primeiro grupo são usados quando características de resistência e rigidez são desejadas no produto final, e as do segundo grupo, quando a aparência é mais importante que a resistência. Os adesivos utilizados na confecção destes dois grupos de compensados são diferentes e específicos para se obter um melhor desempenho quanto ao local de utilização. Assim, os compensados são classificados também pela sua capacidade à exposição à umidade em dois tipos: exterior e interior. O primeiro é conhecido como "a prova de água", por ser o adesivo insolúvel em água, e o segundo é "resistente à umidade", sendo o adesivo resistente à umidade do ar, mas não a água.

Os painéis compensados de madeira podem também ser classificados como de uso geral, industrial, decorativo e estrutural/naval, em função do tipo de adesivo e

lâminas utilizadas na sua composição. O compensado estrutural/naval caracteriza-se pela utilização de lâminas finas em grande número de camadas com colagem à base de resina fenol-formaldeído, o que confere aos painéis alta resistência mecânica e resistência à umidade (BALDWIN, 1975; SELLERS, 1985; TSOUMIS, 1991).

As lâminas para a confecção de compensados são produzidas pela ação de corte através de facas específicas, em peças variando de 0,13 mm a 6,0 mm em espessura. O corte para obtenção de lâminas pode ser executado por faqueamento num sentido tangencial-radial, ou por corte rotatório na direção tangencial fazendo a tora girar em torno do seu eixo contra uma faca fixa.

2.3. Propriedades da laminação cruzada

Em contraste com a madeira laminada, no compensado as lâminas são alinhadas de acordo com uma disposição pré-determinada, de forma a se obter uma equivalência das propriedades elásticas e de resistência nas direções principais da chapa. A construção de um painel compensado pela laminação cruzada e sua colagem capitalizam as mais desejáveis propriedades físicas e mecânicas da madeira (SUCHSLAND, 1972).

Segundo Suchsland (1972), Bodig e Jayne (1993) e Keinert (1984), a construção em laminação cruzada, provendo grã longitudinal, tanto no sentido do comprimento como da largura do compensado, também prove resistência à flexão e rigidez nos dois sentidos e uma equalização nas características de expansão do compensado causada pela higroscopicidade da madeira. Para se obter estes resultados, teoricamente todo compensado deve apresentar simetria estrutural em relação ao plano central.

Assim, as lâminas de cada lado do plano de simetria, eqüidistantes do centro, devem ter as mesmas propriedades físicas, mesma espessura e direção da grã. A existência do plano de simetria na camada ou lâmina central implica na existência de um número ímpar de camadas. Este tipo de compensado é denominado balanceado. (BODIG; JAYNE, 1993).

O exemplo mais simples de compensado balanceado é aquele composto por um número ímpar de camadas da mesma espécie e da mesma espessura. No entanto, o balanceamento pode ser conseguido utilizando-se lâminas de espécies diferentes.

Para isto, as lâminas correspondentes de cada lado do plano de simetria devem ter propriedades físicas equivalentes. A montagem do compensado balanceado a partir de espécies com diferentes coeficientes de inchamento requer um controle preciso do processo de fabricação. Para manter o balanceamento, a espessura das lâminas deve ser ajustada para compensar o inchamento diferencial (SUCHSLAND, 1972).

2.4. A *Hevea brasiliensis* – histórico, definição e produção

A seringueira é pertencente ao gênero *Hevea*, da família Euphorbiaceae, que possui a *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.DC. de Juss.) Muell.-Arg. Como a espécie mais importante do gênero (GONÇALVES et al., 2011). É uma planta de ciclo perene, de origem tropical amazônica, cultivada e utilizada de modo extrativo, com a finalidade de produção de borracha natural (CAMPELO JÚNIOR, 2000). A partir da saída de seu habitat passou a ser cultivada em grandes monocultivos, principalmente nos países asiáticos. No Brasil, seu cultivo obteve grande sucesso nas Regiões Sudeste, Centro-Oeste, na Bahia e mais recentemente no oeste do Paraná (MARINHO, 2008).

Tradicionalmente, a seringueira tem sido cultivada na região equatorial, entretanto, em consequência das dificuldades de produção nessas regiões e do aumento da demanda da borracha natural, várias regiões do mundo, fora da zona convencional, iniciaram o seu cultivo (CENTURION et al., 2005).

A seringueira leva em média oito anos para começar a fornecer o látex. Depois de adulta, a árvore mantém-se produtiva por um período de 25 a 30 anos, aproximadamente, após este ciclo às árvores são abatidas para reformulação do plantio, no estado de São Paulo, chegam a apresentar um diâmetro de 30 a 35 cm na região do DAP, podendo ser aptas para o corte, aproximadamente, 200 árvores/hectare, com uma produção de até 1 m³ de madeira por árvore (IAC, 2010).

Segundo Pushpadas et al. (1980) as árvores de plantações no final da sua vida produtiva apresentam um diâmetro médio 30 a 35 cm na região do DAP, sendo aptas para corte aproximadamente 184 árvores/hectare. O autor afirma ainda, que de uma árvore pode-se obter 0,62 m³ provenientes do tronco e cerca de 0,39 m³ provenientes dos ramos laterais, totalizando 1,10 m³/árvore.

Graças às suas propriedades especiais, a borracha natural, produzida a partir do látex, é utilizada na fabricação de aproximadamente 50 mil produtos, como pneus, preservativos, materiais cirúrgicos, fios, tecidos, adesivos e luvas descartáveis, etc. Perto de 70% da produção mundial é destinada à fabricação de pneus.

A produção mundial de borracha natural em 2008 foi de 9.9 milhões de toneladas, para um consumo de 9.5 milhões de toneladas do qual mais de 78 é originária do Sudeste Asiático. Os três maiores produtores mundiais são, respectivamente, Tailândia, Indonésia e Malásia, nesse mesmo ano, o Brasil produziu pouco mais de 128 mil toneladas que implica 1,15% da produção mundial (ABRAF, 2010). Entretanto segundo a APABOR estima-se que na última década o Brasil tenha desembolsado cerca de US\$ 1 bilhão com a compra de borracha natural estrangeira.

Do total de borracha natural produzida no Brasil os seringais paulistas participaram com 53%, evidenciando a crescente importância no suprimento de borracha para a indústria nacional, conferindo ao Estado de São Paulo a condição de primeiro produtor de borracha natural do Brasil (IAC, 2010).

A área total com plantações de seringueira nos principais países produtores é de aproximadamente 9,0 milhões de hectares, e mais de 80% desta área estão localizadas no Sudeste asiático, e deste total três países (Indonésia, Tailândia e Malásia) representam 80% da área total de plantações com seringueira (YOUKE, 2008; SHIGEMATSU et al., 2010)

Na África as áreas das plantações de seringueira são de 545 mil hectares, aproximadamente, significando 4,3% da produção mundial de borracha. Na América Latina as plantações alcançam 270 mil hectares, aproximadamente, cuja produção de borracha é de 2,1% da oferta mundial. A maior área encontra-se no Brasil com 150 mil hectares (IRSG, 2007 citado por GAMEIRO; GAMEIRO, 2008).

Da área plantada com seringueiras no Brasil, o estado de São Paulo lidera em área plantada com 70 mil hectares, seguido pelo estado do Mato Grosso, com quase 33% da área plantada, Bahia com 17%, Espírito Santo com 6%, Goiás com 3%, Minas Gerais 2%, e outros estados com 6%, num total de 137 mil hectares em produção (SBS, 2007; KRONKA, 2009).

A SBS (2007) e a Associação Paulista de Produtores e Beneficiadores de Borracha (APABOR) estabeleceram um plano de expansão da heveicultura no estado de São Paulo para atingir 250 mil hectares em 15 anos, a partir de 2005. O plano se baseia na previsão de uma taxa de 3% ao ano no crescimento do consumo de borracha, o que projeta consumo nacional de 534 mil toneladas para 2030. Os objetivos do plano são atingir 70% do consumo nacional de borracha natural, reduzir as importações desta matéria-prima e aumentar a renda agrícola. Neste sentido e como consequência da ampliação futura das áreas de plantios da seringueira no país, haverá uma expressiva oferta de madeira desta matéria-prima, ao final de sua rotação.

2.5. Potencial tecnológico da madeira de *Hevea brasiliensis*

As plantações de *Hevea brasiliensis* embora estabelecido com o objetivo principal de produção do látex classificado como um produto florestal não-madeireiro apresenta boas perspectivas como fornecedoras de matéria-prima para o segmento de produtos de madeira sólida (MONTEIRO et al., 2006). Diversos autores citaram o uso dessa matéria-prima para diferentes finalidades, destacando os móveis para múltiplos usos, forros e escadas.

Segundo Toledo (2002) a possibilidade do uso de madeira de seringal a ser reformado traz uma perspectiva de receita na hora de derrubada das árvores e preparo do terreno para novo investimento, via de regra uma decisão difícil para o produtor pelo custo significativo. De fato, a madeira de seringueira tem se tornado uma fonte importante de renda após a exploração do látex da cultura (25 a 30 anos), principalmente na Malásia, onde 70% da madeira utilizada vêm da seringueira, a qual é comercializada para o Japão para produção de móveis (MAY; GONÇALVES, 2008).

Segundo Dhamodaram (2008), a produção potencial de toras de seringueira para fins industriais atingirá no período de 2016 a 2021, aproximadamente 52 milhões de m³, em relação à produção atual (45 milhões de m³) e desse total somente 14 milhões de m³ serão destinados para a produção de madeira serrada e compensados. Segundo este mesmo autor, as toras com diâmetro mínimo de 15 cm são destinadas as serrarias e indústrias de compensados, e as toras com diâmetros inferior (entre 5 e 15 cm) são destinadas para energia.

Normalmente a madeira recém serrada apresenta uma coloração clara do branco ao creme e às vezes com um tom rosáceo e tende a amarelar quando é submetida à secagem. Não apresenta diferenciação entre cerne e alburno. A densidade básica da madeira de *Hevea brasiliensis*, de modo geral se encontra entre 560 kg/m³ e 650 kg/m³ segundo Haridasan (1989), Matan e Kyokong (2003) e Balsiger et al. (2000). O teor de umidade da madeira recém-cortada é de aproximadamente 60 a 80% (KILLMANN; HONG, 2000)

A madeira apresenta boas características de trabalhabilidade (serrado, furação, torneado, pregado e colagem), no entanto o látex que permanece na madeira pode empastar os dentes das serras e forçar o corte. Também a madeira de seringueira pode ser curvada facilmente com o uso de vapor e pode ser tingida com facilidade.

A madeira de seringueira apresenta alta susceptibilidade ao ataque de fungos e insetos (besouros e cupins), devido à ausência de extrativos na madeira e a um alto teor de amido (7,5 a 10,2%) e açúcares livres (1,0 a 2,3%) necessitando, portanto, de um tratamento profilático logo após o corte, em um período menor que 24 horas (MILINGLIANG; ZHIJUAN, 2008).

Okino et al. (2000) mostraram que a madeira de *Hevea brasiliensis* é viável para fabricação de chapas de partículas, uma vez que as chapas apresentaram valores de propriedades muito acima dos exigidos pelas normas DIN 68761 e ANSI A208.1-93. O látex existente nas árvores não influenciou a fabricação das chapas, assim como os tipos de clones estudados.

Santana et al. (2001), citando Hoi (1994) comentaram que não faz muito tempo que o uso da madeira de *Hevea* restringia-se exclusivamente a lenha e carvão. Segundo os mesmos autores, a mudança definitiva nessa tradição ocorreu durante as décadas de 70 e 80, graças a um trabalho concentrado de pesquisa e desenvolvido por diversos países asiáticos, como a Tailândia, Sri Lanka, Índia e principalmente a Malásia. Esses países desenvolveram e tornaram disponível a tecnologia da utilização dessa madeira em serrados em geral e diversos produtos engenheirados, como os painéis MDF e compensados (MAY; GONÇALVES, 1999).

Segundo Santana et al., (2001), citado Ahnad (s.d.) a Malásia exportou, em 1994, US\$ 940 milhões em produtos fabricados com madeira de *Hevea*.

No Brasil a madeira de *H. brasiliensis* obtida no final do seu ciclo produtivo de látex é utilizada, tradicionalmente e de forma quase exclusiva para fins energéticos. (MAY e GONÇALVES, 1999; OKINO et al, 2004; IAPAR, 2004) Afirmaram, entretanto que a madeira de seringueira pode ser utilizada como combustível, celulose, na indústria de móveis, na fabricação de portas, janelas, formas para concreto armado, vigas, colunas, painéis de madeira compensada, energia (galhos), fabricação de tabuados, forros, caixotaria e painéis de cimento-madeira.

Estudos recentes realizados no Laboratório de Ensaio de Materiais da FCA - Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Botucatu revelaram o potencial tecnológico da madeira de seringueira. Segundo Eufrade Júnior. et al., (2011) a madeira de seringueira teve bons resultados mecânicos, sendo enquadrada na classe de resistência C40, entre as classes de resistência definidas pela NBR 7190, da ABNT (1997) para as dicotiledôneas.

O autor afirmou ainda, que a madeira de seringueira do clone RRIM600 tem indicação de uso para construção civil leve interna estrutural (como ripas); de utilidade geral (como forros, guarnições, rodapés); de uso temporário (como andaimes e formas para concreto); em esquadrias, além de outros usos (como compensados, assoalhos domésticos, móveis), apresentando densidade aparente próxima às de espécies utilizadas para estas finalidades (Tabela 1).

Tabela 1. Comparação de densidades médias aparentes (ρ_{12}) de várias madeiras

Nome popular e científico	ρ_{12} (kg/m ³)
Cupiúba (<i>Goupia glabra</i>)	838
Casca grossa (<i>Vochysia spp</i>)	801
Angelim pedra (<i>Hymenolobium petraeum</i>)	694
Seringueira – Clone RRIM600 (<i>H. brasiliensis</i>)	678
Eucalipto grandis (<i>Eucalyptus grandis</i>)	640
Pinus elliotti (<i>Pinus elliotti</i> var. <i>elliotti</i>)	560
Cedrinho (<i>Erisma uncinatum</i>)	544

Fonte: Eufrade Jr. (2011)

2.6. Clones de Seringueira

Melhoristas têm tentado formular novas estratégias com o intuito de incrementar cada vez mais a produtividade do seringal, empregando um conjunto de métodos (GONÇALVES et al., 2002).

No Estado de São Paulo são utilizados os clones RRIM600, RRIM701, GT1, PB235, PR107, IAN873, Fx2261, Fx3844 e Fx3864 de forma mais comercial (GONÇALVES et al., 1991), sendo, para essa razão, os mais encontrados em plantações por todo o estado.

Segundo Gonçalves (1999), os objetivos do melhoramento da seringueira variam de acordo com as necessidades específicas de cada região, local ou país.

Entre as características desejáveis estão à alta produção nas primeiras sangrias, crescimento satisfatório antes e após entrar em produção, boa resposta a estimulação, boa resposta à baixa intensidade de sangria, resistência ao mal das folhas, resistência a antracnose, resistência a quebra por vento e uniformidade do látex.

O clone RRIM600 é o mais plantado na região do planalto do estado de São Paulo, por apresentar bom desempenho no que tange à produção e vigor, estando amplamente disseminado, com presença em mais de 80% dos seringais paulistas. Está entre os mais produtivos, podendo chegar a uma média de produção nos primeiros cinco anos de sangria de 1.540 kg/ha/ano (GONÇALVES, 2002), é considerado suscetível ao vento, a copa é estreita e a folhagem esparsa, apresentando folhas pequenas verde-claras. O vigor, se comparando antes e após a entrada em sangria, é considerado médio. A casca, por ser fina, torna-o um pouco delicado à prática de sangria; em compensação, a renovação é boa. A alta produção é seu ponto de destaque. (GONÇALVES et al., 2001).

2.7. Técnicas de avaliação não destrutiva de propriedades de madeira

As pesquisas pioneiras sobre a aplicabilidade de ensaios não destrutivos na inferência de propriedades físicas e mecânicas da madeira foram realizadas na década de 50, nos Estados Unidos. Os ensaios não destrutivos apresentam como principais vantagens em relação aos ensaios destrutivos convencionais a rapidez, praticidade e o

aproveitamento do material após os testes, que podem ser aplicados tanto na árvore “em pé”, quanto em madeira serrada ou lâminas de diferentes geometrias e tamanhos. A calibração dos resultados indiretos obtidos - normalmente velocidades de propagação das ondas ou frequências de vibração, nos casos mais simples – aliada à busca da extrapolação das práticas laboratoriais para as situações reais, em linhas de produção nas indústrias, têm sido a tônica da pesquisas desenvolvidas pelos principais centros de estudo (BALLARIN, 2007)

As hipóteses fundamentais para ensaios não destrutivos em madeira foram estabelecidas por Jayne (1959). Em seu trabalho, ele propôs que as propriedades de conservação e dissipação de energia da madeira, que podem ser mensuradas por métodos de ensaios não destrutivos, são controladas pelos mesmos mecanismos que determinam o comportamento estático estrutural do material. Consequentemente podem ser estabelecidas relações matemáticas entre essas propriedades (conservação e dissipação de energia) e a resistência e elasticidade da madeira.

Os principais métodos não destrutivos estudados no Laboratório de Ensaio de Materiais da FCA - Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, são a avaliação de dureza com uso de equipamentos portáteis, o método das ondas de tensão, o método de ultra-som e o método da vibração transversal.

No método das ondas de tensão, internacionalmente referido como “*stress wave method*”, uma onda é induzida numa das extremidades ou face do material, através de um impacto. Essa onda se propaga pelo material, sendo as características principais dessa transmissão a velocidade e a atenuação, parâmetros intrínsecos do meio. O método de ensaio fundamenta-se, de forma simplificada, na teoria de propagação unidimensional das ondas para uma barra homogênea e elástica.

Hearmon (1966) desenvolveu o equacionamento teórico da propagação da onda na vibração longitudinal. Resumidamente, pode-se expressar o módulo de elasticidade dinâmico E_d , como:

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

onde:

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

Embora todo esse equacionamento tenha sido embasado na teoria de propagação de ondas unidirecionais em meio homogêneo e elástico, e facilmente se constata que a madeira não é um material homogêneo nem tampouco isotrópico, diversos pesquisadores encontraram bons resultados com uso dessa teoria simplificada (KAISERLIK; PELLERIN, 1977, GERHARDS, 1981, 1982, ROSS, 1985, ROSS; PELLERIN, 1994).

Matos (1997), avaliando lâminas de *Pinus taeda* L. pelo ensaio não destrutivo de ondas de tensão, determinou que em média existe diferença significativa do módulo de elasticidade dinâmico em lâminas retiradas da base da tora comparadas com lâminas retiradas de outras posições da tora. O mesmo autor afirma ainda que com o método de determinação do módulo de elasticidade dinâmico é possível realizar a classificação preliminar das lâminas antes da fabricação dos painéis.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da espécie estudada

Para este estudo foram utilizadas 24 árvores do clone RRIM 600, provenientes de plantios de *Hevea brasiliensis*, com 30 anos de idade da região de Macaúbal - SP (latitude 20° 43' S e longitude 49° 56' O).

O plantio ocorreu em 1979 e, desde essa data até o corte final, ocorrido em 2009, às árvores foram utilizadas somente para a obtenção de látex. As toras com comprimento de 2,40 m a partir da base da árvore foram transportadas até a Indústria de Compensados Caribe S.A, localizada em São Manuel-SP, onde foram estocadas em pátios ao tempo por um máximo de uma semana (Figura1).

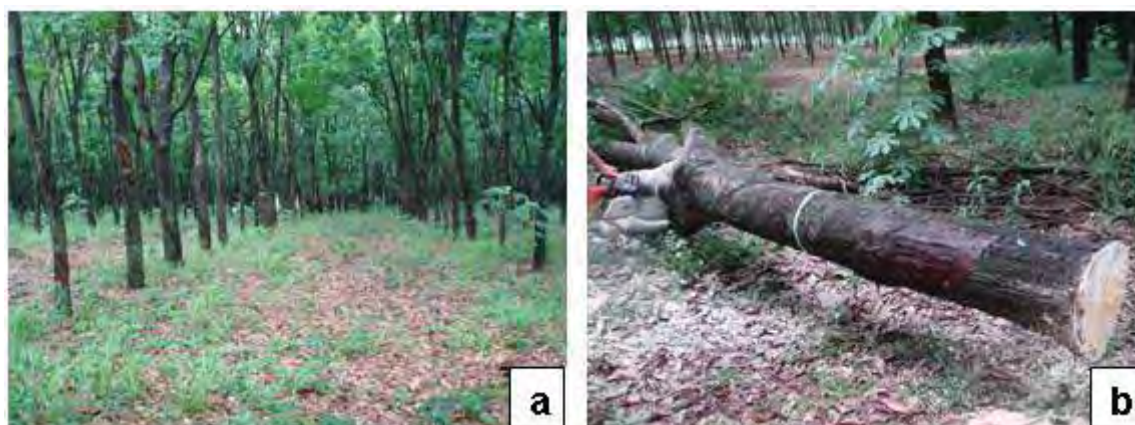


Figura 1 – Espécie. (a) Plantio de seringueira Macaúbal – SP; (b) perspectiva do fuste

3.2. Variação radial da densidade básica da madeira

Esse estudo preliminar teve como objetivo avaliar a eventual existência de diferenciação radial de densidade que pudesse estar associada à juvenildade da madeira.

O ensaio foi realizado pelo método gravimétrico, no Laboratório de Ensaio de Materiais do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, seguindo-se a recomendação da NBR 7190 (ABNT, 1997).

Para esta avaliação retiraram-se seis árvores aleatoriamente, obtendo um disco de 30 mm de espessura na altura do DAP, do qual foi retirada uma bagueta central, na direção radial, como indicado na (Figura 2-b; c). Para análise foram confeccionados corpos de prova de 30 mm x 15 mm, comprimento x largura (Figura 2-d).

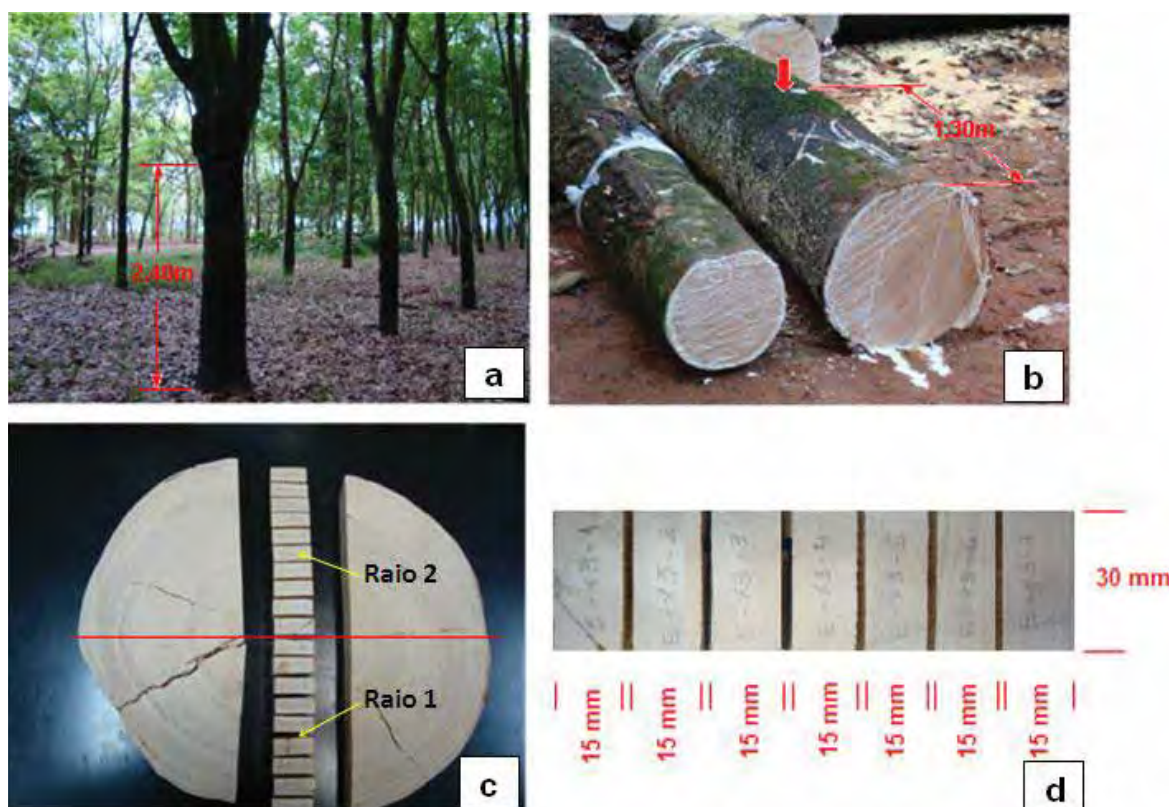


Figura 2 – Etapas de processo. (a) plantio de seringueira, determinação do fuste - 2,40 m; (b) marcação de 1,30 (DAP) da tora; (c) posicionamento dos corpos de prova na direção radial do disco; (d) dimensões dos corpos de prova

3.3. Laminação da madeira

Os procedimentos de coleta de dados para determinação do rendimento de laminação consistiram em medições de (cubagem) das toras com casca após o arredondamento das mesmas antes de serem laminadas, do rolete residual e volume das lâminas obtidas e classificadas.

A laminação industrial da madeira foi realizada em torno automático de marca BENATO com comprimento de laminação mínima de 120 cm e diâmetro mínimo das garras de arrasto de 12 cm. Para este estudo foram produzidas lâminas de 2,3 mm, em um processo de laminação a frio, como mostrado na (Figura 3).

As lâminas foram posteriormente secas a um teor de umidade média de 6 a 8%. As dimensões nominais das lâminas para este estudo foram de 2380 mm x 1225 mm x 2,3 mm.



Figura 3 – Laminação das toras: (a) torno industrial; (b) bobina, tora desenrolada

3.3.1. Rendimento da laminação

Os procedimentos de coleta de dados para a (cubagem) das toras com casca, sem casca e após os seus arredondamentos, foi realizado no torno laminador, antes do início e após a produção do manto de laminação. A cubagem das lâminas produzidas inclusive aquelas com dimensões menores que as nominais foram realizadas após o seccionamento do manto nas guilhotinas. Foram realizadas medições da espessura, largura e comprimento de

todas as lâminas obtidas para cada tora, no estado úmido e após secagem para determinar volume e rendimento das toras nas duas situações. Lâminas com comprimentos abaixo do valor nominal, não estando danificadas, também foram consideradas no cálculo do rendimento. Nesta fase também foi calculado o volume do rolo resto de cada tora. A Figura 4 apresenta algumas variáveis mensuradas nas toras, para o cômputo dos rendimentos do processo.

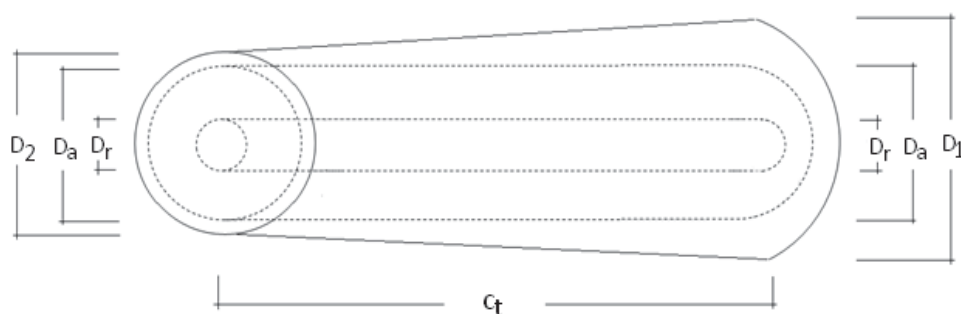


Figura 4 – Desenho esquemático das variáveis. D₁: diâmetro maior da tora com casca; D₂: diâmetro menor da tora com casca; C_t: comprimento da tora; D_a: diâmetro da tora após arredondamento; D_r: diâmetro do rolo resto

Os cálculos dos volumes das toras determinados em cada etapa da laminação foram realizados através das relações (2) a (6).

Volume da tora com casca (V₁) e sem casca (V₂)

$$V_1 = \frac{\pi}{8} (D_1^2 + D_2^2) c_t \quad (2)$$

$$V_2 = \frac{\pi}{8} (D_3^2 + D_4^2) c_t \quad (3)$$

onde:

c_t - comprimento da tora;

D₁ - diâmetro maior da tora com casca;

D₂ - diâmetro menor da tora com casca;

D₃ - diâmetro maior da tora sem casca;

D₄ - diâmetro menor da tora sem casca.

Volume da tora arredondada (V₃) e do rolo resto (V₄):

$$V_3 = \frac{\pi}{4} D_a^2 c_t \quad (4)$$

$$V_4 = \frac{\pi}{4} D_r^2 c_t \quad (5)$$

onde:

D_a - diâmetro da tora arredondada;

D_r - diâmetro do rolo resto.

Volume de madeira laminável verde (V_5):

$$V_5 = V_3 - V_4 \quad (6)$$

Os rendimentos em cada uma das etapas do processo de laminação foram calculados em percentagens, com base nos volumes das toras com casca, assumidos como 100%. Também foi calculado o rendimento das lâminas em relação ao volume das toras sem casca e arredondadas.

As perdas ocorridas em cada uma das etapas do processo de laminação foram calculadas em percentagens por meio da relação da diferença entre os volumes antes e após a execução da etapa considerada com volume da tora com casca. As perdas ocorridas devido às operações de desenrolamento do manto de laminação, guilhotinagem e secagem (contração das lâminas) são denominadas perdas de manuseio e secagem e são calculadas pela diferença entre o volume laminável (V_5) e o volume de lâminas secas.

3.3.2. Determinação do comprimento teórico do manto da laminação

Após o seccionamento em guilhotinas (Figura 5-a; b), foram realizadas medições da espessura, largura e comprimento de todas as lâminas para cada tora estudada (Figura 5-c). As lâminas foram secas em secador industrial convencional contínuo com fluxo de ar transversal e ventilação forçada paralela as faces das lâminas. A secagem foi realizada a uma temperatura de 150°C e velocidade de passagem (fluxo) de 0,01 m/s, aproximadamente, como mostrado na (Figura 5-d).

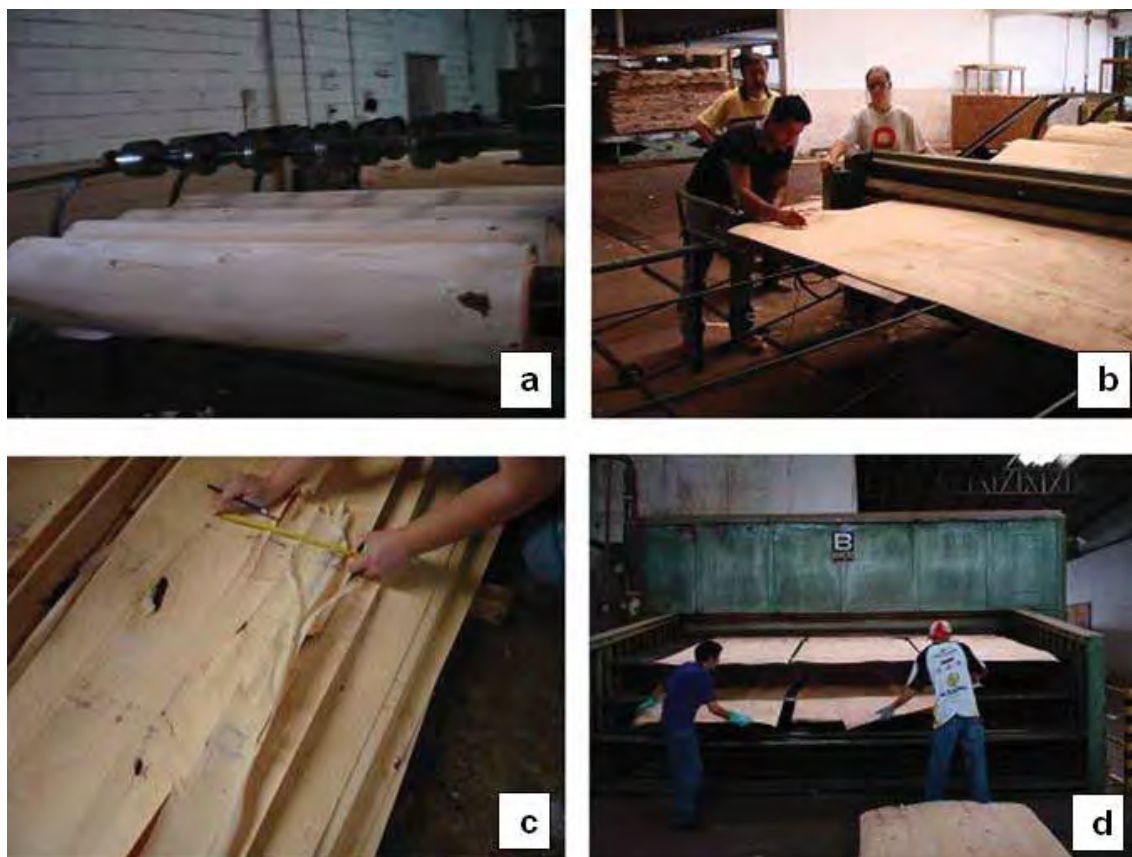


Figura 5 – Obtenção das lâminas. (a) bobina com manto de lâmina; (b) guilhotinagem e marcação das lâminas; (c) medições largura e comprimento; (d) secagem das lâminas em secador industrial

No processo de guilhotinagem foram seccionadas lâminas com dimensões nominais de 125 cm de largura, e lâminas com dimensões menores e variáveis (aproveitamento). Foi determinado teoricamente o comprimento do manto laminado das toras, pela seguinte relação (TSOUMIS,1991).

$$M = \frac{\pi \cdot (D_1 + D_2) \cdot (D_1 - D_2)}{4 \cdot e} \quad (7)$$

onde:

M - comprimento do manto de laminação;

D₁ - diâmetro inicial da tora arredondada;

D₂ - diâmetro do rolete residual;

e - espessura da lâmina.

Com o uso da equação (7) foi possível avaliar, teoricamente para cada lâmina obtida, a sua posição radial na tora, para posterior estudo da variação radial dos módulos de elasticidade dinâmicos das lâminas.

3.3.3. Classificação de lâminas secas

As lâminas secas foram classificadas através de dois métodos:

a) 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.

b) 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.

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 15).

A medição foi realizada na direção longitudinal, região central das lâminas, posicionando-se os acelerômetros a 1,8 m do centro. O módulo de elasticidade (E_d) foi realizado segundo a relação (1) indicada anteriormente.

Após as lâminas classificadas nestes três grupos, foram montados os painéis compensados de acordo a cinco tratamentos pré-estabelecidos.

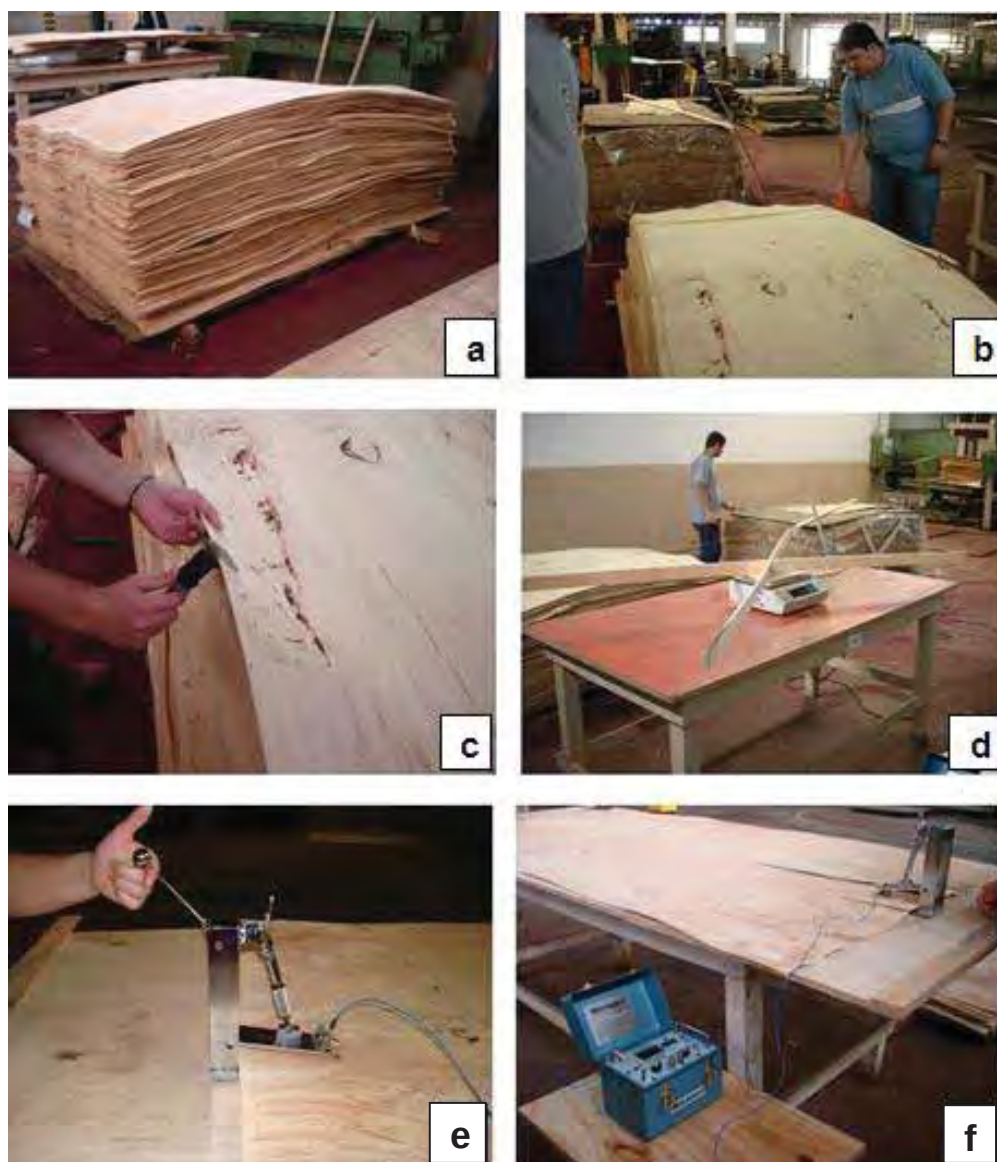


Figura 6 – Ensaaios não destrutivos nas lâminas. (a) lâminas secas; (b) medições de largura e comprimento; (c) medições de espessura; (d) obtenção do peso das lâminas; (e) pendulo do clip gage; (f) equipamento de ondas de tensão (*Stress Wave Timer*)

3.4. Produção e montagem dos painéis compensados

Para a produção e montagem dos painéis compensados foram classificadas 432 lâminas inteiras com dimensões nominais de 2400 mm x 1100 mm, 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, com dimensões comerciais de 2380 mm x 1100 mm x 20,7 mm.

As variáveis do processo de fabricação dos compensados foram escolhidas de acordo com as condições industriais vigentes. Assim, o adesivo que 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 1 min por milímetro de espessura nominal do painel.

Após a prensagem, os painéis foram mantidos durante 10 dias empilhados e distanciados entre si, com uso de separadores em local coberto, para climatização em temperatura ambiente.

Os painéis compensados compostos por 9 lâminas de 2,3 mm, foram fabricados atendendo cinco tratamentos, descritos a seguir:

- T1 – Homogêneo baixo (painéis produzidos somente com lâminas de baixo módulo de elasticidade dinâmico).
- T2 – Combinado baixo (painéis produzidos com lâminas de alto módulo de elasticidade dinâmico na face e contra-face 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 contra-face e médio módulo de elasticidade dinâmico no miolo).

Para cada tratamento foram feitas três repetições, perfazendo um total de 15 painéis compensados. A Figura 7 apresenta a seqüência de etapas da fabricação dos painéis compensados.



Figura 7 – Fabricação de painéis compensados; (a) corte das lâminas transversais; (b) aplicação de cola nas lâminas; (c) montagem do painel; (d) pré-prensagem a frio; (e) prensagem a prensa quente; (f) saída dos painéis da prensa

3.5. Ensaios físico-mecânicos dos painéis compensados

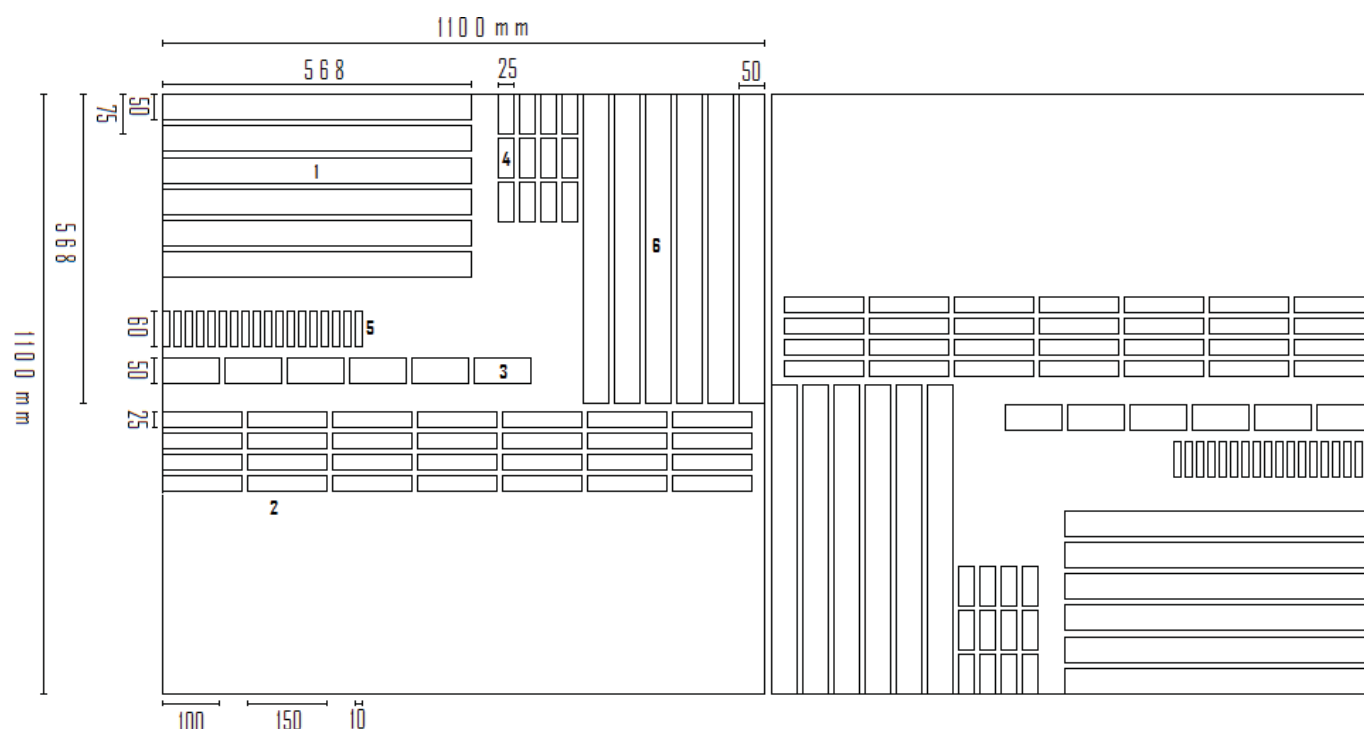
A avaliação do desempenho dos painéis compensados foi conduzida com ensaios físicos e mecânicos em corpos de prova retirados dos painéis. Foram realizados ensaios de flexão estática nas direções longitudinal e transversal (determinações do módulo de elasticidade e da resistência), resistência da colagem ao esforço de cisalhamento, massa específica aparente, umidade, absorção de água e inchamento e recuperação de espessura, seguindo-se as recomendações das normas ABNT para painéis de madeira compensada, conforme indicado na Tabela 2.

Foram confeccionados três painéis compensados para cada tratamento, perfazendo um total de 15 painéis. Cada propriedade foi determinada a partir de ensaios em, no mínimo, seis corpos de prova (Tabela 2).

A Figura 8 apresenta o plano de corte utilizado para obtenção dos corpos de prova no painel compensado. Na medida do possível, as repetições para cada ensaio foram obtidas amostrando-se corpos de prova igualmente das duas metades do painel.

Tabela 2 – Ensaios e normas para painéis compensados da madeira

Ensaios	Propriedades	Repetições por painel	Norma
Flexão estática (longitudinal e transversal)	Mód. elastic. longitud($E_{M,l}$)	6	NBR 9533
	Mód. elastic. longitud ($E_{M,t}$)	6	
	Resist. flexão - long.($f_{M,l}$)	6	
	Resist. flexão - transv. ($f_{M,t}$)	6	
Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento	Resist – água fria ($t_{r,f}$)	12	NBR ISO 12466-1/-2
	Resist. – água quente (6h) $t_{r,q6}$	12	
	Resist. – água quente (4h x 4h) $t_{r,q4}$	12	
Massa específica aparente	Massa espec. aparente (12%)	6	NBR 9485
Umidade	Teor de umidade (TU)	6	NBR 9484
Determinação do inchamento	Inchamento e recuperação da espessura	6	NBR 9535
Notas: $t_{r,f}$ - resistência da colagem ao esforço de cisalhamento – condição: imersão em água fria; $t_{r,q6}$ - resistência da colagem ao esforço de cisalhamento – condição: imersão em água quente 6h. $t_{r,q4}$ - resistência da colagem ao esforço de cisalhamento – condição: imersão em água quente 4hx4h			



- 1 - Corpo de prova para ensaios de resistência a flexão estática longitudinal
- 2 - Corpo de prova para ensaios de resistência da colagem ao esforço de cisalhamento
- 3 - Corpo de prova para ensaios da massa específica aparente
- 4 - Corpo de prova para ensaios do teor de umidade
- 5 - Corpo de prova para ensaios de inchamento
- 6 - Corpo de prova para ensaios de resistência a flexão estática transversal

Figura 8 – Plano de corte adotado para obtenção dos corpos de prova de um painel.

Todos os ensaios físicos e mecânicos foram realizados no Laboratório de Ensaios de Materiais do Departamento de Engenharia Rural e no Laboratório de Qualidade e Painéis de Madeira do Departamento de Recursos Naturais, ambos da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP – Botucatu, com os corpos de prova acondicionados à temperatura de $20 \pm 3^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 5\%$.

Os ensaios de flexão estática para determinação das propriedades nas direções longitudinal e transversal do painel foram realizados em corpos de prova com dimensões de 19,2 mm de altura (espessura do painel), 50 mm de largura e 568 mm de comprimento. Os ensaios foram realizados na Máquina Universal de Ensaios DL 30000 MF, eletromecânica e computadorizada, fabricada pela EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda, (Figura 9).



Figura 9 – Ensaio de flexão estática em relação ao eixo de menor inércia.

Para obter a resistência da colagem ao esforço de cisalhamento foram utilizados corpos de prova com dimensões nominais de 150 de comprimento e 25 mm de largura. Esses ensaios foram realizados em máquina para a determinação da resistência a colagem ao esforço de cisalhamento MCIS, eletromecânica, com capacidade 5 kN (500 kgf), fabricada pela EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda.(Figura 10). Nesse ensaio, além da resistência, foi também estimada a porcentagem de falha na madeira (FM), seguindo-se a orientação apresentada de forma ilustrada na NBR ISO 12466-1 (2006a), para painéis de madeira compensada.

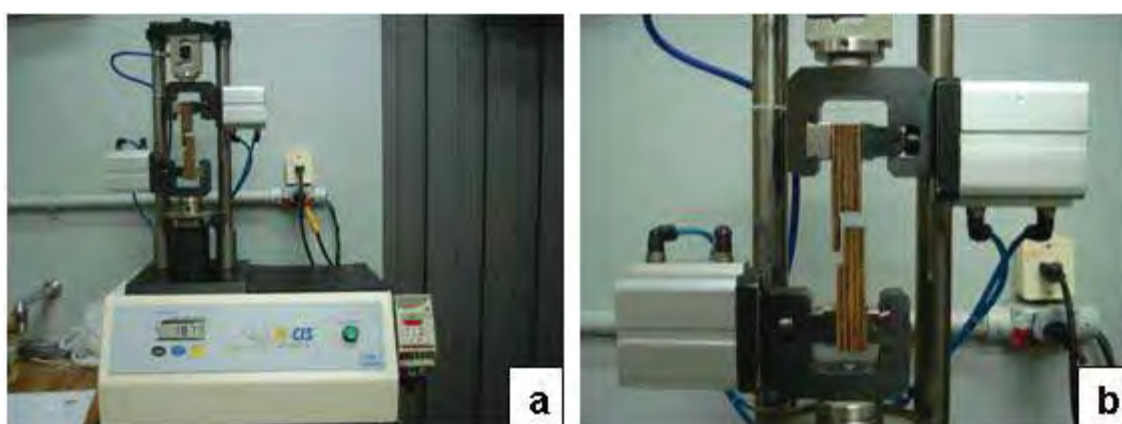


Figura 10 – Ensaio de resistência da colagem ao esforço de cisalhamento. a) aspecto da máquina MCIS; b) momento de cisalhamento.

Para o ensaio de inchamento e recuperação da espessura foram avaliados corpos de prova com a espessura nominal dos painéis, 15 mm de largura (assumida como a direção das fibras da lâmina da face) e 60 mm de comprimento (direção oposto, transversal às fibras da lâmina da face). Para cada ensaio Foram produzidos seis corpos de prova por painel, sendo três deles denominados “controle” e os outros três “normal” como observado na (Figura 11).

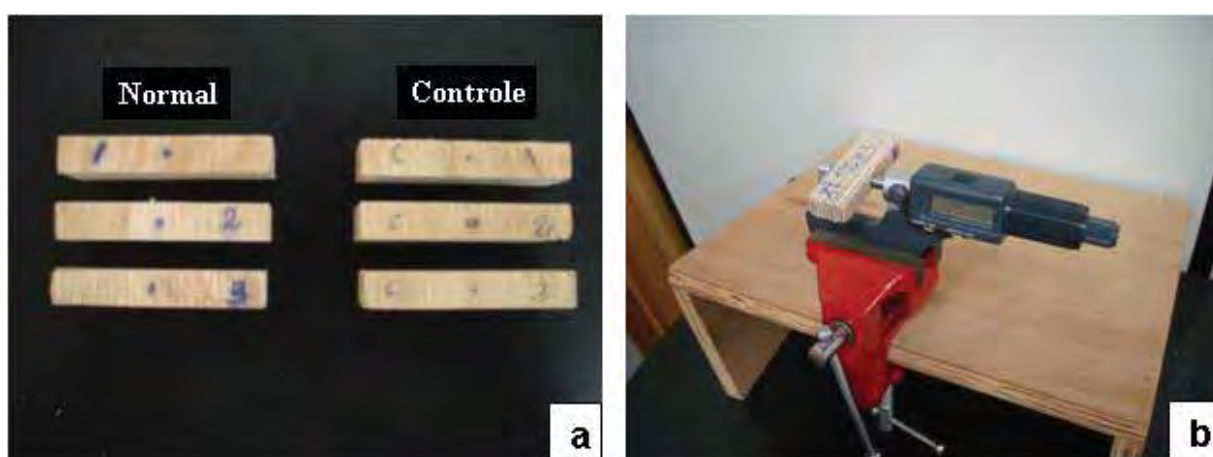


Figura 11 – Ensaio de absorção de água a) corpos de prova; b) medição da espessura com micrômetro.

3.6. Análise estatística

Os resultados dos ensaios físico-mecânicos dos painéis foram analisados estatisticamente. Neste trabalho o programa experimental contemplou os painéis considerados dentro de cada tratamento e as repetições dentro dos painéis, considerados como fatores “aninhados” (as repetições aninhadas dentro dos painéis). Assim, adotou-se o delineamento de classificação hierárquica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variação radial da densidade básica da madeira

Na Tabela 3 são apresentadas as dimensões dos raios dos discos retirados do DAP das seis árvores estudadas e as relações entre eles. Na direção radial foram retirados corpos de prova da região central dos dois lados do diâmetro (Raio 1-R1) e (Raio 2-R2).

Tabela 3 – Raios e relações entre raios das árvores

Árvore	Raio 1-R1 (cm)	Raio 2 - R2 (cm)	Relação (R1/R2)
1	18,00	16,10	1,12
2	20,10	18,70	1,07
3	16,90	16,70	1,01
4	16,00	14,10	1,13
5	25,20	18,60	1,35
6	18,00	14,70	1,22

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios, máximos, mínimos, desvio-padrão e coeficiente de variação dos dados de densidade básica mensurados para o R1 e R2 de cada disco estudado. (Apêndice I. - Tabelas A1 a A12).

Tabela 4 – Valores da densidade básica para cada um dos raios avaliados

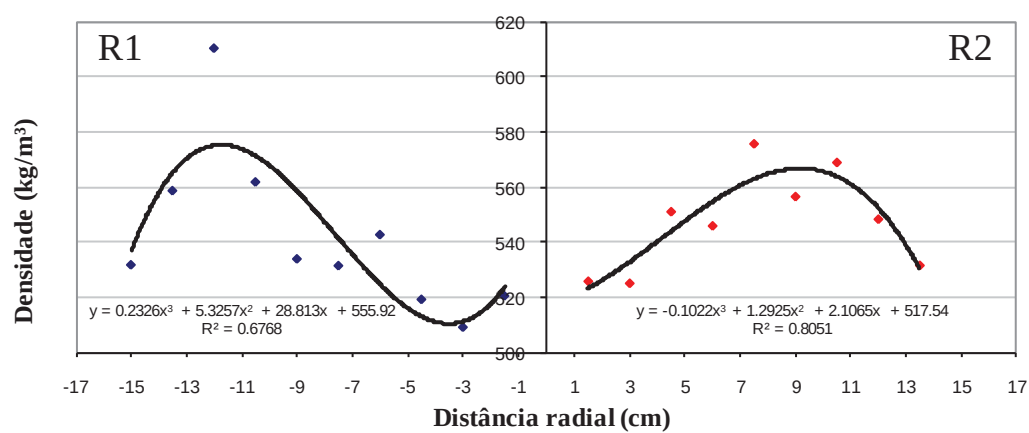
Medida descritiva	Densidade básica (kg/m ³)											
	Árvores											
	1		2		3		4		5		6	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Média	542	548	580	584	570	574	561	563	571	585	559	567
Máximo	611	576	607	611	596	597	588	595	602	605	608	587
Mínimo	509	525	517	543	540	528	525	453	478	553	523	547
Desvpad	29,3	17,9	25,7	23,1	18,0	20,1	19,5	46,5	31,3	18,2	23,4	13,0
CV (%)	5,40	3,27	4,42	3,96	3,17	3,51	3,48	8,25	5,48	3,12	4,18	2,29

Observa-se que os valores médios da densidade básica nas seis árvores variaram de 611 kg/m³ a 453 kg/m³. Os coeficientes de variação observados foram de 2,29% a 8,25%. Santana *et al.* (2001), estudando diversos clones de *Hevea brasiliensis*, com idade variando de 40 a 44 anos, obtiveram densidades básicas de 470 kg/m³ (clones AV-1301 e IAN-717) a 510 kg/m³ (clone GT-711).

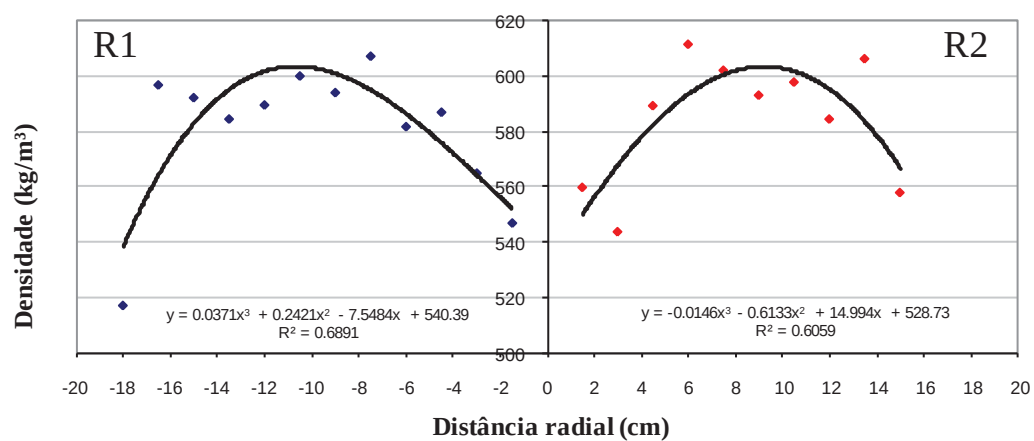
A variação radial da densidade básica das seis árvores estudadas está apresentada nas Figuras 12 e 13.

Pode-se observar, ainda, que, embora tenham algumas exceções, no geral a densidade básica ao longo do raio das árvores apresentou um aumento significativo a partir da medula até cerca de 8 a 11 cm do raio, seguido, quase que sistematicamente, de uma diminuição dos valores a partir desse ponto até a casca. Os valores da densidade básica na região próxima à casca foram próximos aos valores da densidade da região da medula e, às vezes, até menores.

Árvore 1



Árvore 2



Árvore 3

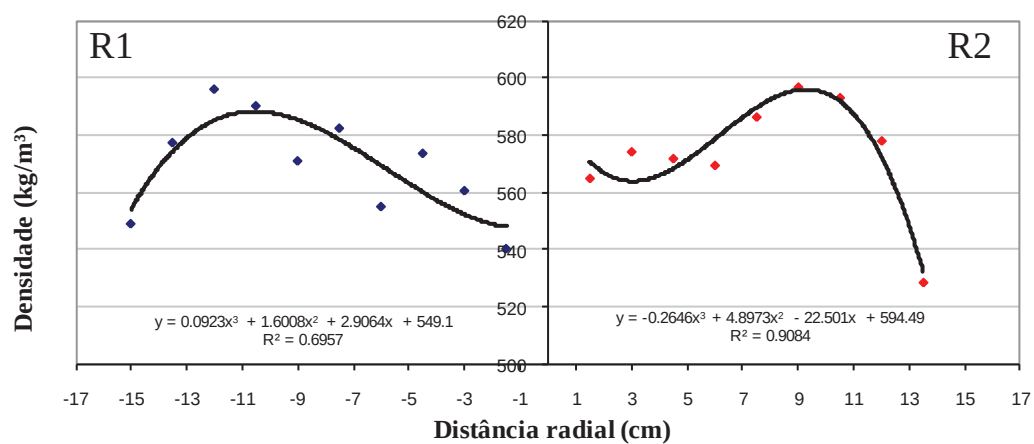
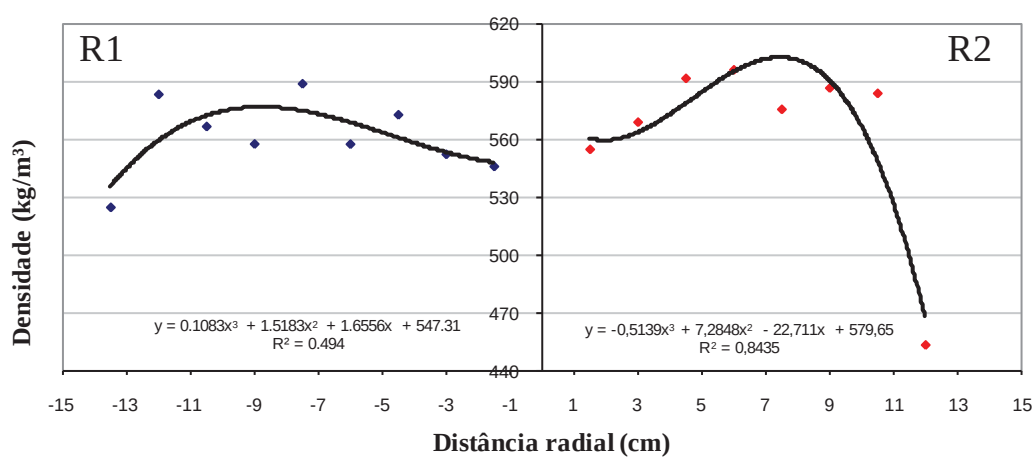
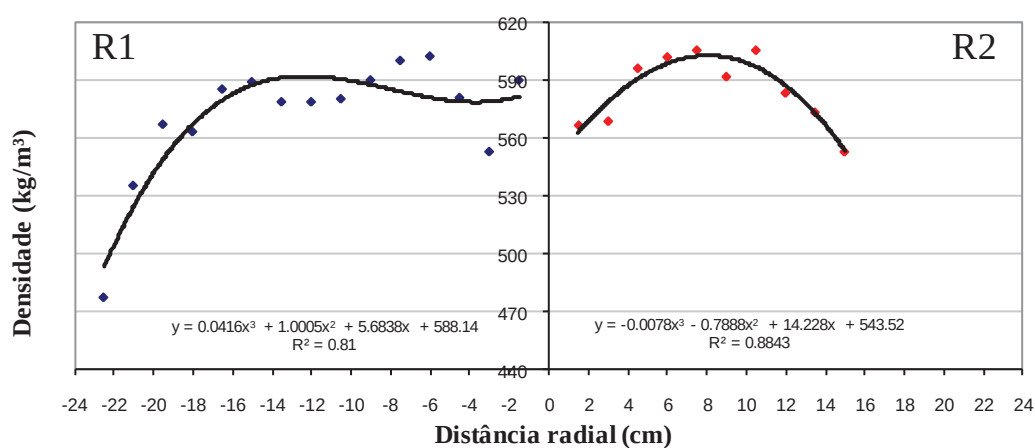


Figura 12 – Variação radial da densidade básica da madeira nos raios R1 e R2 - árvores 1 a 3

Árvore 4



Árvore 5



Árvore 6

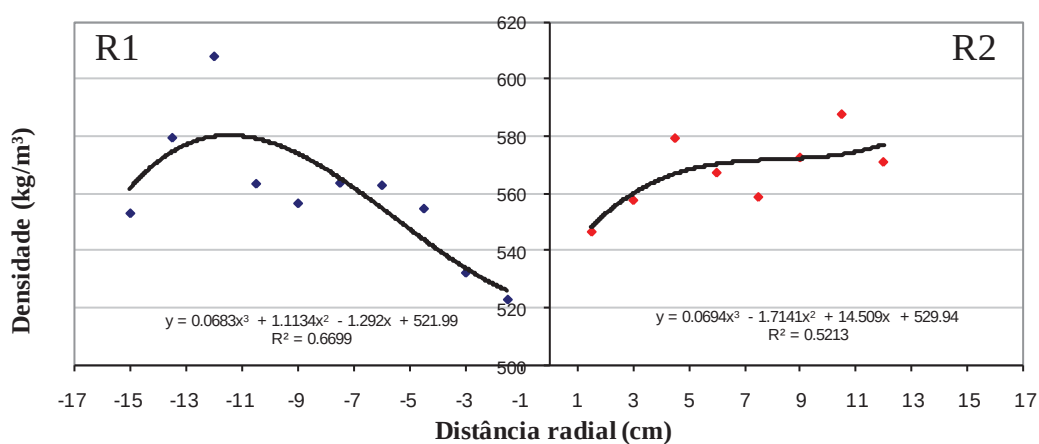


Figura 13 – Variação radial da densidade básica da madeira nos raios R1 e R2 - árvores 4 a 6

A tendência de aumento inicial da densidade a partir da medula, aqui observada em todas as árvores estudadas, é associada, normalmente, ao período de juvenilidade da madeira (ZOBEL; VAN BUIJTENEN, 1989; ZOBEL; SPRAGUE, 1998).

Numa análise geral da variação radial observa-se a ausência de estabilização dos valores de densidade básica, após ser atingido o valor máximo. Assim, pela análise de variação radial de densidade básica, não se pode caracterizar, de forma clara e inequívoca, o início do período de maturidade da madeira, que é normalmente associado a uma estabilização nos valores dessa propriedade. Além disso, as densidades mensuradas no ponto mais externo de observação (o mais próximo à casca) foram sistematicamente baixas, se comparadas com as de seus pontos vizinhos; essa ocorrência poderia, num primeiro momento, ser atribuída às injúrias mais recentes promovidas pelo processo de extração do látex, merecendo, contudo, estudos anatômicos complementares.

4.2. Laminação da madeira

4.2.1. Rendimento da laminação

A Tabela 5 apresenta os valores médios das dimensões e dos volumes das 24 toras nas diferentes etapas de laminação e, de forma completa, no Apêndice I, Tabela A37.

A Figura 14 apresenta os volumes médios obtidos em cada etapa do processo de laminação.

Tabela 5 – Valores médios do diâmetro e volume das toras nas diferentes etapas de laminação

Medida descritiva	Diâmetro (cm)			Volumes (m ³)						
	D _M	D _a	D _r	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇
Média	43,30	30,20	11,20	0,370	0,328	0,178	0,025	0,158	0,145	0,134
Máximo	62,00	38,40	16,50	0,738	0,679	0,274	0,053	0,255	0,352	0,231
Mínimo	35,80	19,40	10,00	0,245	0,211	0,075	0,019	0,087	0,057	0,043
desvpad	6,0	4,4	2,0	0,11	0,10	0,05	0,01	0,04	0,06	0,05
C.V (%)	13,85	14,62	17,85	29,61	31,63	28,12	40,96	28,05	42,28	35,33

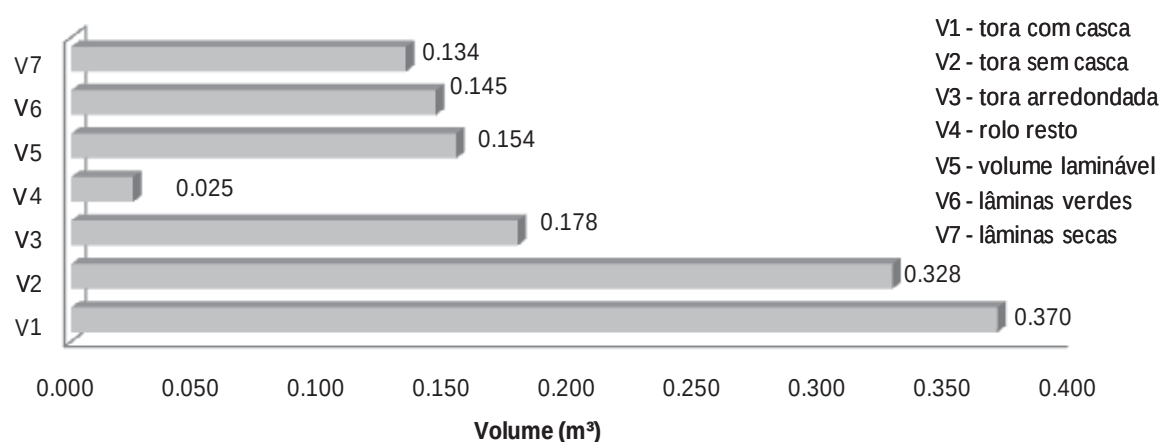
D_M: diâmetro médio das toras com casca; D_a: diâmetro médio após arredondamento;

D_r: diâmetro rolo resto; V₁: volume tora com casca; V₂: volume tora sem casca;

V₃: volume tora arredondada; V₄: volume rolo resto; V₅: volume de madeira laminável verde;

V₆: volume de lâminas verdes após guilhotinagem; V₇: volume de lâminas secas classificadas.

Observa-se que o diâmetro médio das 24 árvores amostradas foi de 43,3 cm, com valores mínimos e máximos de 35,8 e 62,0 cm com um coeficiente de variação de 13.85%.

**Figura 14** – Variação dos volumes médios no processo de laminação

Na Tabela 6 são apresentados os valores médios dos rendimentos e das perdas obtidas em cada etapa do processo de laminação.

Tabela 6 – Valores médios das perdas e rendimentos obtidos em cada etapa do processo de laminação

Rendimento (%)									
Medida descritiva	V ₂ /V ₁	V ₃ /V ₁	V ₄ /V ₁	V ₅ /V ₁	V ₆ /V ₁	V ₇ /V ₁	V ₆ /V ₂	V ₇ /V ₂	V ₇ /V ₃
Média	88,30	49,00	7,00	43,10	39,60	36,60	44,90	41,50	73,60
Máximo	92,00	67,80	15,30	60,30	63,00	56,60	72,90	65,60	85,70
Mínimo	86,10	27,20	2,50	27,90	16,50	15,60	18,70	18,00	47,40
desvpad	1,4	10,3	2,7	8,9	12,5	11,0	14,4	12,7	10,8
C.V (%)	1,60	21,00	38,80	20,73	31,52	30,17	31,99	30,69	14,62

V₂/V₁: rendimento tora sem casca; V₃/V₁: rendimento tora arredondada; V₄/V₁: rendimento rolo resto; V₅/V₁: rendimento laminável; V₆/V₁: rendimento lâminas verdes; V₇/V₁: rendimento de laminação (lâminas secas); V₆/V₂: rendimento de lâminas verdes em relação à tora sem casca; V₇/V₂: rendimento de lâminas secas em relação à tora sem casca; V₇/V₃: rendimento de lâminas secas em relação à tora arredondada.

Perdas (%)			
PD	PA	PR	PM
11,35	40,54	6,76	6,49

PD: perdas por descascamento; PA: perda por arredondamento; PR: perda com o rolo resto; PM: perda por manuseio e secagem.

De acordo com os dados da Tabela 6 observa-se que o rendimento médio de laminação obtido neste estudo foi de 36,6%, quando consideradas as lâminas secas, e de 39,6%, quando consideradas as lâminas verdes, em relação às toras com casca. Quando consideradas as toras sem casca o rendimento médio de laminação foi de 41,5% considerando o volume de lâminas secas e de 44,9% quando consideradas as lâminas verdes.

Os rendimentos de laminação obtidos neste estudo estão próximos de resultados médios reportados na literatura por vários autores, quando foram utilizadas toras provenientes de florestas plantadas e utilizadas na produção de lâminas para a produção de compensados. Por exemplo, rendimentos em laminação (lâminas verdes) em relação às toras sem casca, foram de 36,0 a 44,0% com espécies do gênero *Eucalyptus* (Pio, 1996) e 50,0% (Interamnense, 1998). Calculando rendimentos em laminação verde com relação às toras com casca, Brand e Muniz (2003) encontraram valores médios de 46,5% em *Pinus taeda*; Bonduelle et. al (2006) obteve rendimentos de 48% com de *Pinus spp* e Bortoletto Júnior (2008) obteve 54,4% com *Pinus merkusii*. Brand e Muniz (2003) encontraram rendimentos em laminação (lâminas secas) em relação às toras com casca de 40,6%.

As perdas oriundas das etapas de descascamento e arredondamento das toras corresponderam, em média, a 11,35% e 40,54% do volume das toras processadas, as quais se constituem as maiores perdas na primeira etapa do processo de laminação. A casca é inerente à espécie, não ao processo de laminação, e os valores observados, para esta espécie, estão dentro dos valores médios das toras de folhosas.

As perdas na operação de arredondamento estão relacionadas, em grande parte, à conicidade das árvores, que é mais acentuada nas toras mais próximas da base da árvore.

A perda elevada observada neste estudo na operação de arredondamento das toras de seringueira pode estar associada, em partes, à retirada das toras da parte basal das árvores, onde, conforme já comentado, o efeito da conicidade é mais relevante. Devido ao sistema de manejo dessas árvores, elas apresentam uma bifurcação do tronco a partir de 2,40 m de altura, aproximadamente (Figura 2-a). Estas perdas também estão associadas a defeitos naturais que as toras apresentaram antes do processo de laminação, tais como: deformação da parte basal da tora e o tecido de cicatrização por injúrias mecânicas, produzidas na abertura do painel de sangria nas árvores.

As perdas relativas ao rolo resto, em torno de 6,76%, estão relacionadas principalmente à qualidade das toras e características do equipamento utilizado para laminação (diâmetro das garras do torno laminador) e, em tese, devem ser pouco variáveis. Neste estudo observaram-se alguns valores de perdas bem superiores ($0,053 \text{ m}^3$) ao valor médio ($0,025 \text{ m}^3$). As perdas com o rolo resto podem ser acrescidas por problemas que surgem durante a laminação como, por exemplo, rachaduras acentuadas que levam à interrupção do processo antes de ser atingido o limite do equipamento, o que é mais comum em espécies nativas.

A perda média com o manuseio e contração por efeito da secagem das lâminas foi de 6,49%, valor considerado baixo. A operação de guilhotinagem visou à obtenção preferencial de lâminas com as dimensões nominais (lâminas inteiras), mas também lâminas com dimensões inferiores as nominais (lâminas de aproveitamento), com a intenção de obter rendimento máximo em lâminas úteis para a confecção de compensados. As perdas originadas por contração da madeira após o processo de secagem das lâminas foram de 3,0%.

4.2.2. Comprimento teórico do manto da laminação

Na Tabela 7 são apresentados os valores representativos do comprimento real e do comprimento teórico observada na (Equação 7) do manto de laminação das toras avaliadas. Os valores detalhados, utilizados para a compilação dessa tabela, são apresentados no Apêndice I, Tabelas A13 a A36.

Tabela 7 – Comprimentos do manto da laminação

nº de toras	Comprimento real manto da laminação (cm)	Comprimento teórica manto da laminação (cm)
1	2112,00	2057,88
2	3163,00	3076,68
3	3557,00	3410,13
4	3502,00	3536,65
5	3032,00	2982,60
6	3368,00	3318,48
7	787,00	833,58
8	1487,00	1541,57
9	2844,00	2772,93
10	3680,00	3535,15
11	2088,00	2184,91
12	2647,00	2615,41
13	2350,00	2374,09
14	3391,00	3325,44
15	3427,00	3297,27
16	1802,00	1859,82
17	2176,00	2267,79
18	4693,00	4693,81
19	2514,00	2578,70
20	1885,00	1878,98
21	2258,00	2227,15
22	2495,00	2538,41
23	4344,00	4370,23
24	2354,00	2335,71
Média	2748,17	2733,89
Máximo	4693,00	4693,81
Mínimo	787,00	833,58
Desvpad	905,7	874,2
CV (%)	32,96	31,98

Analisando os comprimentos do manto da laminação Tabela 7. Observa-se a expressiva variação das 24 toras estudadas, variando de 787 cm a 4693 cm respectivamente o coeficiente de variação de 32% foi elevado por conta, sobretudo, da variação diamétrica das toras utilizadas, valores com menores extensões estão associadas a menores diâmetros das toras.

Observa-se que o valor médio do comprimento real (2748,2 cm) é próximo do valor médio do comprimento teórico (2733,9 cm), avalizando a relação teórica proposta para obtenção do comprimento do manto da laminação.

4.2.3. Classificação das lâminas

Nas Tabelas 8, 9 e 10 são apresentados os valores do módulo de elasticidade dinâmico (E_d) obtidos dos ensaios de ondas de tensão na direção longitudinal das lâminas. Os valores individuais dos módulos de elasticidade das lâminas estão apresentados no Apêndice I, Tabelas A38 a A61.

Tabela 8 – Módulo de elasticidade dinâmico obtido pelo método de ondas de tensão (Árvore 1 a 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 9 – Módulo de elasticidade dinâmico obtido pelo método de ondas de tensão (Árvore 9 a16)

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 10 - Módulo de elasticidade dinâmico obtido pelo método de ondas de tensão (Árvore 17 a 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

Pelas Tabelas 8, 9 e 10 observa-se que os módulos de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas variam de 4887 MPa a 13010 MPa. Os coeficientes de variação observados foram de 5,96% a 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 11) das quais foram selecionadas lâminas das classes baixo, médio e alto.

Tabela 11 – Classes de Módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas

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

Na Figura 15 é apresentada a distribuição de frequência do módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas avaliadas. A partir de 32 lâminas de alto módulo de elasticidade dinâmico (E_d), define-se o limite de 10979. A partir da quantidade de lâminas de baixo módulo de elasticidade dinâmico (E_d), define-se o limite 7323. Por fim, com estimativas centradas na mediana, definem-se os limites 8200 a 8948. A classificação obtida desta distribuição em relação aos três grupos estabelecidos para este estudo foi nas faixas de 4887 a 7323 MPa, 8200 a 8900 MPa e 10979 a 13010 MPa, respectivamente. As classes X1 e X2 foram excluídas para evitar contaminação entre as classes escolhidas.

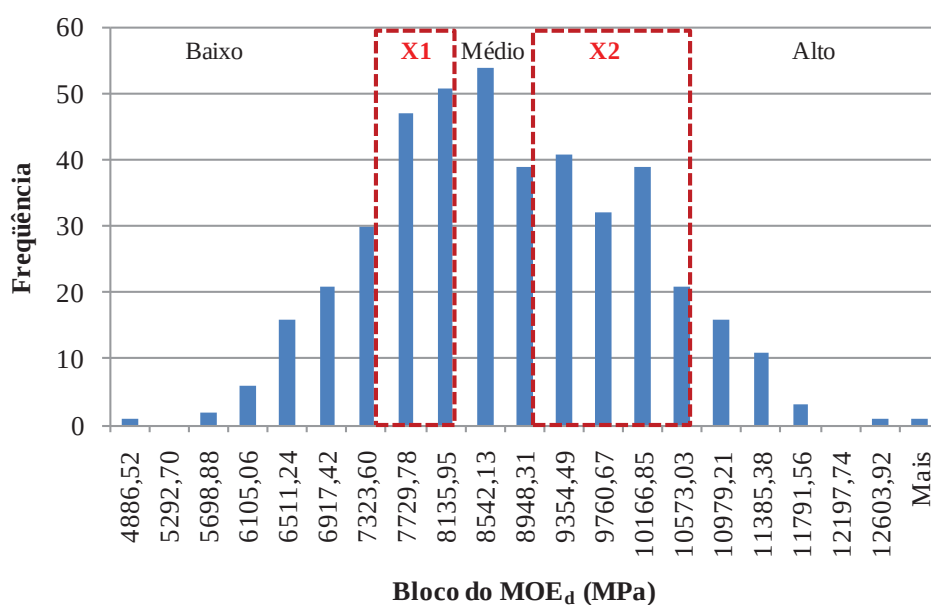


Figura 15 – Distribuição da frequência do módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas

4.3. Arranjo final das lâminas nos painéis compensados

Nas Tabelas 12 a 16 são apresentadas os valores dos módulos de elasticidade dinâmicos (E_d) das lâminas que compõem cada arranjo dos painéis compensados dos tratamentos T1 a T5, respectivamente.

Tabela 12 – Módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas utilizadas na confecção dos três painéis do tratamento (T1)

T1 Camada	Módulo de elasticidade dinâmico - E_d (MPa)		
	Painel 1	Painel 2	Painel 3
Capa superior	6095	6536	6626
Transversal*	7545 / 7444	7253 / 7047	6741 / 6913
Longitudinal	6811	6555	6811
Transversal*	7466 / 7532	7530 / 7409	7535 / 7552
Longitudinal	7016	6963	6409
Transversal*	7518 / 7329	7506 / 7377	7425 / 7493
Longitudinal	7313	7124	7084
Transversal*	7591 / 7366	7479 / 7471	7460 / 7075
Capa inferior	6900	6981	7023

* as camadas transversais foram produzidas a partir de duas lâminas; os valores apresentados referem-se às lâminas posicionadas, à direita e à esquerda de um referencial fixo.

Tabela 13 – Módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas utilizadas na confecção dos três painéis do tratamento (T2)

T2 Camada	Módulo de elasticidade dinâmico - E_d (MPa)		
	Painel 1	Painel 2	Painel 3
Capa superior	10716	10829	11223
Transversal*	6563 / 5536	7207 / 6791	6399 / 6478
Longitudinal	6138	7381	7487
Transversal*	6873 / 6569	7200 / 6832	6551 / 6611
Longitudinal	5793	6158	7446
Transversal*	6449 / 7096	6489 / 6925	6905 / 6312
Longitudinal	6283	5644	7389
Transversal*	6481 / 6691	6005 / 7156	6763 / 7253
Capa inferior	10628	10628	10614

* as camadas transversais foram produzidas a partir de duas lâminas; os valores apresentados referem-se às lâminas posicionadas, à direita e à esquerda de um referencial fixo.

Tabela 14 – Módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas utilizadas na confecção dos três painéis do tratamento (T3)

T3 Camada	Módulo de elasticidade dinâmico - E_d (MPa)		
	Painel 1	Painel 2	Painel 3
Capa superior	13010	10689	11357
Transversal*	6765 / 7183	7101 / 7018	6499 / 6939
Longitudinal	11233	10610	11229
Transversal*	6170 / 6287	5770 / 5758	6702 / 7177
Longitudinal	10771	11504	12263
Transversal*	6332 / 7051	7641 / 7170	6278 / 6438
Longitudinal	11108	10923	11426
Transversal*	7173 / 5762	6930 / 7153	7523 / 7012
Capa inferior	10817	11317	10615

* as camadas transversais foram produzidas a partir de duas lâminas; os valores apresentados referem-se às lâminas posicionadas, à direita e à esquerda de um referencial fixo.

Tabela 15 – Módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas utilizadas na confecção dos três painéis do tratamento (T4)

T4 Camada	Módulo de elasticidade dinâmico - E_d (MPa)		
	Painel 1	Painel 2	Painel 3
Capa superior	8446	8274	8519
Transversal*	8749 / 8254	8708 / 8375	8285 / 8700
Longitudinal	8242	8618	8823
Transversal*	8211 / 8529	8398 / 8457	8837 / 8400
Longitudinal	8284	8647	8752
Transversal*	8360 / 8510	8582 / 8415	8817 / 8568
Longitudinal	8349	8796	8532
Transversal*	8529 / 8699	8257 / 8651	8480 / 8671
Capa inferior	8200	8863	8246

* as camadas transversais foram produzidas a partir de duas lâminas; os valores apresentados referem-se às lâminas posicionadas, à direita e à esquerda de um referencial fixo.

Tabela 16 – Módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas utilizadas na confecção dos três painéis do tratamento (T5)

T5 Camada	Módulo de elasticidade dinâmico - E_d (MPa)		
	Painel 1	Painel 2	Painel 3
Capa superior	10991	10797	10701
Transversal*	8233 / 8386	8635 / 8737	8516 / 8524
Longitudinal	8919	8395	8898
Transversal*	8226 / 8489	8673 / 8604	8307 / 8482
Longitudinal	8941	8751	8671
Transversal*	8764 / 8613	8862 / 8243	8838 / 8380
Longitudinal	8932	8549	8346
Transversal*	8896 / 8795	8523 / 8316	8629 / 8504
Capa inferior	10862	11133	10792

* as camadas transversais foram produzidas a partir de duas lâminas; os valores apresentados referem-se às lâminas posicionadas, à direita e à esquerda de um referencial fixo.

4.4. Ensaio físico-mecânico dos painéis compensados

Para facilitar a interpretação dos resultados que seguem nas tabelas, a cada tratamento estudado foi associado a um código que o representa, considerando-se a forma de sua produção. Assim:

- Tratamento T1 – homog. B – por contar, exclusivamente com lâminas de baixo módulo de elasticidade.
- Tratamento T2 – comb. A+B – por usar lâminas de alto módulo de elasticidade nas faces do painel e baixo módulo de elasticidade no centro.
- Tratamento T3 – alternado – por apresentar disposição alternada de lâminas de alto e baixo módulo de elasticidade respectivamente.
- Tratamento T4 – homog. M – por contar, exclusivamente com lâminas de médio módulo de elasticidade.
- Tratamento T5 – comb. A+M – por usar lâminas de alto módulo de elasticidade nas faces do painel e médio módulo de elasticidade no centro.

Os valores individuais dos ensaios físico-mecânicos apresentam-se de forma completa, no Apêndice I, Tabela A62.

4.4.1. Densidade aparente

Na tabela 17 são apresentados os valores médios da densidade aparente dos tratamentos dos painéis compensados.

Tabela 17 – Densidade aparente dos painéis compensados

Densidade Aparente (kg/m ³)	Tratamento				
	T1 homog. B	T2 comb. A+B	T3 alternado	T4 homog. M	T5 comb. A+M
Média	783 A	754 A	765 A	776 A	756 A
Máximo	815	780	782	804	778
Mínimo	757	727	745	751	723
Desvpad	12,83	14,64	7,10	13,31	11,53
CV (%)	1,64	1,94	0,93	1,72	1,53

Nota:

1) em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam densidade aparente entre tratamentos.

2) tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($p > 0,05$)

A densidade aparente dos painéis compensados foi semelhante nos cinco tratamentos avaliados, variando de 723 kg/m³ a 815 kg/m³. Os valores dos coeficientes de variação foram baixos para todos os tratamentos de 0,93% a 1,94% respectivamente indicando homogeneidade dos painéis. Para essa propriedade não houve diferenciação estatisticamente significativa entre os tratamentos.

Todos os painéis compensados estudados apresentaram densidade aparente média superior a igual parâmetro avaliado para as lâminas originais de 585 kg/m³ a 620 kg/m³. A densidade aparente dos painéis também foi superior a reportada para madeira sólida do clone (RRIM 600) de 30 anos de idade variando de 651 kg/m³ a 717 kg/m³, valores reportados em ensaio piloto realizado no Laboratório de Ensaio de Materiais do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, seguindo-se a recomendação da NBR 7190 (ABNT, 1997).

Para a faixa de pressões de 7 kgf/cm^2 a 21 kgf/cm^2 na prensa de produção de compensados, normalmente usadas na indústria, ocorre uma retração nas chapas de aproximadamente 5% a 10% para um teor de umidade de lâminas de até 10%, ocasionando uma redução do volume por esmagamento e um leve aumento da densidade do produto comprimido. Sendo assim, a densidade de um compensado é um pouco maior do que da madeira sólida (WELLONS et al., 1983; BIER, 1983).

4.4.2. Teor de umidade

Os valores médios do teor de umidade dos tratamentos são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – Teor de umidade dos painéis compensados

Teor de umidade (%)	Tratamento				
	T1 homog. B	T2 comb. A+B	T3 alternado	T4 homog. M	T5 comb. A+M
Média	12,1 A	11,7 AB	11,4 B	12,0 A	11,3 B
Máximo	13,0	13,6	11,9	12,4	11,8
Mínimo	11,5	10,2	10,9	11,5	10,7
Desvpad	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
CV (%)	2,65	2,85	2,45	2,02	2,54

Nota:

1) em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam teor de umidade entre tratamentos.

2) tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($p > 0,05$)

O teor de umidade dos painéis nos cinco tratamentos foi praticamente uniforme, com valor médio de todos os tratamentos de 11,7%.

Observa-se que todos os tratamentos alcançaram a umidade média de equilíbrio próximo a 12% nas condições de climatização recomendada pela norma. Segundo Kollmann et al (1975), o teor de umidade em diferentes painéis laminados com densidades entre 430 kg/m^3 e 794 kg/m^3 , depois da armazenagem em uma (umidade relativa de $65\% \pm 2\%$ e temperatura de $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$), variou entre 7,3% e 12,7%, sendo 10% o seu valor médio.

4.4.3. Propriedades de flexão dos painéis compensados

Nas Tabelas 19 e 20 são apresentados valores médios da resistência à flexão estática e do módulo de elasticidade longitudinal nessa solicitação. Nas tabelas 21 e 22 estão apresentados os valores obtidos para essas propriedades quando à flexão se deu na direção transversal do painel.

Tabela 19 – Resistência à flexão estática na direção longitudinal.

$f_{M,l}$ (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

Nota:

1) em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam resistências à flexão longitudinal entre tratamentos.

2) tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($p > 0,05$)

Tabela 20 – Módulo de elasticidade à flexão estática na direção longitudinal

$E_{s,l}$ (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

Nota:

1) em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam módulos de elasticidade à flexão longitudinal entre tratamentos.

2) tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($p > 0,05$)

Tabela 21 – Resistência à flexão estática na direção transversal

$f_{M,t}$ (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

Nota:

1) em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam resistências à flexão transversal entre tratamentos.

2) tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($p>0,05$)

Tabela 22 – Módulo de elasticidade à flexão estática na direção transversal

$E_{s,t}$ (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

Nota:

1) em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam módulo de elasticidade à flexão transversal entre tratamentos.

2) tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($p>0,05$)

Os valores médios do módulo de elasticidade e da resistência na direção transversal atingiram 75,56% e 55,17% aos 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 condicionantes do desempenho mecânico inferior à flexão

longitudinal. Mesmo nos casos onde eram selecionadas lâminas de alto módulo para capa e contra capa como no tratamento (T2), onde o desempenho não foi melhorado.

Retomando-se as tabelas 12 e 13 pode-se observar que embora no centro dos painéis tivessem sido utilizadas lâminas de baixo módulo de elasticidade, as relativas ao tratamento (T2) tiveram sistematicamente módulos inferiores aqueles das lâminas do tratamento (T1). Esta ocorrência pode justificar o desempenho superior do tratamento (T1) em relação ao (T2).

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

Conforme apresentado na Tabela 23 os valores médios de módulo de elasticidade e de resistência na direção longitudinal e transversal dos compensados atingiram os limites mínimos referenciais para os compensados apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais para painéis compensados de madeira tropical e *Pinus*. Os valores médios normativos do módulo de elasticidade transversal referentes à Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente (2007a; 2007b) e ao Projeto NBR 31:000.05-001/1 (ABNT, 2004), atingiram somente 88,05%, 86,32% respectivamente. Observa-se que os painéis compensados de seringueira, atenderam aos requisitos mínimos para compensados de uso geral e industrial (critérios qualitativos) formas de concreto (item 5 da nota de rodapé da Tabela 23). O valor médio do módulo de elasticidade na direção transversal atingiu 83,02% ao mesmo valor médio avaliado na direção longitudinal.

Tabela 23 – Propriedades físicas e mecânicas de compensados, reportados em códigos normativos nacionais

Normas	Flexão estática (MPa)			
	Longitudinal		Transversal	
	$f_{M,l}$	$E_{s,l}$	$f_{M,t}$	$E_{s,t}$
Pesquisa ₁	57,11	6772	43,15	3736
ABIMCI ₂	42,99	4680	42,93	4243
ABIMCI ₃	40,13	4908	33,78	3305
Projeto NBR ₄	32,16	5872	32,16	4328
Projeto NBR ₅	35,00	4000	40,00	4500

¹Resultados pesquisa; ²ABIMCI (2007a): compensado estrutural de madeira tropical uso externo (ensaio norma EN);

(ensaio norma EN); ³ABIMCI (2007b): compensado estrutural de madeira de pinus uso externo (ensaio norma EN);

⁴Projeto NBR 31:000.05-001/1: propriedades do compensado de 20 mm de espessura e 9 lâminas de pinus brasileiro

(ensaio normas ABNT e ASTM); ⁵Projeto NBR 31:000.05-001/1 especificações de compensados quanto ao uso final – forma de concreto (ensaio DIN 68792-1979)

4.4.4. Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento

As Tabelas 24 a 26 apresentam os valores de resistência da colagem ao esforço de cisalhamento, para as três condições de ensaio (após umedecimento em água fria, após umedecimento em água quente 6h e após umedecimento em água quente 4x4h).

Tabela 24 – Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento condição de imersão em água fria

Água Fria ($t_{r,f}$) (MPa)	Tratamento					
	T1 homog. B	T2 comb. A+B	T3 alternado	T4 homog. M	T5 comb. A+M	FM (%)
Média	2,884 A	2,652 A	2,939 A	2,705 A	2,972 A	28,33
Máximo	3,758	4,210	4,195	4,376	4,067	95,00
Mínimo	1,706	1,766	1,958	1,821	1,573	5,00
Desvpad	0,376	0,430	0,319	0,482	0,485	26,56
CV (%)	13,03	16,21	10,84	17,80	16,33	93,73

tr - tensão de ruptura ao esforço de cisalhamento; FM - porcentagem de falha na madeira.

1) em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam resistência da colagem (água fria) entre tratamentos.

2) tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($p > 0,05$)

Tabela 25 – Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento condição de imersão em água quente 6h

6h ($t_{r,q6}$) (MPa)	Tratamento					
	T1 homog. B	T2 comb. A+B	T3 alternado	T4 homog. M	T5 comb. A+M	FM (%)
Média	2,393 A	2,299 A	2,532 A	2,413 A	2,549 A	14,00
Máximo	3,269	3,181	3,254	3,757	3,562	50,00
Mínimo	1,149	1,560	1,646	1,792	1,605	0,00
Desvpad	0,362	0,321	0,300	0,336	0,428	17,44
CV (%)	15,14	13,96	11,86	13,94	16,81	124,57

tr - tensão de ruptura ao esforço de cisalhamento; FM - porcentagem de falha na madeira.

1) em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam resistência da colagem (água quente 6h) entre tratamentos.

2) tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($p>0,05$)

Tabela 26 – Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento condição de imersão em água quente 4x4h

4x4h ($t_{r,q4}$) (MPa)	Tratamento					
	T1 homog. B	T2 comb. A+B	T3 alternado	T4 homog. M	T5 comb. A+M	FM (%)
Média	2,227 A	2,165 A	2,475 A	2,393 A	2,458 A	5,50
Máximo	2,782	2,574	3,603	3,498	3,448	25,00
Mínimo	1,634	1,632	2,022	1,790	1,498	0,00
Desvpad	0,232	0,194	0,261	0,304	0,324	8,94
CV (%)	10,43	8,97	10,56	12,71	13,19	162,55

tr - tensão de ruptura ao esforço de cisalhamento; FM - porcentagem de falha na madeira.

1) em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam resistência da colagem (água quente 4x4h) entre tratamentos.

2) tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($p>0,05$)

Analisando os resultados médios das três condições de ensaio observa-se que não existe diferença estatística significativa entre os tratamentos. Este comportamento indica o bom desempenho dos corpos de prova no ensaio de cisalhamento e linha de cola, com todos os valores de resistência sendo superiores a 2,0 MPa.

De acordo com o Projeto 31:000.05-001/2 - Painéis de Madeira Compensada, o ensaio de resistência da linha de colagem ao esforço de cisalhamento tem como finalidade avaliar a qualidade da linha de colagem e classificar os painéis quanto ao local de utilização. Assim, a norma define três tipos básicos: painel para uso interior – IR

(avaliado no ensaio em condição seca), para uso intermediário – IM (avaliado no ensaio em condição úmida) e para uso exterior – EX (avaliado no ensaio em condição pós-fervura). Para isto, os valores médios da resistência da linha de colagem ao esforço de cisalhamento e da falha na madeira devem atender aos requisitos especificados Na Tabela 27, conforme orientação da norma.

Tabela 27 – Requisitos de colagem (valores médios)

Tensão de ruptura ao cisalhamento - t_r (MPa)	Falha na madeira (%)
$0,2 \leq t_r < 0,4$	≥ 80
$0,4 \leq t_r < 0,6$	≥ 60
$0,6 \leq t_r < 1,0$	≥ 40
$t_r \geq 1,0$	Sem exigência

Fonte: Projeto 31:000.05-001/2

De acordo com os valores médios de resistência da colagem ao esforço de cisalhamento, apresentado nas Tabelas 24, 25 e 26, observa-se que os painéis compensados de seringueira atendem, nos cinco tratamentos, aos requisitos estabelecidos nas três condições de ensaio. Assim, estes painéis podem ser indicados para uso interno, intermediário ou externo.

4.4.5. Ensaio de inchamento e recuperação da espessura

As Tabelas 28 e 29 apresentam os valores médios dos resultados do ensaio de recuperação da espessura e do inchamento mais recuperação da espessura.

Tabela 28 – Recuperação da espessura dos painéis compensados

R (%)	Tratamento				
	T1 homog. B	T2 comb. A+B	T3 alternado	T4 homog. M	T5 comb. A+M
Média	0,80 A	0,49 A	0,63 A	0,90 A	0,78 A
Máximo	1,53	0,76	1,01	1,58	1,74
Mínimo	0,30	0,30	0,39	0,32	0,41
Desvpad	0,4	0,1	0,2	0,3	0,3
CV (%)	48,06	24,16	27,51	38,53	36,42

Nota:

1) em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam resistências à flexão entre tratamentos.

2) tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($p>0,05$)

Tabela 29 – Inchamento mais recuperação da espessura dos painéis compensados

IR (%)	Tratamento				
	T1 homog. B	T2 comb. A+B	T3 alternado	T4 homog. M	T5 comb. A+M
Média	4,71 A	4,13 A	4,18 A	4,49 A	4,55 A
Máximo	5,80	4,65	4,91	5,95	4,98
Mínimo	3,99	3,48	3,40	3,79	3,73
Desvpad	0,3	0,3	0,3	0,5	0,2
CV (%)	6,12	8,12	7,73	10,18	5,02

Nota:

1) em uma mesma linha, letras maiúsculas comparam resistências à flexão entre tratamentos.

2) tratamentos com pelo menos uma letra igual não diferem significativamente ($p>0,05$)

Pelos valores apresentados nas Tabelas 28 e 29, observa-se que não existiu diferença estatística significativa nos cinco tratamentos estudados.

O valor médio, mínimo e máximo para (R) entre os tratamentos foi de 0,72%, 0,30% e 1,74%, respectivamente. Estes valores estão muito próximos a zero valor este que manteve praticamente a espessura do corpo de prova de controle, revelando assim um bom desempenho dos corpos de prova para este ensaio. Com relação ao valor médio para (IR) foi de 4,41% seguido de valor mínimo e máximo de 3,40% e 5,95%. Os valores de coeficiente de variação foram baixos, para todos os tratamentos variando de 5,02% a 10,18% indicando homogeneidade dos painéis.

É importante ressaltar que durante a prensagem dos painéis compensados se produz um incremento da densidade e tensões internas, fatores estes que afetam a estabilidade dimensional na direção da compressão. Quando o painel compensado absorve água e incha, parte das tensões internas é liberada, e é a causa disto quando o produto é seco não consegue retornar a sua espessura original. O inchamento na espessura dos painéis está formado por dois componentes, o inchamento por absorção de água e o causado pela liberação das tensões de prensagem. Entre as variáveis de prensagem o tempo de prensagem afeta de maneira significativa a recuperação de espessura, sendo que para tempos mais longos corresponderam valores maiores de recuperação de espessura. Wellons et al. (1983) estabeleceram que ao aumentar o tempo de prensagem aumenta a compressão e decorrente disto crescem as tensões internas nos painéis compensados o que produz maiores valores de recuperação de espessura.

Os valores percentuais de (R) e (IR) obtidos neste estudo para todos os tratamentos foram superiores aos resultados médios reportados na literatura por vários autores. Segundo Iwakiri et al. (2001) estudando *Pinus caribaea*, *Pinus chiapensis*, *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa*, *Pinus tecunumannii* e *Pinus taeda*, reportou valores médios de 6,56% e 1,24%. Para a espécie do gênero *Eucaliptus maculata e punctata*, Interamnense (1998) cita valores de 10,01% e 2,51% respectivamente.

5. CONCLUSÕES

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

- Todos os tratamentos estudados para os painéis compensados revelaram bom desempenho físico-mecânico, ultrapassando os limites médios de referência (códigos normativos) estabelecidos para painéis compensados; os coeficientes de variação obtidos para os valores de todas as propriedades foram consideravelmente inferiores, revelando a elevada homogeneidade desse produto;
- Os painéis compensados de madeira de *Hevea brasiliensis* (seringueira) podem ser produzidos industrialmente, utilizando-se os mesmos equipamentos e variáveis gerais do processo de fabricação de compensados industriais;
- Os rendimentos industriais de laminação e as porcentagens de perdas das toras de seringueira (*Hevea brasiliensis*) mostraram-se satisfatórios em relação aos encontrados na literatura para outras madeiras;
- Foi possível separar as lâminas de diferentes qualidades com uso de ensaios não-destrutivos de ondas de tensão;
- Os valores médio do módulo de elasticidade dinâmico (E_d) das lâminas variou de 4887 MPa a 13010 MPa, obtendo ampla variação radial sentido medula – casca;
- A densidade observada para os painéis compensados variou de 723 kg/m³ a 815 kg/m³ apresentando-se superior a da lâmina que foi de 585 kg/m³ a 620 kg/m³;

- 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 valores médios apresentado nos tratamentos T3, T4 e T5, não apresentando diferenças estatísticas significativas;
- As lâminas de baixo módulo de elasticidade que foram condicionantes do desempenho mecânico inferior à flexão longitudinal. Mesmo nos casos onde eram selecionadas lâminas de alto módulo para capa e contra capa, tratamento (T2), o desempenho não foi melhorado;
- A classificação das lâminas de seringueira com base nas classes de módulo de elasticidade dinâmico (E_d) não influenciou de forma significativa nos resultados de densidade, umidade, resistência à linha de cola e determinação do inchamento e recuperação da espessura;
- Nos ensaios de resistência da colagem ao esforço de cisalhamento mostraram bom desempenho, atingindo valores de resistência superiores a 2,0 MPa. Assim, enquadrando-se aos três tipos básicos descritos pela norma: Projeto 31:000.05-001/2, painel para uso interior – IR, para uso intermediário – IM e para uso exterior – EX;

De uma forma geral, as propriedades dos painéis compensados, de *Hevea brasiliensis* avaliados neste estudo, indicam que esta espécie tem um grande potencial para a produção destes painéis em escala industrial classificados como compensados de uso geral – GER, compensados industrial – IND, e forma de concreto – FOR, de acordo com a norma NBR 31:000.05-001/1, mas é importante na continuidade dos trabalhos, o desenvolvimento de mais pesquisas com painéis compensados de seringueira, para ajustar variáveis do processo e obter produtos com maior desempenho estrutural;

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Painéis de compensado de madeira tropical**. 2007a. 4 p. (Catálogo técnico, n. 1).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Painéis de compensado de pinus**. 2007a. 4 p. (Catálogo técnico, n. 2).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. Estudo setorial 2007: indústria de madeira processada mecanicamente. 2007. 41 p. Disponível em: <http://www.abimci.com.br/dmdocuments/ABIMCI_Estudo_Setorial_2007.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9484**: madeira compensada: determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro, 1986a. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9485**: madeira compensada: determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 1986b. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9533**: madeira compensada: determinação da resistência à flexão estática. Rio de Janeiro, 1986c. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9535**: madeira compensada: determinação do inchamento. Rio de Janeiro, 1986d. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190/97**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. p. 48-49.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Painéis de madeira Compensada**: projeto 31:000.05-001/1: proposta 1. Rio de Janeiro, 2004, 95 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12466-1**: madeira compensada: qualidade de colagem: parte 1: métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2006a. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12466-2**: madeira compensada: qualidade de colagem: parte 2: requisitos. Rio de Janeiro, 2006b. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2009. Brasília, DF, 2010. 140 p.

BALDWIN, R. F. **Plywood manufacturing practices**. San Francisco: Miller Freeman, 1981. 326 p.

BALLARIN, A. W. **Desempenho físico-mecânico de painéis LVL de pinus tropicais da região de São Paulo**. 2007. 118 p. Relatório Científico FAPESP. Não publicado.

BALSIGER, J.; BAHDON, J.; WHITEMAN, A. **The utilization, processing and demand for rubberwood as a source of wood supply, forestry policy and planning division**. Rome: FAO, 2000. (Asia Pacific Forestry Sector Outlook Study Working Paper, n. 50).

BIER, H. **Radiata pine plywood**: an experimental study of the bending properties of structural plywood. Rotorua: New Zealand Forest Service, 1983. 24 p. (FRI Bulletin, 53).

BODIG, J.; JAYNE, B. A. **Mechanics of wood and wood composites**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993. 711 p.

BONDUELLE, G. M. et al. Fatores que influenciam no rendimento em laminação de *Pinus spp.* **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 12, n. 2, p. 35-41, 2006.

BORTOLETTO JÚNIOR, G. Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus merkusii* para produção de lâminas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 95-103, 2008.

BRAND, M. A.; MUÑIZ, G. I. B. Caracterização do rendimento e dos resíduos em uma laminadora através do balanço de materiais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2003. 1 CD-ROM.

CAMPELO JÚNIOR, J. H. Estimativa da transpiração em seringueira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 35-42, 2000.

CENTURION, M. A. P. C. et al. Efeito do manejo da entrelinha da seringueira sobre as propriedades químicas do solo, o estado nutricional e o crescimento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 185-193, 2005.

DHAMODARAM, T. K. Status of rubber wood processing and utilization in India: a country report. In: YOUKE, Z. **Promotion of rubberwood processing technology in the Asia-Pacific region**. Haikou: ITTO/CFC, 2008. p. 17-37.

EUFRATE JUNIOR, H. J. et al. **Potencial tecnológico da madeira serrada do clone RRIM 600 de seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex. A. Juss.) Müll. Arg.)** In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 23., 2011, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA, 2011. 1 CD-ROM.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood as an engineering material**. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, 1999. 463 p. (General technical report, 113).

GAMEIRO, A. H.; GAMEIRO, M. B. P. Perspectivas para o mercado internacional de borracha natural. In: PÁDUA, A.; CARMO, C. A. F. S. (Orgs.). **Perspectivas para o mercado internacional de borracha natural**. Viçosa: EPAMIG, 2008. p. 857-877.

GERHARDS, C. C. **Effect of cross grain on stress waves in lumber**. Madison: U.S. Department of Agriculture, 1981. 11 p. (Research paper, 368).

GERHARDS, C. C. **Effect of knots on stress waves in lumber**. Madison: U.S. Department of Agriculture, 1982. 32 p. (Research paper, 384).

GONÇALVES, P. S. Recomendação de clones de seringueira para o Estado de São Paulo. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE A HEVEICULTURA PAULISTA, 1., 1998, Barretos. **Anais...** Barretos: Secretaria de Agricultura e Abastecimento; Associação Paulista de Produtores e Beneficiadores de Borracha, 1999. p. 115-140.

GONÇALVES, P. S. Uma história de sucesso: a seringueira no Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, Campinas, v. 54, n. 1, p. 6-14, 2002.

GONÇALVES, P. S. et al. **Manual de heveicultura para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 78 p. (Série tecnológica APTA, 189).

GONÇALVES, P. S. et al. Desempenho de clones de seringueira da série IAC 300 na região do planalto de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 2, p. 131-138, fev. 2002.

GONÇALVES, S. J. F.; ALMEIDA, A. R. C. **A indústria de lâminas e compensados de madeira no Estado do Amazonas**: um cenário do processo produtivo e tendências para o próximo milênio. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART388.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2011.

HARIDASAN, V. Rubber wood: promise of the future. **Rubber Board Bulletin**, Kottayam, v. 25, p. 7-8, 1989.

HEARMON, R. F. S. Vibration testing of wood. **Forest Products Journal**, Madison, v. 16, n. 8, p. 29-40, 1966.

HOI, W. K. Charcoal and briquettes from rubberwood. **Rubberwood Processing and Utilization**, n. 39, p. 207-221, 1994.

INSTITUTO AGRÔNOMO DE CAMPINAS. **Programa seringueira**. Campinas, 2004. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/centros/centro_cafe/seringueira/programa%20seringuiera.htm>. Acesso em: 24 fev. 2010.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **A importância da borracha**. Campinas, 2008. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/UniPesquisa/Seringueira/QuemSomos/ImportanciaBorracha.asp>>. Acesso em: 15 out. 2010.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O cultivo da seringueira (*Hevea spp.*)**. Londrina, 2004. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/cultsering.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2009.

INTERAMNENSE, M. T. **Utilização das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* (F. Muell), *Eucalyptus maculata* (Hook) e *Eucalyptus punctata* DC var. *punctata* para a produção de painéis compensados**. 1998. 81 f. Tese (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

IWAKIRI, S. et al. Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de pinus tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 71-77, 2001.

JAYNE, B. A. Vibrational properties of wood as indices of quality. **Forest Products Journal**, Madison, v. 9, n. 11, p. 413-416, 1959.

KAISERLIK, J. H.; PELLERIN, R. F. Stress wave attenuation as an indicator of lumber strength. **Forest Products Journal**, Madison, v. 27, n. 6, p. 39-43, 1977.

KEINERT JUNIOR, S. Influência de diversos parâmetros nas propriedades de chapas de partículas. **Paraná Florestal**, Curitiba, v. 3, p.19-23, 1984.

KRONKA, F. J. N.; RIBAS, C.; MONTEIRO, C. **Uso potencial da seringueira**. 2009. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/secure/Palestra2006_Heveicultura.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2009.

MARINHO, J. T. S. **Seringueira: opções de cultivo e geração de renda na Amazônia**. 2003. Disponível em: <<http://www.cpaefac.embrapa.br/chefias/cna/artigos/seringa>> Acesso em: 04 maio 2008.

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**, Songkhla, v. 25, p. 327-340, 2003.

MATOS, J. L. M. **Estudos sobre a produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de *Pinus taeda* L.** 1997. 117 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

MAY, A.; GONÇALVES, P. S. Produtos complementares na exploração do seringal. Matéria técnica. **Borracha Atual**, São Paulo, p. 17-21, 1999. Disponível em: <http://www.borrachaatual.com.br/materiatecnica/20/materia_tecnica_20a>. Acesso em: 23 fev. 2009.

MILINGLIANG, J.; ZHIJUAN, W. Rubberwood preservation by friendly preservatives. In: YOUKE, Z. **Promotion of rubberwood processing technology in the Asia-Pacific region.** Haikou: ITTO/ CFC, 2008. p.117-128.

MONTEIRO, C.; KRONKA, F. J. N.; RIBAS, C. **Uso potencial da madeira da seringueira.** 2006. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/secure/Palestra2006_Heveicultura.pdf>. Acesso em: 10 set. 2010.

OKINO, E. Y. A; SANTANA, M. A. E.; SOUZA, M. R. Utilização da madeira de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. na fabricação de chapas aglomeradas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 341-347, 2000.

OKINO, E. Y. A. et al. Durabilidade Natural de madeira sólida, de chapas aglomeradas e de chapas de cimento-madeira de *Hevea brasiliensis*. **Brasil Florestal**, Brasília, DF, v. 21, n. 73, p. 39-46, abr. 2002.

OKINO, E. Y. A. et al. Chapa aglomerada de cimento-madeira de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 451-457, 2004.

PIO, N. S. **Avaliação das madeira de *Eucalyptus scabra* (Dum-cours) e *Eucalyptus robusta* (Smith) na produção de painéis compensados.** 1996. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

PUSHPADAS, M. V.; HARIDASAN, V.; JAYARATHNAM, K. By-products and ancillary in rubber plantations. In: RADHAKRISHNA PILLAY, P. N. (Ed.). **Handbook of natural rubber production in India.** Kottayam: Rubber Research Institute of India, 1980. p. 505-514.

KILLMANN, W; HONG, L. T. El caucho, el éxito de un subproducto agrícola. **Unasylva**, Roma, v. 51, n. 201, p. 66-72, 2000.

KRONKA, F. J. N. Uso do potencial da madeira da seringueira (*Hevea brasiliensis*). In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. (Coords.). **Seringueira**. Viçosa, MG: EPAMIG, 2008. p. 719-744.

PLYWOOD PIONEERS ASSOCIATION. **Milestones in the history of plywood**. 2008. Disponível em: <<http://www.apawood.org/plywoodpioneers/history.htm>> Acesso em: 18 ago. 2008.

ROSS, R. J. **Stress wave propagation in wood products**. In: NON DESTRUCTIVE TESTING OF WOOD SYMPOSIUM, 5., 1985, Pullman. **Proceedings...** Pullman: Washington State University, 1985. p. 291-318.

ROSS, R. J.; PELLERIN, R. F. **Nondestructive testing for assessing wood members in structures**. Madison: U.S. Department of Agriculture, 1994. (General technical report , 70).

SANTANA, M. A. E.; EIRAS, K. M. M.; PASTORE, T. C. M. Avaliação da madeira de quatro clones de *Hevea brasiliensis* por meio de sua caracterização físico-mecânica. **Brasil Florestal**, Brasília, DF, n. 70, p. 61-68, jun. 2001.

SELLERS, J. R. T. **Plywood adhesive technology**. New York: Marcel Dekker, 1985. 661 p.

SHIGEMATSU, A. et al. Importance of rubberwood in wood export of Malaysia and Thailand. **New Forests**, Dordrecht, 2010.
Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/dh7791515671j791/>>. Acesso em: 10 set. 2010.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e números do Brasil florestal**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2007. 109 p.

SUCHSLAND, O. Warping of furniture panels. **Agricultural Experimental Station Extension Bulletin**, Michigan, E-745, 1972.

TOLEDO, P. E. N. Um novo ciclo da borracha natural?: análise conjuntural. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 2002. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=53>>. Acesso em: 23 abr. 2008.

TSOUMIS G. **Science and technology of woods**: structures, properties, and utilization. New York: Chapman and Hall, 1991. 494 p.

YOUKE, Z. The rubberwood utilization in China. In: **Promotion of rubberwood processing technology in the Asia-Pacific region**. Haikou: ITTO/CFC, 2008. p. 1-8.

WELLONS, J. D. et al. Thickness loss in hot-pressed plywood. **Forest Product Journal**, Madison, v. 33, n. 1, p. 27-34, 1983.

ZOBEL, B. J.; SPRAGUE, J. R. **Juvenile wood in forest trees**. Berlin: Springer-Verlag, 1998, 300 p.

ZOBEL, B. J.; VAN BUIJTENEN, J. P. **Wood variation**: its causes and control. Berlin: Springer-Verlag, 1989. 361 p.

7. APÊNDICE

Tabela A1 – Calculo da densidade básica - Disco 1 - (R1)

CP	P sat (g)	P imerso (g)	Vsat (g/cm ³)	Ms (g)	Dist.radial (cm)	db (kg/m ³)	Distância radial (%)
R1 X1-1	20,70	0,30	20,40	10,62	1,5	521	8,33
R1 X1-2	21,79	0,05	21,74	11,07	3,0	509	16,67
R1 X1-3	22,58	0,57	22,01	11,43	4,5	519	25,00
R1 X1-4	23,53	0,54	22,99	12,48	6,0	543	33,33
R1 X1-5	22,38	0,52	21,86	11,62	7,5	532	41,67
R1 X1-6	22,52	0,33	22,19	11,85	9,0	534	50,00
R1 X1-7	21,80	0,59	21,21	11,92	10,5	562	58,33
R1 X1-8	23,08	1,66	21,42	13,08	12,0	611	66,67
R1 X1-9	21,33	1,02	20,31	11,35	13,5	559	75,00
R1 X1-10	22,78	0,50	22,28	11,85	15,0	532	83,33

Tabela A2 – Calculo da densidade básica - Disco 2 - (R1)

CP	P sat (g)	P imerso (g)	Vsat (g/cm ³)	Ms (g)	Dist.radial (cm)	db (kg/m ³)	Distância radial (%)
R1 X2-1	20,22	0,72	19,50	10,66	1,5	547	7,46
R1 X2-2	25,09	1,84	23,25	13,13	3,0	565	14,93
R1 X2-3	25,13	2,26	22,87	13,42	4,5	587	22,39
R1 X2-4	23,85	1,17	22,68	13,19	6,0	582	29,85
R1 X2-5	23,65	1,89	21,76	13,21	7,5	607	37,31
R1 X2-6	24,69	2,06	22,63	13,44	9,0	594	44,78
R1 X2-7	23,85	2,53	21,32	12,79	10,5	600	52,24
R1 X2-8	23,96	2,04	21,92	12,92	12,0	589	59,70
R1 X2-9	24,18	2,48	21,70	12,68	13,5	584	67,16
R1 X2-10	23,48	2,57	20,91	12,38	15,0	592	74,63
R1 X2-11	23,78	2,78	21,00	12,53	16,5	597	82,09
R1 X2-12	25,43	1,94	23,49	12,14	18,0	517	89,55

Tabela A3 – Calculo da densidade básica - Disco 3 - (R1)

CP	P sat (g)	P imerso (g)	Vsat (g/cm ³)	Ms (g)	Dist.radial (cm)	db (kg/m ³)	Distância radial (%)
R1 X3-1	27,22	1,11	26,11	14,11	1,5	540	8,88
R1 X3-2	27,28	1,54	25,74	14,43	3,0	561	17,75
R1 X3-3	28,04	2,57	25,47	14,61	4,5	574	26,63
R1 X3-4	26,31	0,98	25,33	14,06	6,0	555	35,50
R1 X3-5	28,17	2,62	25,55	14,88	7,5	582	44,38
R1 X3-6	28,46	2,75	25,71	14,68	9,0	571	53,25
R1 X3-7	28,49	3,26	25,23	14,89	10,5	590	62,13
R1 X3-8	28,15	3,25	24,90	14,84	12,0	596	71,01
R1 X3-9	27,31	2,94	24,37	14,07	13,5	577	79,88
R1 X3-10	28,13	2,67	25,46	13,98	15,0	549	88,76

Tabela A4 – Calculo da densidade básica - Disco 4 - (R1)

CP	P sat (g)	P imerso (g)	Vsat (g/cm ³)	Ms (g)	Dist.radial (cm)	db (kg/m ³)	Distância radial (%)
R1 X4-1	29,97	2,87	27,10	14,79	1,5	546	9,38
R1 X4-2	31,50	3,33	28,17	15,55	3,0	552	18,75
R1 X4-3	30,65	3,24	27,41	15,69	4,5	572	28,13
R1 X4-4	27,92	2,60	25,32	14,11	6,0	557	37,50
R1 X4-5	28,64	3,25	25,39	14,94	7,5	588	46,88
R1 X4-6	27,63	2,87	24,76	13,80	9,0	557	56,25
R1 X4-7	27,96	2,50	25,46	14,42	10,5	566	65,63
R1 X4-8	26,84	3,39	23,45	13,67	12,0	583	75,00
R1 X4-9	25,50	2,57	22,93	12,03	13,5	525	84,38

Tabela A5 – Calculo da densidade básica - Disco 5 - (R1)

CP	P sat (g)	P imerso (g)	Vsat (g/cm ³)	Ms (g)	Dist.radial (cm)	db (kg/m ³)	Distância radial (%)
R1 X5-1	26,58	2,72	23,86	14,07	1,5	590	5,95
R1 X5-2	25,50	1,17	24,33	13,45	3,0	553	11,90
R1 X5-3	26,49	2,76	23,73	13,78	4,5	581	17,86
R1 X5-4	26,25	2,35	23,90	14,39	6,0	602	23,81
R1 X5-5	25,26	1,57	23,69	14,21	7,5	600	29,76
R1 X5-6	24,14	1,64	22,50	13,27	9,0	590	35,71
R1 X5-7	25,67	1,38	24,29	14,09	10,5	580	41,67
R1 X5-8	22,93	1,15	21,78	12,60	12,0	579	47,62
R1 X5-9	24,13	1,97	22,16	12,82	13,5	579	53,57
R1 X5-10	24,77	2,37	22,40	13,19	15,0	589	59,52
R1 X5-11	25,07	2,56	22,51	13,17	16,5	585	65,48
R1 X5-12	24,28	2,26	22,02	12,40	18,0	563	71,43
R1 X5-13	22,98	2,06	20,92	11,86	19,5	567	77,38
R1 X5-14	23,38	1,71	21,67	11,60	21,0	535	83,33
R1 X5-15	23,31	0,59	22,72	10,85	22,5	478	89,29

Tabela A6 – Calculo da densidade básica - Disco 6 - (R1)

CP	P sat (g)	P imerso (g)	Vsat (g/cm ³)	Ms (g)	Dist.radial (cm)	db (kg/m ³)	Distância radial (%)
R1 X6-1	24,60	2,16	22,44	11,73	1,5	523	8,33
R1 X6-2	25,99	2,44	23,55	12,53	3,0	532	16,67
R1 X6-3	22,62	1,68	20,94	11,61	4,5	554	25,00
R1 X6-4	24,60	2,15	22,45	12,63	6,0	563	33,33
R1 X6-5	24,58	2,57	22,01	12,40	7,5	563	41,67
R1 X6-6	23,52	2,38	21,14	11,76	9,0	556	50,00
R1 X6-7	24,87	2,69	22,18	12,49	10,5	563	58,33
R1 X6-8	25,36	3,37	21,99	13,36	12,0	608	66,67
R1 X6-9	23,39	1,98	21,41	12,40	13,5	579	75,00
R1 X6-10	23,42	1,46	21,96	12,14	15,0	553	83,33

Tabela A7 – Calculo da densidade básica - Disco 1 - (R2)

CP	P sat (g)	P imerso (g)	Vsat (g/cm ³)	Ms (g)	Dist.radial (cm)	db (kg/m ³)	Distância radial (%)
R2 X1-1	22,51	0,82	21,69	11,41	1,5	526	9,32
R2 X1-2	23,76	0,25	23,51	12,35	3,0	525	18,63
R2 X1-3	25,31	0,82	24,49	13,50	4,5	551	27,95
R2 X1-4	24,43	0,90	23,53	12,85	6,0	546	37,27
R2 X1-5	25,55	1,62	23,93	13,78	7,5	576	46,58
R2 X1-6	26,32	1,55	24,77	13,79	9,0	557	55,90
R2 X1-7	26,13	1,74	24,39	13,88	10,5	569	65,22
R2 X1-8	25,07	0,55	24,52	13,45	12,0	549	74,53
R2 X1-9	26,67	0,72	25,95	13,80	13,5	532	83,85

Tabela A8 – Calculo da densidade básica - Disco 2 - (R2)

CP	P sat (g)	P imerso (g)	Vsat (g/cm ³)	Ms (g)	Dist.radial (cm)	db (kg/m ³)	Distância radial (%)
R2 X2-1	22,53	1,33	21,20	11,86	1,5	559	8,02
R2 X2-2	22,38	0,68	21,70	11,79	3,0	543	16,04
R2 X2-3	22,96	1,13	21,83	12,86	4,5	589	24,06
R2 X2-4	23,27	1,19	22,08	13,50	6,0	611	32,09
R2 X2-5	22,37	0,99	21,38	12,87	7,5	602	40,11
R2 X2-6	22,75	0,74	22,01	13,05	9,0	593	48,13
R2 X2-7	23,94	1,67	22,27	13,31	10,5	598	56,15
R2 X2-8	23,61	1,65	21,96	12,83	12,0	584	64,17
R2 X2-9	25,72	2,97	22,75	13,79	13,5	606	72,19
R2 X2-10	28,01	2,99	25,02	13,95	15,0	558	80,21

Tabela A9 – Calculo da densidade básica - Disco 3 - (R2)

CP	P sat (g)	P imerso (g)	Vsat (g/cm ³)	Ms (g)	Dist.radial (cm)	db (kg/m ³)	Distância radial (%)
R2 X3-1	25,94	2,31	23,63	13,35	1,5	565	8,98
R2 X3-2	27,03	1,38	25,65	14,73	3,0	574	17,96
R2 X3-3	25,86	1,03	24,83	14,20	4,5	572	26,95
R2 X3-4	25,45	1,64	23,81	13,56	6,0	570	35,93
R2 X3-5	26,50	2,03	24,47	14,35	7,5	586	44,91
R2 X3-6	28,71	2,76	25,95	15,49	9,0	597	53,89
R2 X3-7	27,78	2,78	25,00	14,83	10,5	593	62,87
R2 X3-8	29,09	2,90	26,19	15,14	12,0	578	71,86
R2 X3-9	28,01	2,22	25,79	13,63	13,5	528	80,84

Tabela A10 – Calculo da densidade básica - Disco 4 - (R2)

CP	P sat (g)	P imerso (g)	Vsat (g/cm ³)	Ms (g)	Dist.radial (cm)	db (kg/m ³)	Distância radial (%)
R2 X4-1	31,33	3,15	28,18	15,62	1,5	554	10,64
R2 X4-2	32,52	3,56	28,96	16,46	3,0	568	21,28
R2 X4-3	31,83	3,98	27,85	16,46	4,5	591	31,91
R2 X4-4	30,44	3,57	26,87	16,00	6,0	595	42,55
R2 X4-5	31,44	3,11	28,33	16,29	7,5	575	53,19
R2 X4-6	31,70	3,75	27,95	16,38	9,0	586	63,83
R2 X4-7	32,98	3,92	29,06	16,95	10,5	583	74,47
R2 X4-8	28,51	1,98	26,53	12,02	12,0	453	85,11

Tabela A11 – Calculo da densidade básica - Disco 5 - (R2)

CP	P sat (g)	P imerso (g)	Vsat (g/cm ³)	Ms (g)	Dist.radial (cm)	db (kg/m ³)	Distância radial (%)
R2 X5-1	26,40	2,55	23,85	13,52	1,5	567	8,06
R2 X5-2	27,17	3,39	23,78	13,53	3,0	569	16,13
R2 X5-3	27,43	3,17	24,26	14,46	4,5	596	24,19
R2 X5-4	26,28	3,25	23,03	13,86	6,0	602	32,26
R2 X5-5	28,09	3,64	24,45	14,80	7,5	605	40,32
R2 X5-6	26,02	2,48	23,54	13,93	9,0	592	48,39
R2 X5-7	27,55	3,38	24,17	14,63	10,5	605	56,45
R2 X5-8	27,24	3,02	24,22	14,13	12,0	583	64,52
R2 X5-9	27,30	3,36	23,94	13,73	13,5	574	72,58
R2 X5-10	26,94	2,47	24,47	13,54	15,0	553	80,65

Tabela A12 – Calculo da densidade básica - Disco 6 - (R2)

CP	P sat (g)	P imerso (g)	Vsat (g/cm ³)	Ms (g)	Dist.radial (cm)	db (kg/m ³)	Distância radial (%)
R2 X6-1	25,56	3,04	22,52	12,31	1,5	547	10,20
R2 X6-2	27,13	3,08	24,05	13,41	3,0	558	20,41
R2 X6-3	28,75	3,35	25,40	14,71	4,5	579	30,61
R2 X6-4	29,30	3,24	26,06	14,78	6,0	567	40,82
R2 X6-5	27,30	2,94	24,36	13,61	7,5	559	51,02
R2 X6-6	29,58	3,48	26,10	14,94	9,0	572	61,22
R2 X6-7	28,40	3,70	24,70	14,51	10,5	587	71,43
R2 X6-8	29,51	3,90	25,61	14,62	12,0	571	81,63

Tabela A13 – Árvore 1 - Resultados obtidos na laminação

Árvore.	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
1	1	42,0	42,0	26,77
1	2	125,0	167,0	26,07
1	3	125,0	292,0	25,36
1	4	107,0	399,0	24,74
1	5	88,0	487,0	24,21
1	6	26,0	513,0	24,05
1	7	43,0	556,0	23,79
1	8	30,0	586,0	23,60
1	9	43,0	629,0	23,34
1	10	37,0	666,0	23,10
1	11	30,0	696,0	22,91
1	12	32,0	728,0	22,71
1	13	27,0	755,0	22,53
1	14	43,0	798,0	22,25
1	15	38,0	836,0	22,00
1	16	22,0	858,0	21,85
1	17	125,0	983,0	21,00
1	18	125,0	1108,0	20,11
1	19	125,0	1233,0	19,17
1	20	125,0	1358,0	18,19
1	21	125,0	1483,0	17,16
1	22	125,0	1608,0	16,06
1	23	40,0	1648,0	15,69
1	24	54,0	1702,0	15,18
1	25	28,0	1730,0	14,90
1	26	56,0	1786,0	14,34
1	27	24,0	1810,0	14,10
1	28	53,0	1863,0	13,53
1	29	24,0	1887,0	13,27
1	30	60,0	1947,0	12,59
1	31	25,0	1972,0	12,30
1	32	30,0	2002,0	11,94
1	33	60,0	2062,0	11,18
1	34	50,0	2112,0	10,50
Total		2112,0	Cm	
Diâm. Arredondado		26,7	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,5	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				2112,0 cm
Extensão teórico manto laminação				2057,9 cm
Diferença (%)				2,63

Tabela A14 – Árvore 2 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
2	1	125,0	125,0	31,62
2	2	125,0	250,0	31,04
2	3	125,0	375,0	30,44
2	4	125,0	500,0	29,83
2	5	125,0	625,0	29,21
2	6	125,0	750,0	28,58
2	7	125,0	875,0	27,93
2	8	125,0	1000,0	27,27
2	9	125,0	1125,0	26,59
2	10	125,0	1250,0	25,89
2	11	125,0	1375,0	25,18
2	12	125,0	1500,0	24,44
2	13	125,0	1625,0	23,68
2	14	125,0	1750,0	22,89
2	15	125,0	1875,0	22,08
2	16	125,0	2000,0	21,23
2	17	125,0	2125,0	20,35
2	18	125,0	2250,0	19,43
2	19	125,0	2375,0	18,47
2	20	125,0	2500,0	17,45
2	21	125,0	2625,0	16,36
2	22	125,0	2750,0	15,21
2	23	125,0	2875,0	13,95
2	24	125,0	3000,0	12,57
2	25	34,0	3034,0	12,17
2	26	26,0	3060,0	11,85
2	27	27,0	3087,0	11,51
2	28	16,0	3103,0	11,31
2	29	60,0	3163,0	10,50
Total		3163,0	Cm	
Diâm. Arredondado		31,8	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,5	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação			3163,0	Cm
Extensão teórico manto laminação			3076,7	Cm
Diferença (%)			2,81	

Tabela A15 – Árvore 3 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
3	1	125,0	125,0	33,40
3	2	93,0	218,0	32,99
3	3	125,0	343,0	32,43
3	4	125,0	468,0	31,86
3	5	125,0	593,0	31,28
3	6	125,0	718,0	30,69
3	7	125,0	843,0	30,08
3	8	125,0	968,0	29,47
3	9	125,0	1093,0	28,84
3	10	125,0	1218,0	28,20
3	11	125,0	1343,0	27,54
3	12	125,0	1468,0	26,87
3	13	125,0	1593,0	26,18
3	14	125,0	1718,0	25,47
3	15	125,0	1843,0	24,74
3	16	125,0	1968,0	23,99
3	17	10,0	1978,0	23,93
3	18	116,0	2094,0	23,21
3	19	125,0	2219,0	22,41
3	20	125,0	2344,0	21,57
3	21	125,0	2469,0	20,71
3	22	125,0	2594,0	19,81
3	23	125,0	2719,0	18,86
3	24	125,0	2844,0	17,86
3	25	125,0	2969,0	16,81
3	26	125,0	3094,0	15,68
3	27	125,0	3219,0	14,46
3	28	125,0	3344,0	13,14
3	29	64,0	3408,0	12,40
3	30	29,0	3437,0	12,06
3	31	70,0	3507,0	11,18
3	32	50,0	3557,0	10,50
Total		3557,0	Cm	
Diâm. Arredondado		33,3	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,5	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				3557,0 cm
Extensão teórico manto laminação				3410,1 cm
Diferença (%)				4,31

Tabela A16 – Árvore 4 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
4	1	28,0	28,0	33,43
4	2	125,0	153,0	32,87
4	3	125,0	278,0	32,31
4	4	125,0	403,0	31,74
4	5	112,0	515,0	31,22
4	6	31,0	546,0	31,07
4	7	125,0	671,0	30,48
4	8	125,0	796,0	29,87
4	9	125,0	921,0	29,25
4	10	125,0	1046,0	28,62
4	11	125,0	1171,0	27,98
4	12	125,0	1296,0	27,31
4	13	125,0	1421,0	26,63
4	14	125,0	1546,0	25,94
4	15	125,0	1671,0	25,22
4	16	125,0	1796,0	24,49
4	17	30,0	1826,0	24,31
4	18	46,0	1872,0	24,03
4	19	30,0	1902,0	23,84
4	20	22,0	1924,0	23,71
4	21	43,0	1967,0	23,44
4	22	23,0	1990,0	23,30
4	23	31,0	2021,0	23,10
4	24	34,0	2055,0	22,89
4	25	30,0	2085,0	22,69
4	26	95,0	2180,0	22,07
4	27	43,0	2223,0	21,78
4	28	62,0	2285,0	21,36
4	29	40,0	2325,0	21,09
4	30	64,0	2389,0	20,64
4	31	46,0	2435,0	20,31
4	32	125,0	2560,0	19,39
4	33	125,0	2685,0	18,42
4	34	90,0	2775,0	17,69
4	35	30,0	2805,0	17,44
4	36	67,0	2872,0	16,87
4	37	26,0	2898,0	16,64
4	38	30,0	2928,0	16,37
4	39	18,0	2946,0	16,21
4	40	14,0	2960,0	16,08
4	41	109,0	3069,0	15,06
4	42	57,0	3126,0	14,50

4	43	6,0	3132,0	14,43
4	44	32,0	3164,0	14,11
4	45	45,0	3209,0	13,63
4	46	44,0	3253,0	13,15
4	47	12,0	3265,0	13,02
4	48	61,0	3326,0	12,31
4	49	49,0	3375,0	11,71
4	50	33,0	3408,0	11,29
4	51	22,0	3430,0	11,00
4	52	25,0	3455,0	10,67
4	53	47,0	3502,0	10,00
Total		3502,0	Cm	

Tabela A16 – Árvore 3 - Resultados obtidos na laminação
.....continuação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
	Diâm. Arredondado	33,7	Cm	
	Diâm. Rolo resto	10	Cm	
	Espessura lâmina	2,3	Mm	
	Extensão real manto laminação			3502,0 cm
	Extensão teórico manto laminação			3536,6 cm
	Diferença (%)			-0,98

Tabela A17 – Árvore 5 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
5	1	125,0	125,0	30,84
5	2	125,0	250,0	30,24
5	3	125,0	375,0	29,63
5	4	125,0	500,0	29,01
5	5	125,0	625,0	28,37
5	6	125,0	750,0	27,72
5	7	125,0	875,0	27,05
5	8	125,0	1000,0	26,36
5	9	125,0	1125,0	25,66
5	10	125,0	1250,0	24,94
5	11	125,0	1375,0	24,19
5	12	125,0	1500,0	23,42
5	13	125,0	1625,0	22,63
5	14	125,0	1750,0	21,80
5	15	125,0	1875,0	20,95
5	16	125,0	2000,0	20,06
5	17	44,0	2044,0	19,73
5	18	25,0	2069,0	19,55
5	19	20,0	2089,0	19,39
5	20	125,0	2214,0	18,43
5	21	125,0	2339,0	17,41
5	22	125,0	2464,0	16,32
5	23	125,0	2589,0	15,16
5	24	125,0	2714,0	13,90
5	25	125,0	2839,0	12,51
5	26	47,0	2886,0	11,95
5	27	36,0	2922,0	11,50
5	28	110,0	3032,0	10,00
Total		3032,0		
Diâm. Arredondado		31,2	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,0	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação			3032,0	Cm
Extensão teórico manto laminação			2982,6	Cm
Diferença (%)			1,66	

Tabela A18 – Árvore 6 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
6	1	68,0	68,0	32,72
6	2	72,0	140,0	32,39
6	3	38,0	178,0	32,22
6	4	125,0	303,0	31,65
6	5	125,0	428,0	31,06
6	6	125,0	553,0	30,47
6	7	125,0	678,0	29,86
6	8	125,0	803,0	29,24
6	9	125,0	928,0	28,61
6	10	125,0	1053,0	27,96
6	11	125,0	1178,0	27,30
6	12	125,0	1303,0	26,62
6	13	125,0	1428,0	25,93
6	14	125,0	1553,0	25,21
6	15	125,0	1678,0	24,47
6	16	125,0	1803,0	23,71
6	17	125,0	1928,0	22,93
6	18	125,0	2053,0	22,12
6	19	125,0	2178,0	21,27
6	20	125,0	2303,0	20,39
6	21	125,0	2428,0	19,48
6	22	125,0	2553,0	18,51
6	23	125,0	2678,0	17,50
6	24	125,0	2803,0	16,42
6	25	125,0	2928,0	15,26
6	26	125,0	3053,0	14,01
6	27	125,0	3178,0	12,64
6	28	90,0	3268,0	11,55
6	29	24,0	3292,0	11,24
6	30	38,0	3330,0	10,73
6	31	38,0	3368,0	10,20
Total		3368,0		
Diâm. Arredondado		32,8	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,2	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				3368,0 cm
Extensão teórico manto laminação				3318,5 cm
Diferença (%)				1,49

Tabela 19 – Árvore 7 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
7	1	125,0	125,0	18,06
7	2	125,0	250,0	17,01
7	3	125,0	375,0	15,90
7	4	125,0	500,0	14,71
7	5	125,0	625,0	13,40
7	6	101,0	726,0	12,25
7	7	25,0	751,0	11,95
7	8	36,0	787,0	11,50
Total		787,0		
Diâm. Arredondado		19,4	Cm	
Diâm. Rolo resto		11,5	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				787,0 Cm
Extensão teórico manto laminação				833,6 Cm
Diferença (%)				-5,59

Tabela A20 – Árvore 8 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
8	1	45,0	45,0	23,08
8	2	19,0	64,0	22,96
8	3	125,0	189,0	22,14
8	4	125,0	314,0	21,30
8	5	125,0	439,0	20,42
8	6	125,0	564,0	19,51
8	7	125,0	689,0	18,55
8	8	125,0	814,0	17,53
8	9	125,0	939,0	16,45
8	10	125,0	1064,0	15,30
8	11	96,0	1160,0	14,35
8	12	36,0	1196,0	13,98
8	13	41,0	1237,0	13,54
8	14	20,0	1257,0	13,33
8	15	49,0	1306,0	12,78
8	16	24,0	1330,0	12,50
8	17	55,0	1385,0	11,84
8	18	27,0	1412,0	11,50
8	19	35,0	1447,0	11,04
8	20	40,0	1487,0	10,50
Total		1487,0		
Diâm. Arredondado		23,7	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,5	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				1487,0 cm
Extensão teórico manto laminação				1541,6 cm
Diferença (%)				-3,54

Tabela A21 – Árvore 9 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
9	1	125,0	125,0	29,94
9	2	125,0	250,0	29,32
9	3	125,0	375,0	28,69
9	4	125,0	500,0	28,04
9	5	125,0	625,0	27,38
9	6	125,0	750,0	26,71
9	7	125,0	875,0	26,01
9	8	125,0	1000,0	25,30
9	9	125,0	1125,0	24,56
9	10	125,0	1250,0	23,81
9	11	125,0	1375,0	23,03
9	12	125,0	1500,0	22,22
9	13	125,0	1625,0	21,38
9	14	125,0	1750,0	20,50
9	15	125,0	1875,0	19,59
9	16	125,0	2000,0	18,63
9	17	125,0	2125,0	17,62
9	18	125,0	2250,0	16,55
9	19	125,0	2375,0	15,41
9	20	125,0	2500,0	14,17
9	21	125,0	2625,0	12,81
9	22	46,0	2671,0	12,27
9	23	30,0	2701,0	11,91
9	24	25,0	2726,0	11,60
9	25	43,0	2769,0	11,04
9	26	75,0	2844,0	10,00
Total		2844,0		
Diâm. Arredondado		30,2	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,0	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				2844,0 cm
Extensão teórico manto laminação				2772,9 cm
Diferença (%)				2,56

Tabela A22 – Árvore 10 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
10	1	30,0	30,0	35,97
10	2	125,0	155,0	35,46
10	3	29,0	184,0	35,34
10	4	125,0	309,0	34,82
10	5	125,0	434,0	34,29
10	6	125,0	559,0	33,75
10	7	125,0	684,0	33,20
10	8	125,0	809,0	32,65
10	9	125,0	934,0	32,08
10	10	125,0	1059,0	31,50
10	11	125,0	1184,0	30,92
10	12	125,0	1309,0	30,32
10	13	125,0	1434,0	29,71
10	14	125,0	1559,0	29,09
10	15	125,0	1684,0	28,45
10	16	125,0	1809,0	27,80
10	17	125,0	1934,0	27,13
10	18	125,0	2059,0	26,45
10	19	125,0	2184,0	25,75
10	20	125,0	2309,0	25,03
10	21	125,0	2434,0	24,29
10	22	125,0	2559,0	23,52
10	23	53,0	2612,0	23,19
10	24	125,0	2737,0	22,39
10	25	125,0	2862,0	21,55
10	26	125,0	2987,0	20,69
10	27	125,0	3112,0	19,78
10	28	125,0	3237,0	18,83
10	29	125,0	3362,0	17,84
10	30	91,0	3453,0	17,07
10	31	62,0	3515,0	16,53
10	32	27,0	3542,0	16,29
10	33	27,0	3569,0	16,05
10	34	28,0	3597,0	15,79
10	35	83,0	3680,0	15,00
Total		3680,0		
Diâm. Arredondado		35,5	Cm	
Diâm. Rolo resto		15	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				3680,0 cm
Extensão teórico manto laminação				3535,1 cm
Diferença (%)				4,10

Tabela A23 – Árvore 11 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
11	1	41,0	41,0	26,45
11	2	59,0	100,0	26,12
11	3	125,0	225,0	25,41
11	4	125,0	350,0	24,68
11	5	125,0	475,0	23,92
11	6	125,0	600,0	23,15
11	7	81,0	681,0	22,63
11	8	32,0	713,0	22,42
11	9	125,0	838,0	21,59
11	10	125,0	963,0	20,72
11	11	125,0	1088,0	19,82
11	12	125,0	1213,0	18,87
11	13	125,0	1338,0	17,88
11	14	125,0	1463,0	16,82
11	15	125,0	1588,0	15,70
11	16	125,0	1713,0	14,49
11	17	72,0	1785,0	13,74
11	18	33,0	1818,0	13,38
11	19	49,0	1867,0	12,83
11	20	28,0	1895,0	12,51
11	21	59,0	1954,0	11,80
11	22	25,0	1979,0	11,49
11	23	54,0	2033,0	10,78
11	24	21,0	2054,0	10,49
11	25	34,0	2088,0	10,00
Total		2088,0		
Diâm. Arredondado		27,2	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,0	Cm	
Espessura lâmina		2,3	mm	
Extensão real manto laminação				2088,0 cm
Extensão teórico manto laminação				2184,9 cm
Diferença (%)				-4,44

Tabela A24 – Árvore 12 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
12	1	68,0	68,0	29,42
12	2	43,0	111,0	29,20
12	3	125,0	236,0	28,57
12	4	125,0	361,0	27,92
12	5	125,0	486,0	27,26
12	6	125,0	611,0	26,58
12	7	125,0	736,0	25,88
12	8	125,0	861,0	25,16
12	9	125,0	986,0	24,43
12	10	125,0	1111,0	23,67
12	11	125,0	1236,0	22,88
12	12	125,0	1361,0	22,06
12	13	125,0	1486,0	21,22
12	14	125,0	1611,0	20,34
12	15	125,0	1736,0	19,42
12	16	125,0	1861,0	18,45
12	17	125,0	1986,0	17,43
12	18	125,0	2111,0	16,35
12	19	125,0	2236,0	15,19
12	20	40,0	2276,0	14,80
12	21	25,0	2301,0	14,55
12	22	62,0	2363,0	13,91
12	23	18,0	2381,0	13,72
12	24	74,0	2455,0	12,90
12	25	31,0	2486,0	12,55
12	26	63,0	2549,0	11,79
12	27	25,0	2574,0	11,47
12	28	33,0	2607,0	11,04
12	29	40,0	2647,0	10,50
Total		2647,0		
Diâm. Arredondado		29,6	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,5	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				2647,0 cm
Extensão manto laminação				2615,4 cm
Diferença (%)				1,21

Tabela A25 – Árvore 13 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
13	1	125,0	125,0	27,41
13	2	125,0	250,0	26,74
13	3	125,0	375,0	26,05
13	4	125,0	500,0	25,33
13	5	125,0	625,0	24,60
13	6	125,0	750,0	23,84
13	7	125,0	875,0	23,06
13	8	125,0	1000,0	22,26
13	9	125,0	1125,0	21,42
13	10	125,0	1250,0	20,55
13	11	125,0	1375,0	19,63
13	12	125,0	1500,0	18,68
13	13	125,0	1625,0	17,67
13	14	125,0	1750,0	16,60
13	15	125,0	1875,0	15,46
13	16	125,0	2000,0	14,23
13	17	99,0	2099,0	13,17
13	18	30,5	2129,5	12,83
13	19	36,0	2165,5	12,41
13	20	19,5	2185,0	12,18
13	21	29,0	2214,0	11,82
13	22	50,0	2264,0	11,19
13	23	26,0	2290,0	10,84
13	24	31,0	2321,0	10,42
13	25	29,0	2350,0	10,00
Total		2350,0		
Diâm. Arredondado		28,2	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,0	Cm	
Espessura lâmina		2,3	mm	
Extensão real manto laminação				2350,0 cm
Extensão teórico manto laminação				2374,1 cm
Diferença (%)				-1,01

Tabela A26 – Árvore 14 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
14	1	24,0	24,0	35,47
14	2	125,0	149,0	34,95
14	3	125,0	274,0	34,42
14	4	125,0	399,0	33,89
14	5	125,0	524,0	33,34
14	6	125,0	649,0	32,79
14	7	125,0	774,0	32,23
14	8	125,0	899,0	31,65
14	9	125,0	1024,0	31,07
14	10	125,0	1149,0	30,48
14	11	125,0	1274,0	29,87
14	12	125,0	1399,0	29,25
14	13	125,0	1524,0	28,62
14	14	125,0	1649,0	27,97
14	15	125,0	1774,0	27,31
14	16	125,0	1899,0	26,63
14	17	125,0	2024,0	25,93
14	18	125,0	2149,0	25,22
14	19	125,0	2274,0	24,48
14	20	125,0	2399,0	23,72
14	21	125,0	2524,0	22,94
14	22	125,0	2649,0	22,13
14	23	125,0	2774,0	21,28
14	24	61,0	2835,0	20,86
14	25	20,0	2855,0	20,72
14	26	125,0	2980,0	19,81
14	27	125,0	3105,0	18,87
14	28	104,0	3209,0	18,04
14	29	19,0	3228,0	17,89
14	30	84,0	3312,0	17,19
14	31	34,0	3346,0	16,89
14	32	27,0	3373,0	16,66
14	33	18,0	3391,0	16,50
Total		3391,0		
Diâm. Arredondado		35,3	Cm	
Diâm. Rolo resto		16,5	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				3391,0 cm
Extensão teórico manto laminação				3325,4 cm
Diferença (%)				1,97

Tabela A27 – Árvore 15 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
15	1	21,0	21,0	33,28
15	2	125,0	146,0	32,73
15	3	125,0	271,0	32,16
15	4	125,0	396,0	31,59
15	5	125,0	521,0	31,00
15	6	125,0	646,0	30,41
15	7	125,0	771,0	29,80
15	8	125,0	896,0	29,18
15	9	125,0	1021,0	28,55
15	10	125,0	1146,0	27,90
15	11	125,0	1271,0	27,23
15	12	125,0	1396,0	26,55
15	13	125,0	1521,0	25,85
15	14	125,0	1646,0	25,14
15	15	125,0	1771,0	24,40
15	16	125,0	1896,0	23,63
15	17	125,0	2021,0	22,85
15	18	125,0	2146,0	22,03
15	19	125,0	2271,0	21,18
15	20	125,0	2396,0	20,30
15	21	125,0	2521,0	19,38
15	22	125,0	2646,0	18,41
15	23	125,0	2771,0	17,39
15	24	125,0	2896,0	16,30
15	25	125,0	3021,0	15,14
15	26	83,0	3104,0	14,31
15	27	20,0	3124,0	14,11
15	28	72,0	3196,0	13,34
15	29	19,0	3215,0	13,13
15	30	65,0	3280,0	12,38
15	31	25,0	3305,0	12,08
15	32	29,0	3334,0	11,73
15	33	48,0	3382,0	11,11
15	34	45,0	3427,0	10,50
Total		3427,0		
Diâm. Arredondado		32,8	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,5	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				3427,0 cm
Extensão teórico manto laminação				3297,3 cm
Diferença (%)				3,93

Tabela A28 – Árvore 16 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
16	1	28,0	28,0	25,31
16	2	125,0	153,0	24,57
16	3	125,0	278,0	23,82
16	4	125,0	403,0	23,04
16	5	125,0	528,0	22,23
16	6	125,0	653,0	21,39
16	7	125,0	778,0	20,52
16	8	125,0	903,0	19,60
16	9	125,0	1028,0	18,65
16	10	125,0	1153,0	17,64
16	11	125,0	1278,0	16,57
16	12	66,0	1344,0	15,97
16	13	25,0	1369,0	15,74
16	14	6,0	1375,0	15,69
16	15	43,0	1418,0	15,28
16	16	18,0	1436,0	15,11
16	17	50,0	1486,0	14,61
16	18	20,0	1506,0	14,41
16	19	56,0	1562,0	13,83
16	20	25,0	1587,0	13,56
16	21	60,0	1647,0	12,90
16	22	22,0	1669,0	12,65
16	23	53,0	1722,0	12,02
16	24	29,0	1751,0	11,66
16	25	22,0	1773,0	11,38
16	26	29,0	1802,0	11,00
Total		1802,0		
Diâm. Arredondado		25,8	Cm	
Diâm. Rolo resto		11,0	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				1802,0 cm
Extensão teórico manto laminação				1859,8 cm
Diferença (%)				-3,11

Tabela A29 – Árvore 17 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
17	1	125,0	125,0	29,54
17	2	125,0	250,0	28,92
17	3	125,0	375,0	28,28
17	4	25,0	400,0	28,15
17	5	24,0	424,0	28,02
17	6	125,0	549,0	27,36
17	7	125,0	674,0	26,69
17	8	125,0	799,0	25,99
17	9	125,0	924,0	25,28
17	10	125,0	1049,0	24,54
17	11	125,0	1174,0	23,78
17	12	44,0	1218,0	23,51
17	13	125,0	1343,0	22,72
17	14	42,0	1385,0	22,45
17	15	125,0	1510,0	21,62
17	16	125,0	1635,0	20,75
17	17	125,0	1760,0	19,85
17	18	125,0	1885,0	18,91
17	19	25,0	1910,0	18,71
17	20	25,0	1935,0	18,52
17	21	32,0	1967,0	18,26
17	22	71,0	2038,0	17,68
17	23	43,0	2081,0	17,32
17	24	95,0	2176,0	16,50
Total		2176,0		
Diâm. Arredondado		30,6	Cm	
Diâm. Rolo resto		16,5	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				2176,0 cm
Extensão teórico manto laminação				2267,8 cm
Diferença (%)				-4,05

Tabela A30 – Árvore 18 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
18	1	125,0	125,0	37,92
18	2	125,0	250,0	37,43
18	3	125,0	375,0	36,94
18	4	125,0	500,0	36,44
18	5	73,0	573,0	36,15
18	6	125,0	698,0	35,64
18	7	125,0	823,0	35,12
18	8	125,0	948,0	34,59
18	9	125,0	1073,0	34,06
18	10	125,0	1198,0	33,52
18	11	125,0	1323,0	32,97
18	12	125,0	1448,0	32,41
18	13	125,0	1573,0	31,84
18	14	125,0	1698,0	31,26
18	15	125,0	1823,0	30,67
18	16	125,0	1948,0	30,06
18	17	125,0	2073,0	29,45
18	18	125,0	2198,0	28,82
18	19	125,0	2323,0	28,18
18	20	104,0	2427,0	27,63
18	21	32,0	2459,0	27,46
18	22	55,0	2514,0	27,17
18	23	125,0	2639,0	26,49
18	24	125,0	2764,0	25,79
18	25	86,0	2850,0	25,29
18	26	40,0	2890,0	25,06
18	27	24,0	2914,0	24,92
18	28	62,0	2976,0	24,55
18	29	125,0	3101,0	23,80
18	30	125,0	3226,0	23,01
18	31	125,0	3351,0	22,20
18	32	81,0	3432,0	21,66
18	33	22,0	3454,0	21,51
18	34	19,0	3473,0	21,38
18	35	125,0	3598,0	20,51
18	36	125,0	3723,0	19,60
18	37	56,0	3779,0	19,17
18	38	125,0	3904,0	18,19
18	39	69,0	3973,0	17,63
18	40	67,0	4040,0	17,07
18	41	125,0	4165,0	15,96
18	42	125,0	4290,0	14,77

18	43	125,0	4415,0	13,47
18	44	125,0	4540,0	12,03
18	45	125,0	4665,0	10,40
18	46	28,0	4693,0	10,00
Total		4693,0		

Tabela A30 – Árvore 18 - Resultados obtidos na laminação.
.....continuação

Tora	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
Diâm. Arredondado		38,4	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,0	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				4693,0 cm
Extensão teórico manto laminação				4693,8 cm
Diferença (%)				-0,02

Tabela A31 – Árvore 19 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
19	1	66,0	66,0	29,76
19	2	125,0	191,0	29,14
19	3	125,0	316,0	28,51
19	4	125,0	441,0	27,86
19	5	125,0	566,0	27,19
19	6	125,0	691,0	26,51
19	7	125,0	816,0	25,81
19	8	125,0	941,0	25,09
19	9	125,0	1066,0	24,35
19	10	38,0	1104,0	24,12
19	11	29,0	1133,0	23,95
19	12	125,0	1258,0	23,17
19	13	125,0	1383,0	22,37
19	14	125,0	1508,0	21,53
19	15	125,0	1633,0	20,66
19	16	125,0	1758,0	19,76
19	17	125,0	1883,0	18,81
19	18	125,0	2008,0	17,81
19	19	125,0	2133,0	16,75
19	20	125,0	2258,0	15,62
19	21	125,0	2383,0	14,40
19	22	75,0	2458,0	13,62
19	23	56,0	2514,0	13,00
Total		2514,0		
Diâm. Arredondado		30,4	Cm	
Diâm. Rolo resto		13,0	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				2514,0 cm
Extensão teórico manto laminação				2578,7 cm
Diferença (%)				-2,51

Tabela A32 – Árvore 20 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
20	1	27,0	27,0	25,38
20	2	125,0	152,0	24,65
20	3	125,0	277,0	23,89
20	4	125,0	402,0	23,11
20	5	125,0	527,0	22,31
20	6	125,0	652,0	21,47
20	7	125,0	777,0	20,60
20	8	125,0	902,0	19,69
20	9	43,0	945,0	19,37
20	10	22,0	967,0	19,20
20	11	125,0	1092,0	18,23
20	12	125,0	1217,0	17,19
20	13	125,0	1342,0	16,09
20	14	125,0	1467,0	14,91
20	15	125,0	1592,0	13,63
20	16	125,0	1717,0	12,21
20	17	108,0	1825,0	10,84
20	18	60,0	1885,0	10,00
Total		1885,0		
Diâm. Arredondado		25,5	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,0	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				1885,0 cm
Extensão teórico manto laminação				1879,0 cm
Diferença (%)				0,32

Tabela A33 – Árvore 21 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
21	1	125,0	125,0	26,99
21	2	125,0	250,0	26,31
21	3	125,0	375,0	25,60
21	4	125,0	500,0	24,88
21	5	125,0	625,0	24,13
21	6	125,0	750,0	23,36
21	7	125,0	875,0	22,56
21	8	125,0	1000,0	21,74
21	9	125,0	1125,0	20,88
21	10	125,0	1250,0	19,98
21	11	125,0	1375,0	19,04
21	12	125,0	1500,0	18,06
21	13	125,0	1625,0	17,01
21	14	125,0	1750,0	15,90
21	15	125,0	1875,0	14,70
21	16	125,0	2000,0	13,40
21	17	52,0	2052,0	12,82
21	18	23,0	2075,0	12,56
21	19	58,0	2133,0	11,86
21	20	24,0	2157,0	11,56
21	21	51,0	2208,0	10,89
21	22	50,0	2258,0	10,20
Total		2258,0		
Diâm. Arredondado			27,5	Cm
Diâm. Rolo resto			10,2	Cm
Espessura lâmina			2,3	Mm
Extensão real manto laminação			2258,0	cm
Extensão teórico manto laminação			2227,2	cm
Diferença (%)			1,39	

Tabela A34 – Árvore 22 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
22	1	125,0	125,0	28,55
22	2	125,0	250,0	27,90
22	3	125,0	375,0	27,24
22	4	125,0	500,0	26,56
22	5	125,0	625,0	25,86
22	6	125,0	750,0	25,14
22	7	125,0	875,0	24,40
22	8	125,0	1000,0	23,64
22	9	125,0	1125,0	22,85
22	10	125,0	1250,0	22,04
22	11	125,0	1375,0	21,19
22	12	125,0	1500,0	20,31
22	13	125,0	1625,0	19,38
22	14	125,0	1750,0	18,42
22	15	125,0	1875,0	17,39
22	16	125,0	2000,0	16,31
22	17	125,0	2125,0	15,14
22	18	125,0	2250,0	13,88
22	19	106,0	2356,0	12,72
22	20	29,0	2385,0	12,38
22	21	60,0	2445,0	11,65
22	22	50,0	2495,0	11,00
Total		2495,0		
Diâm. Arredondado		29,4	cm	
Diâm. Rolo resto		11,0	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação			2495,0	cm
Extensão teórico manto laminação			2538,4	cm
Diferença (%)			-1,71	

Tabela A35 – Árvore 23 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
23	1	73,0	73,0	36,81
23	2	125,0	198,0	36,31
23	3	125,0	323,0	35,80
23	4	125,0	448,0	35,28
23	5	125,0	573,0	34,76
23	6	125,0	698,0	34,23
23	7	125,0	823,0	33,69
23	8	125,0	948,0	33,14
23	9	125,0	1073,0	32,59
23	10	121,0	1194,0	32,04
23	11	23,0	1217,0	31,93
23	12	20,0	1237,0	31,84
23	13	125,0	1362,0	31,26
23	14	125,0	1487,0	30,67
23	15	125,0	1612,0	30,07
23	16	125,0	1737,0	29,45
23	17	125,0	1862,0	28,83
23	18	125,0	1987,0	28,18
23	19	74,0	2061,0	27,80
23	20	51,0	2112,0	27,53
23	21	125,0	2237,0	26,85
23	22	125,0	2362,0	26,16
23	23	68,0	2430,0	25,78
23	24	60,0	2490,0	25,44
23	25	92,0	2582,0	24,90
23	26	43,0	2625,0	24,65
23	27	125,0	2750,0	23,89
23	28	125,0	2875,0	23,11
23	29	125,0	3000,0	22,31
23	30	125,0	3125,0	21,47
23	31	125,0	3250,0	20,60
23	32	125,0	3375,0	19,69
23	33	125,0	3500,0	18,74
23	34	46,0	3546,0	18,38
23	35	25,0	3571,0	18,18
23	36	125,0	3696,0	17,14
23	37	125,0	3821,0	16,04
23	38	125,0	3946,0	14,85
23	39	125,0	4071,0	13,56
23	40	100,0	4171,0	12,44
23	41	83,0	4254,0	11,42
23	42	28,0	4282,0	11,05

23	43	24,0	4306,0	10,73
23	44	38,0	4344,0	10,20
Total		4344,0		

Tabela A35 – Árvore 23 - Resultados obtidos na laminação.
.....continuação

Tora	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
Diâm. Arredondado		37,2	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,2	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				4344,0 cm
Extensão teórico manto laminação				4370,2 cm
Diferença (%)				-0,60

Tabela A36 – Árvore 24 - Resultados obtidos na laminação

Árvore	Lâmina	Largura (cm)	Largura acumulada	Diâmetro (cm)
24	1	13,0	13,0	28,03
24	2	125,0	138,0	27,37
24	3	125,0	263,0	26,69
24	4	125,0	388,0	25,99
24	5	125,0	513,0	25,28
24	6	125,0	638,0	24,55
24	7	125,0	763,0	23,79
24	8	108,0	871,0	23,11
24	9	85,0	956,0	22,57
24	10	35,0	991,0	22,34
24	11	37,0	1028,0	22,10
24	12	32,0	1060,0	21,88
24	13	125,0	1185,0	21,03
24	14	125,0	1310,0	20,14
24	15	125,0	1435,0	19,21
24	16	125,0	1560,0	18,24
24	17	125,0	1685,0	17,20
24	18	125,0	1810,0	16,10
24	19	125,0	1935,0	14,92
24	20	125,0	2060,0	13,64
24	21	45,0	2105,0	13,15
24	22	25,0	2130,0	12,87
24	23	67,0	2197,0	12,08
24	24	37,0	2234,0	11,63
24	25	48,0	2282,0	11,00
24	26	19,0	2301,0	10,75
24	27	53,0	2354,0	10,00
Total		2354,0		
Diâm. Arredondado		28,0	Cm	
Diâm. Rolo resto		10,0	Cm	
Espessura lâmina		2,3	Mm	
Extensão real manto laminação				2354,0 cm
Extensão teórico manto laminação				2335,7 cm
Diferença (%)				0,78

Tabela A37 – Rendimento da laminação.das toras de *Hevea brasiliensis*

Toras	Comp. toras (cm)	Diam. Base (cm)		Diam. Topo (cm)		Diam. Tora bruta (cm)	Circ. Arredondado (cm)	Diam. Arredondado (cm)	Residuo (cm)
		1	2	1	2				
1	243,0	47,0	48,0	39,0	35,0	42,3	84,0	26,7	10,5
2	251,0	49,0	43,0	33,0	37,5	40,6	100,0	31,8	10,5
3	244,0	60,0	38,0	38,5	36,5	43,3	104,5	33,3	10,5
4	252,0	48,0	45,5	49,0	45,0	46,9	106,0	33,7	10,0
5	242,0	42,5	44,0	36,0	32,5	38,8	98,0	31,2	10,0
6	240,0	49,0	48,0	42,0	45,0	46,0	103,0	32,8	10,2
7	252,0	39,0	43,0	32,0	34,0	37,0	61,0	19,4	11,5
8	246,0	45,5	45,5	34,0	34,5	39,9	74,5	23,7	10,5
9	242,5	39,5	39,5	35,5	32,0	36,6	95,0	30,2	10,0
10	248,0	48,5	52,5	50,0	52,0	50,8	111,5	35,5	15,0
11	246,0	37,0	50,0	43,5	57,5	47,0	85,5	27,2	10,0
12	246,5	46,0	43,5	42,5	38,0	42,5	93,0	29,6	10,5
13	242,0	40,5	37,5	32,0	33,0	35,8	88,5	28,2	10,0
14	243,0	45,5	48,0	41,5	48,5	45,9	111,0	35,3	16,5
15	245,0	52,0	56,0	34,0	34,5	44,1	103,0	32,8	10,5
16	246,0	47,5	44,0	34,0	36,5	40,5	81,0	25,8	11,0
17	248,0	41,5	42,5	41,5	43,5	42,3	96,0	30,6	16,5
18	237,0	76,0	70,0	53,0	49,0	62,0	120,5	38,4	10,0
19	234,0	49,0	53,0	34,0	48,0	46,0	95,5	30,4	13,0
20	244,0	39,0	43,0	34,0	38,0	38,5	80,0	25,5	10,0
21	238,0	46,0	39,0	31,0	44,0	40,0	86,5	27,5	10,2
22	247,0	47,0	44,0	33,0	34,0	39,5	92,5	29,4	11,0
23	246,0	57,0	54,0	45,0	59,0	53,8	117,0	37,2	10,2
24	241,0	40,0	41,0	34,0	39,0	38,5	88,0	28,0	10,0

Tabela A38 – Árvore 1.-Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
1	2	3,02	2,66	2,68	2,88	1,22	1,23	2,38	4304,3	500	2,12	4240	0,008	525	130	9.445
1	3	2,86	2,58	2,87	2,77	1,24	1,22	2,38	4468,1	494	2,12	4291	0,008	551	127	10.148
1	17	2,58	2,28	2,30	2,41	1,21	1,22	2,38	4176,1	524	2,12	4046	0,007	604	105	9.880
1	18	2,20	2,37	2,32	2,35	1,21	1,22	2,38	4245,5	500	2,12	4240	0,007	636	101	11.426
1	19	2,85	2,48	2,22	2,44	1,20	1,20	2,38	4194,3	495	2,12	4283	0,007	588	96	10.786
1	20	2,44	2,45	1,28	2,26	1,20	1,20	2,38	4238,0	508	2,12	4173	0,006	704	91	12.263
1	21	2,35	2,53	2,57	2,14	1,20	1,20	2,38	4166,8	540	2,12	3926	0,007	609	86	9.379
1	22	2,60	2,78	2,44	2,31	1,20	1,20	2,38	4237,7	549	2,12	3862	0,007	586	80	8.737

Tabela A39 – Árvore 2.-Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
2	1	2,67	2,84	3,11	2,93	1,20	1,20	2,38	4163,7	541	2,12	3919	0,008	505	158	7.753
2	2	2,65	2,41	2,68	2,93	1,21	1,22	2,38	4259,6	529	2,12	4008	0,008	552	155	8.869
2	3	2,86	2,84	2,84	2,14	1,20	1,23	2,38	4265,7	528	2,12	4015	0,008	552	152	8.907
2	4	2,56	2,25	2,66	2,59	1,20	1,22	2,38	4345,0	530	2,12	4000	0,007	600	149	9.599
2	5	2,62	2,92	2,90	2,67	1,20	1,22	2,38	4184,9	534	2,12	3970	0,008	523	146	8.246
2	6	2,87	2,87	2,69	2,67	1,22	1,25	2,38	4304,0	587	2,12	3612	0,008	528	143	6.883
2	7	2,50	2,69	2,52	2,76	1,21	1,24	2,38	4285,5	523	2,12	4054	0,008	562	140	9.227
2	8	2,60	2,32	2,61	2,78	1,20	1,24	2,38	4260,2	532	2,12	3985	0,007	569	136	9.039
2	9	2,89	3,32	2,39	2,28	1,21	1,25	2,38	4293,3	534	2,12	3970	0,008	539	133	8.498
2	10	2,45	2,32	2,48	2,44	1,20	1,22	2,38	4196,1	528	2,12	4015	0,007	601	129	9.697
2	11	2,55	2,89	2,36	2,48	1,21	1,23	2,38	4217,1	533	2,12	3977	0,007	565	126	8.940
2	12	2,77	2,18	2,35	2,25	1,20	1,20	2,38	4147,2	498	2,12	4257	0,007	608	122	11.022
2	13	2,79	2,71	2,58	2,47	1,21	1,22	2,38	4169,9	597	2,12	3551	0,008	547	118	6.895
2	14	2,27	2,49	2,48	2,54	1,22	1,25	2,38	4236,5	527	2,12	4023	0,007	590	114	9.540
2	15	2,75	2,58	2,61	2,20	1,21	1,25	2,38	4280,7	530	2,12	4000	0,007	577	110	9.229
2	16	2,74	2,28	2,92	2,61	1,18	1,24	2,38	4208,2	600	2,12	3533	0,008	554	106	6.917
2	17	2,77	2,38	2,44	2,28	1,21	1,23	2,38	4185,0	546	2,12	3883	0,007	584	102	8.806
2	18	2,42	2,24	2,32	2,44	1,20	1,21	2,38	4106,0	586	2,12	3618	0,007	608	97	7.957
2	19	2,34	2,45	2,54	2,21	1,21	1,24	2,38	4189,3	565	2,12	3752	0,007	602	92	8.482
2	20	2,49	2,54	2,22	2,05	1,21	1,21	2,38	4082,2	588	2,12	3605	0,007	610	87	7.925
2	21	2,74	2,48	2,29	2,23	1,21	1,22	2,38	4167,0	591	2,12	3587	0,007	592	82	7.615
2	22	2,66	2,48	2,37	2,43	1,20	1,20	2,38	4140,8	580	2,12	3655	0,007	583	76	7.795
2	23	2,85	2,26	2,46	2,31	1,21	1,24	2,38	4260,0	615	2,12	3447	0,007	592	70	7.029
2	24	3,07	2,27	2,55	2,52	1,21	1,21	2,38	4198,6	578	2,12	3668	0,007	560	63	7.536

Tabela A40 – Árvore 3.-Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
3	1	2,61	2,43	2,66	2,94	1,21	1,20	2,38	4188,5	531	2,12	3992	0,008	549	167	8.752
3	3	2,56	2,42	2,52	2,72	1,24	1,22	2,38	4234,7	523	2,12	4054	0,007	566	162	9.303
3	4	2,57	2,39	2,41	2,34	1,20	1,24	2,38	4309,0	515	2,12	4117	0,007	611	159	10.359
3	5	2,39	2,36	2,50	2,68	1,21	1,21	2,38	4178,0	512	2,12	4141	0,007	584	156	10.020
3	6	2,32	2,22	2,20	2,35	1,19	1,23	2,38	4136,8	510	2,12	4157	0,007	632	153	10.923
3	7	2,62	2,66	2,18	2,50	1,22	1,22	2,38	4126,0	505	2,12	4198	0,007	571	150	10.057
3	8	2,10	2,17	2,35	2,45	1,21	1,24	2,38	4128,3	498	2,12	4257	0,007	624	147	11.317
3	9	2,18	2,14	2,22	2,10	1,20	1,22	2,38	4079,8	476	2,12	4454	0,006	656	144	13.010
3	10	2,36	2,44	2,46	2,33	1,20	1,22	2,38	4095,5	506	2,12	4190	0,007	593	141	10.413
3	11	2,31	2,32	2,27	2,46	1,19	1,22	2,38	4090,4	508	2,12	4173	0,007	610	138	10.615
3	12	2,28	2,33	2,16	2,41	1,20	1,22	2,38	4033,4	520	2,12	4077	0,007	610	134	10.144
3	13	2,20	2,04	2,43	2,45	1,21	1,21	2,38	4061,6	510	2,12	4157	0,007	619	131	10.689
3	14	1,91	2,14	2,20	2,22	1,20	1,22	2,38	4088,0	518	2,12	4093	0,006	670	127	11.229
3	15	2,32	2,27	2,12	2,31	1,20	1,20	2,38	3899,2	520	2,12	4077	0,006	605	124	10.063
3	16	2,48	2,10	2,28	2,44	1,19	1,23	2,38	4038,3	538	2,12	3941	0,007	603	120	9.365
3	18	2,21	2,26	2,37	2,47	1,22	1,22	2,38	3698,1	524	2,12	4046	0,007	547	116	8.957
3	19	2,35	2,21	2,31	2,26	1,20	1,22	2,38	3995,4	532	2,12	3985	0,007	608	112	9.652
3	20	2,41	2,31	2,25	2,30	1,23	1,20	2,38	3984,4	582	2,12	3643	0,007	595	108	7.889
3	21	2,35	2,11	2,61	2,36	1,21	1,21	2,38	3980,5	544	2,12	3897	0,007	586	104	8.904
3	22	2,27	2,27	2,28	2,33	1,21	1,22	2,38	3937,9	524	2,12	4046	0,007	595	99	9.744
3	23	2,39	2,45	2,28	2,09	1,20	1,21	2,38	3990,2	574	2,12	3693	0,007	604	94	8.243
3	24	2,49	2,20	2,20	2,20	1,20	1,22	2,38	3877,2	554	2,12	3827	0,007	592	89	8.676
3	25	2,49	2,34	2,34	2,35	1,20	1,22	2,38	3969,1	550	2,12	3855	0,007	579	84	8.604
3	26	2,64	2,19	2,47	2,41	1,20	1,26	2,38	4085,8	540	2,12	3926	0,007	575	78	8.862
3	27	2,47	1,70	2,54	2,39	1,21	1,22	2,38	3967,7	550	2,12	3855	0,007	603	72	8.961
3	28	2,52	2,53	2,44	1,73	1,20	1,22	2,38	4224,6	556	2,12	3813	0,007	636	66	9.253

Tabela A41 – Árvore 4.-Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
4	2	2,31	2,86	3,22	2,40	1,20	1,22	2,38	4258,8	546	2,12	3883	0,008	548	164	8.265
4	3	2,88	2,89	3,10	2,97	1,25	1,24	2,38	4296,3	554	2,12	3827	0,009	490	162	7.173
4	4	2,80	2,84	2,80	2,96	1,22	1,21	2,38	4589,2	557	2,12	3806	0,008	557	159	8.067
4	5	2,84	2,63	2,73	2,67	1,11	1,08	2,38	4072,0	536	2,12	3955	0,007	575	156	8.995
4	7	2,85	2,95	2,98	2,57	1,22	1,20	2,38	4261,7	541	2,12	3919	0,008	522	152	8.009
4	8	2,38	2,51	2,22	2,49	1,22	1,21	2,38	4399,7	542	2,12	3911	0,007	634	149	9.699
4	9	2,93	2,87	2,63	3,15	1,22	1,20	2,38	4382,0	540	2,12	3926	0,008	526	146	8.101
4	10	2,40	2,37	2,79	2,99	1,20	1,19	2,38	4382,2	535	2,12	3963	0,008	584	143	9.173
4	11	2,66	2,63	2,29	2,27	1,20	1,20	2,38	4363,8	541	2,12	3919	0,007	620	140	9.528
4	12	2,55	2,89	2,42	2,63	1,20	1,21	2,38	4278,4	527	2,12	4023	0,008	569	137	9.206
4	13	2,86	2,40	2,45	2,45	1,21	1,21	2,38	4942,9	531	2,12	3992	0,007	676	133	10.771
4	14	2,63	2,35	3,25	2,77	1,21	1,21	2,38	4220,4	554	2,12	3827	0,008	533	130	7.804
4	15	2,68	2,59	2,62	2,59	1,20	1,21	2,38	4329,2	529	2,12	4008	0,008	576	126	9.253
4	16	2,73	2,90	2,63	2,78	1,20	1,22	2,38	4178,1	540	2,12	3926	0,008	526	122	8.102
4	32	2,75	2,75	2,08	2,10	1,21	1,20	2,38	4739,2	575	2,12	3687	0,007	683	97	9.282
4	33	2,57	2,56	2,45	3,06	1,20	1,21	2,38	4687,6	545	2,12	3890	0,008	614	92	9.298
4	41	3,01	3,15	3,19	2,97	1,13	1,15	2,38	4188,0	569	2,12	3726	0,008	501	75	6.957

Tabela A42 – Árvore 5.-Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
5	1	2,74	2,81	2,67	2,85	1,20	1,23	2,38	4338,8	540	2,12	3926	0,008	542	154	8.356
5	2	2,62	2,52	2,98	2,59	1,22	1,26	2,38	4327,8	550	2,12	3855	0,008	548	151	8.137
5	3	3,05	2,40	2,76	2,77	1,21	1,20	2,38	4372,5	541	2,12	3919	0,008	555	148	8.529
5	4	2,38	3,02	2,75	2,64	1,21	1,25	2,38	4591,2	523	2,12	4054	0,008	581	145	9.553
5	5	2,35	2,40	2,68	2,87	1,20	1,26	2,38	4254,7	540	2,12	3926	0,008	564	142	8.699
5	6	2,52	2,46	2,92	2,58	1,20	1,22	2,38	4315,6	496	2,12	4274	0,008	572	139	10.449
5	7	2,16	2,55	2,32	2,21	1,20	1,24	2,38	4242,9	528	2,12	4015	0,007	633	135	10.198
5	8	2,67	2,23	2,28	2,43	1,20	1,24	2,38	4215,5	524	2,12	4046	0,007	604	132	9.891
5	9	2,18	2,27	2,27	2,19	1,21	1,24	2,38	4226,4	520	2,12	4077	0,006	651	128	10.817
5	10	2,62	2,10	2,45	2,16	1,20	1,23	2,38	4210,7	500	2,12	4240	0,007	624	125	11.223
5	11	2,16	2,14	2,24	2,44	1,21	1,24	2,38	4203,6	525	2,12	4038	0,007	642	121	10.472
5	12	2,42	2,45	2,62	2,42	1,20	1,22	2,38	4171,2	533	2,12	3977	0,007	585	117	9.249
5	13	2,64	2,88	2,54	2,36	1,20	1,22	2,38	4094,6	533	2,12	3977	0,008	546	113	8.635
5	14	2,25	2,54	2,50	2,31	1,22	1,21	2,38	4270,4	550	2,12	3855	0,007	615	109	9.142
5	15	2,32	2,45	2,30	2,50	1,21	1,23	2,38	4275,3	522	2,12	4061	0,007	615	105	10.151
5	16	2,72	2,17	2,42	2,59	1,22	1,22	2,38	4451,6	558	2,12	3799	0,007	619	100	8.941
5	20	2,57	2,49	2,08	2,42	1,19	1,19	2,38	4151,2	522	2,12	4061	0,007	613	92	10.115
5	21	2,78	2,71	2,92	2,69	1,20	1,20	2,38	4460,1	581	2,12	3649	0,008	563	87	7.493
5	22	2,64	2,68	2,25	2,62	1,20	1,21	2,38	4366,1	562	2,12	3772	0,007	598	82	8.504
5	23	2,54	2,61	2,63	2,83	1,21	1,23	2,38	4423,3	569	2,12	3726	0,008	574	76	7.973
5	24	2,90	3,11	2,36	2,51	1,21	1,21	2,38	4256,6	568	2,12	3732	0,008	543	69	7.570
5	25	2,73	2,66	2,32	2,61	1,22	1,21	2,38	4069,1	533	2,12	3977	0,007	545	63	8.629

Tabela A43 – Árvore 6.-Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
6	4	2,72	2,62	2,78	2,71	1,20	1,18	2,38	4143,5	533	2,12	3977	0,008	540	158	8.549
6	5	2,81	2,21	2,61	2,50	1,21	1,22	2,38	4304,5	538	2,12	3941	0,007	588	155	9.127
6	6	2,83	2,80	2,79	2,66	1,21	1,21	2,38	4412,6	533	2,12	3977	0,008	553	152	8.751
6	7	2,42	2,41	2,84	2,60	1,21	1,23	2,38	4218,5	552	2,12	3841	0,007	566	149	8.346
6	8	2,39	2,67	2,49	2,29	1,20	1,22	2,38	4225,8	530	2,12	4000	0,007	597	146	9.544
6	9	2,19	2,41	2,36	2,48	1,20	1,23	2,38	4210,8	531	2,12	3992	0,007	617	143	9.835
6	10	2,31	2,60	2,26	2,43	1,21	1,22	2,38	4257,3	518	2,12	4093	0,007	613	140	10.275
6	11	2,25	2,69	2,39	2,31	1,21	1,25	2,38	4242,6	510	2,12	4157	0,007	601	137	10.391
6	12	2,18	2,30	2,26	2,34	1,20	1,24	2,38	4214,5	520	2,12	4077	0,007	639	133	10.628
6	13	2,58	2,51	2,32	2,39	1,21	1,21	2,38	4165,2	517	2,12	4101	0,007	590	130	9.927
6	14	2,37	2,16	2,38	2,41	1,21	1,22	2,38	4181,7	553	2,12	3834	0,007	621	126	9.121
6	15	2,35	2,22	2,37	2,47	1,20	1,23	2,38	4172,2	573	2,12	3700	0,007	613	122	8.395
6	16	2,55	2,46	2,47	2,49	1,18	1,22	2,38	4292,9	516	2,12	4109	0,007	603	119	10.180
6	17	2,59	2,42	2,41	2,36	1,20	1,20	2,38	4269,8	541	2,12	3919	0,007	611	115	9.390
6	18	2,21	2,39	2,40	2,32	1,19	1,22	2,38	4161,5	518	2,12	4093	0,007	623	111	10.431
6	19	2,30	2,34	2,48	2,35	1,20	1,21	2,38	4173,8	540	2,12	3926	0,007	615	106	9.475
6	20	2,15	2,53	2,32	2,20	1,20	1,21	2,38	4147,6	530	2,12	4000	0,007	629	102	10.061
6	21	2,14	2,22	2,15	2,38	1,19	1,22	2,38	4129,5	546	2,12	3883	0,006	648	97	9.767
6	22	2,50	2,52	2,32	2,69	1,20	1,20	2,38	4083,2	554	2,12	3827	0,007	570	93	8.349
6	23	2,19	2,22	2,34	2,32	1,20	1,23	2,38	4114,9	563	2,12	3766	0,007	628	87	8.898
6	24	2,35	2,80	2,31	2,29	1,19	1,22	2,38	4163,3	530	2,12	4000	0,007	596	82	9.529
6	25	2,37	2,60	2,37	2,43	1,20	1,21	2,38	4203,6	563	2,12	3766	0,007	600	76	8.509
6	26	2,62	2,41	2,15	2,27	1,21	1,22	2,38	4414,7	548	2,12	3869	0,007	646	70	9.671
6	27	2,78	2,39	2,56	2,39	1,19	1,22	2,38	4516,2	568	2,12	3732	0,007	622	63	8.671

Tabela A44 – Árvore 7.-Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
7	1	2,64	2,55	2,64	2,11	1,21	1,24	2,38	4451,9	559	2,12	3792	0,007	614	90	8.838
7	2	2,39	2,50	3,20	3,00	1,21	1,24	2,38	4444,0	543	2,12	3904	0,008	550	85	8.380
7	3	2,88	2,89	3,14	2,92	1,21	1,23	2,38	4517,5	606	2,12	3498	0,009	526	80	6.438
7	5	2,97	2,98	2,74	2,69	1,23	1,24	2,38	4544,3	590	2,12	3593	0,008	543	74	7.016
7	14	2,95	3,55	3,17	3,09	1,22	1,27	2,38	4472,0	582	2,12	3643	0,009	473	67	6.278

Tabela A45 – Árvore 8.-.Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (μseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
8	3	2,66	2,75	2,85	2,87	1,22	1,22	2,38	4276,3	591	2,12	3587	0,008	529	111	6.811
8	4	2,79	2,92	2,57	2,52	1,24	1,20	2,38	4387,9	543	2,12	3904	0,008	560	107	8.532
8	5	2,56	2,56	3,25	3,54	1,22	1,24	2,38	4532,1	534	2,12	3970	0,009	520	102	8.195
8	6	2,82	2,65	2,51	2,86	1,21	1,22	2,38	4216,6	565	2,12	3752	0,008	538	98	7.576
8	7	3,02	3,34	2,65	2,49	1,21	1,24	2,38	4419,2	551	2,12	3848	0,008	527	93	7.805
8	8	3,08	2,78	2,64	2,63	1,21	1,23	2,38	4432,5	578	2,12	3668	0,008	549	88	7.381
8	9	2,82	2,73	3,02	2,62	1,21	1,23	2,38	4395,4	547	2,12	3876	0,008	541	82	8.128
8	10	2,70	2,43	2,68	2,67	1,21	1,23	2,38	4535,0	570	2,12	3719	0,008	596	77	8.246

Tabela A46 – Árvore 9.-.Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (μseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
9	1	2,58	2,88	2,83	2,77	1,22	1,25	2,38	4249,3	531	2,12	3992	0,008	523	150	8.334
9	2	2,94	3,01	2,96	2,74	1,20	1,21	2,38	4269,4	519	2,12	4085	0,008	511	147	8.529
9	3	2,41	2,91	2,60	2,53	1,20	1,23	2,38	4352,2	511	2,12	4149	0,008	576	143	9.916
9	4	2,86	3,32	2,36	2,80	1,20	1,21	2,38	4430,7	520	2,12	4077	0,008	545	140	9.058
9	5	2,79	2,77	3,10	2,45	1,20	1,23	2,38	4270,7	515	2,12	4117	0,008	532	137	9.011
9	6	2,99	2,84	2,82	2,86	1,19	1,23	2,38	4269,1	530	2,12	4000	0,008	515	134	8.243
9	7	3,16	3,68	3,20	3,62	1,19	1,22	2,38	4273,3	532	2,12	3985	0,010	436	130	6.929
9	8	2,55	2,51	2,48	2,50	1,19	1,24	2,38	4313,1	567	2,12	3739	0,007	594	126	8.307
9	9	2,59	2,48	2,46	2,46	1,19	1,22	2,38	4329,2	527	2,12	4023	0,007	604	123	9.781
9	10	2,17	2,79	2,30	2,81	1,19	1,22	2,38	4347,2	516	2,12	4109	0,007	602	119	10.164
9	11	2,84	2,75	2,45	2,72	1,20	1,22	2,38	4277,7	557	2,12	3806	0,008	552	115	7.999
9	12	2,64	2,80	2,25	2,48	1,19	1,22	2,38	4242,8	530	2,12	4000	0,007	582	111	9.310
9	13	2,56	2,83	2,14	2,45	1,20	1,21	2,38	4256,8	539	2,12	3933	0,007	595	107	9.203
9	14	2,62	2,46	3,22	3,24	1,19	1,20	2,38	4301,6	535	2,12	3963	0,008	524	103	8.232
9	15	2,48	2,77	2,48	2,33	1,19	1,21	2,38	4284,7	550	2,12	3855	0,007	597	98	8.863
9	16	2,38	2,42	2,49	2,76	1,20	1,22	2,38	4314,5	533	2,12	3977	0,007	596	93	9.434
9	17	2,64	2,79	2,41	2,36	1,19	1,22	2,38	4350,6	577	2,12	3674	0,007	595	88	8.031
9	18	2,78	2,61	2,34	2,72	1,19	1,21	2,38	4318,4	560	2,12	3786	0,007	579	83	8.295
9	19	2,78	2,84	2,72	2,70	1,20	1,22	2,38	4606,9	554	2,12	3827	0,008	580	77	8.488
9	20	2,58	2,88	2,18	2,94	1,20	1,21	2,38	4553,6	553	2,12	3834	0,008	600	71	8.822
9	21	2,74	2,45	2,22	2,30	1,20	1,19	2,38	4146,9	526	2,12	4030	0,007	601	64	9.757

Tabela A47 – Árvore 10.-.Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (μseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
10	2	2,52	2,41	2,19	2,84	1,21	1,22	2,38	4796,4	608	2,12	3487	0,007	669	177	8.132
10	4	2,97	3,13	3,52	2,69	1,22	1,22	2,38	4618,1	602	2,12	3522	0,009	517	174	6.409
10	5	2,54	2,71	3,33	3,45	1,21	1,22	2,38	4650,5	594	2,12	3569	0,009	535	171	6.811
10	6	2,51	2,54	2,45	2,42	1,21	1,22	2,38	4593,3	610	2,12	3475	0,007	641	169	7.736
10	7	2,64	2,62	2,40	2,80	1,21	1,23	2,38	4615,3	609	2,12	3481	0,008	608	166	7.366
10	8	2,45	2,29	2,45	2,47	1,21	1,23	2,38	4556,2	588	2,12	3605	0,007	650	163	8.446
10	9	2,46	2,51	2,88	2,70	1,21	1,25	2,38	4505,6	572	2,12	3706	0,008	584	160	8.016
10	10	2,24	2,81	2,80	2,68	1,20	1,21	2,38	4474,4	555	2,12	3820	0,008	593	158	8.647
10	11	2,80	2,68	2,43	2,64	1,20	1,23	2,38	4473,0	610	2,12	3475	0,008	586	155	7.084
10	12	2,29	2,27	2,37	2,50	1,21	1,24	2,38	4445,4	610	2,12	3475	0,007	647	152	7.812
10	13	2,55	2,54	2,54	2,39	1,21	1,23	2,38	4418,1	555	2,12	3820	0,007	607	149	8.863
10	14	2,73	2,45	2,59	2,63	1,20	1,22	2,38	4512,1	621	2,12	3414	0,007	603	145	7.023
10	15	2,64	2,72	2,50	2,32	1,20	1,23	2,38	4474,4	544	2,12	3897	0,007	608	142	9.234
10	16	2,25	2,54	2,40	2,36	1,20	1,23	2,38	4450,1	641	2,12	3307	0,007	645	139	7.051
10	17	2,28	2,50	2,32	2,55	1,23	1,23	2,38	4431,3	575	2,12	3687	0,007	627	136	8.529
10	18	2,44	2,45	2,61	2,49	1,21	1,22	2,38	4450,4	650	2,12	3262	0,007	616	132	6.555
10	19	2,44	2,40	2,41	2,31	1,21	1,22	2,38	4410,5	596	2,12	3557	0,007	638	129	8.075
10	20	2,46	2,55	2,18	2,44	1,22	1,23	2,38	4366,0	654	2,12	3242	0,007	622	125	6.536
10	21	2,50	2,42	2,80	2,41	1,21	1,22	2,38	4305,4	616	2,12	3442	0,007	588	121	6.963
10	22	2,68	2,40	2,18	2,66	1,21	1,24	2,38	4320,0	594	2,12	3569	0,007	597	118	7.611
10	24	2,77	2,41	2,79	2,40	1,22	1,23	2,38	4400,0	551	2,12	3848	0,008	582	112	8.618
10	25	3,11	2,63	2,48	2,50	1,23	1,23	2,38	4425,3	635	2,12	3339	0,008	564	108	6.287
10	26	2,42	3,03	3,00	2,60	1,22	1,25	2,38	4511,5	628	2,12	3376	0,008	556	103	6.332
10	27	2,48	2,46	2,50	2,59	1,22	1,23	2,38	4382,6	615	2,12	3447	0,007	599	99	7.124
10	28	2,69	2,62	2,16	2,52	1,22	1,23	2,38	4556,6	541	2,12	3919	0,007	626	94	9.609
10	29	2,75	2,54	2,48	2,59	1,22	1,24	2,38	4479,4	656	2,12	3232	0,008	591	89	6.170

Tabela A48 – Árvore 11.-.Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
11	3	2,72	3,42	3,02	2,79	1,24	1,27	2,38	4653,4	566	2,12	3746	0,009	521	127	7.316
11	4	2,70	3,18	2,91	2,94	1,23	1,26	2,38	4800,8	540	2,12	3926	0,009	552	123	8.516
11	5	3,24	2,89	2,90	3,14	1,21	1,24	2,38	4704,0	583	2,12	3636	0,009	530	120	7.012
11	6	3,05	2,97	3,12	2,97	1,26	1,24	2,38	4868,2	572	2,12	3706	0,009	541	116	7.425
11	9	2,32	2,41	1,37	1,25	1,24	1,27	2,38	4253,8	560	2,12	3786	0,005	775	108	11.108
11	10	2,30	2,65	2,72	2,65	1,21	1,21	2,38	4381,4	530	2,12	4000	0,007	590	104	9.435
11	11	2,75	2,44	2,46	2,88	1,20	1,22	2,38	4426,5	519	2,12	4085	0,008	584	99	9.742
11	12	2,42	2,83	2,75	2,75	1,20	1,22	2,38	4400,1	526	2,12	4030	0,008	569	94	9.235
11	13	2,37	2,75	2,21	2,65	1,21	1,22	2,38	4373,5	581	2,12	3649	0,007	606	89	8.071
11	14	2,21	2,38	2,52	2,68	1,20	1,26	2,38	4575,3	520	2,12	4077	0,007	639	84	10.614
11	15	2,63	2,51	2,86	2,49	1,21	1,22	2,38	4568,0	500	2,12	4240	0,008	602	78	10.829
11	16	3,19	2,73	2,54	2,67	1,21	1,22	2,38	4664,4	593	2,12	3575	0,008	580	72	7.409

Tabela A49 – Árvore 12.-.Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
12	3	2,96	2,96	2,88	2,60	1,24	1,27	2,38	4528,9	587	2,12	3612	0,009	532	143	6.939
12	4	3,11	2,47	2,36	2,45	1,22	1,22	2,38	4518,3	600	2,12	3533	0,008	599	140	7.479
12	5	3,14	2,15	2,47	2,51	1,21	1,23	2,38	4637,7	583	2,12	3636	0,007	622	136	8.226
12	6	2,82	2,57	2,12	2,14	1,21	1,22	2,38	4451,0	601	2,12	3527	0,007	638	133	7.939
12	7	2,59	2,36	2,13	2,03	1,21	1,23	2,38	4435,0	578	2,12	3668	0,007	671	129	9.022
12	8	2,38	2,65	2,44	2,52	1,21	1,27	2,38	4543,6	604	2,12	3510	0,007	616	126	7.594
12	9	3,12	2,70	2,65	2,55	1,20	1,22	2,38	4418,6	596	2,12	3557	0,008	557	122	7.047
12	10	2,90	2,77	2,51	2,36	1,21	1,25	2,38	4471,8	595	2,12	3563	0,008	580	118	7.360
12	11	2,81	2,56	2,72	2,38	1,21	1,24	2,38	4485,5	594	2,12	3569	0,008	588	114	7.487
12	12	2,26	2,56	2,80	2,40	1,20	1,21	2,38	4398,7	585	2,12	3624	0,007	612	110	8.041
12	13	2,50	2,49	2,64	2,30	1,21	1,23	2,38	4446,7	575	2,12	3687	0,007	617	106	8.386
12	14	2,27	2,48	2,54	2,14	1,20	1,23	2,38	4429,7	608	2,12	3487	0,007	650	102	7.900
12	15	2,58	2,14	2,33	2,40	1,21	1,22	2,38	4311,8	612	2,12	3464	0,007	631	97	7.574
12	16	2,56	2,59	2,45	2,39	1,20	1,22	2,38	4310,6	572	2,12	3706	0,007	599	92	8.233
12	17	2,68	2,12	2,19	2,55	1,22	1,23	2,38	4271,7	617	2,12	3436	0,007	614	87	7.253
12	18	2,47	2,49	2,60	2,20	1,21	1,24	2,38	4416,5	628	2,12	3376	0,007	621	82	7.075
12	19	2,34	2,76	2,57	2,43	1,20	1,20	2,38	4444,0	604	2,12	3510	0,007	616	76	7.592

Tabela A50 – Árvore 13.-Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
13	1	3,32	3,14	2,44	2,85	1,21	1,16	2,38	4271,7	555	2,12	3820	0,008	516	137	7.523
13	2	2,80	2,36	2,77	2,86	1,27	1,32	2,38	4654,4	570	2,12	3719	0,008	560	134	7.744
13	3	3,02	2,59	2,26	2,57	1,22	1,24	2,38	4558,2	554	2,12	3827	0,008	597	130	8.736
13	4	2,70	2,68	2,64	2,85	1,21	1,24	2,38	4661,6	585	2,12	3624	0,008	588	127	7.727
13	5	2,60	2,53	2,49	2,43	1,20	1,21	2,38	4231,6	578	2,12	3668	0,007	587	123	7.900
13	6	2,70	2,57	2,71	2,41	1,20	1,24	2,38	4432,5	601	2,12	3527	0,008	588	119	7.313
13	7	2,49	2,26	2,31	2,21	1,21	1,22	2,38	4447,7	624	2,12	3397	0,007	664	115	7.661
13	8	2,44	2,15	2,42	2,32	1,20	1,22	2,38	4481,1	637	2,12	3328	0,007	667	111	7.389
13	9	2,29	2,41	2,25	2,27	1,20	1,21	2,38	4420,7	630	2,12	3365	0,007	669	107	7.573
13	10	2,26	2,38	2,24	2,42	1,19	1,22	2,38	4395,3	623	2,12	3403	0,007	659	103	7.633
13	11	2,28	2,39	2,27	2,31	1,20	1,23	2,38	4446,8	631	2,12	3360	0,007	665	98	7.506
13	12	2,29	2,68	2,22	2,39	1,20	1,22	2,38	4435,1	623	2,12	3403	0,007	643	93	7.446
13	13	2,34	2,46	2,49	2,21	1,20	1,20	2,38	4440,6	653	2,12	3247	0,007	655	88	6.900
13	14	2,24	2,20	2,52	2,49	1,20	1,20	2,38	4468,8	644	2,12	3292	0,007	662	83	7.177
13	15	2,47	2,89	2,46	2,31	1,20	1,23	2,38	4710,7	626	2,12	3387	0,007	643	77	7.377
13	16	2,69	2,17	2,69	2,65	1,19	1,20	2,38	4513,3	646	2,12	3282	0,007	622	71	6.702

Tabela A51 – Árvore 14.-.Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
14	2	2,33	2,48	2,84	2,56	1,20	1,22	2,38	4189,3	555	2,12	3820	0,007	570	175	8.316
14	3	2,38	2,37	2,52	2,58	1,20	1,21	2,38	4222,9	524	2,12	4046	0,007	598	172	9.788
14	4	2,75	2,47	2,48	2,62	1,20	1,22	2,38	4255,6	587	2,12	3612	0,007	573	169	7.471
14	5	2,45	2,65	2,69	2,48	1,19	1,22	2,38	4222,5	569	2,12	3726	0,007	573	167	7.961
14	6	2,76	2,69	2,41	2,56	1,19	1,22	2,38	4225,1	570	2,12	3719	0,007	566	164	7.823
14	7	2,55	2,25	2,58	2,62	1,19	1,25	2,38	4214,4	565	2,12	3752	0,007	581	161	8.174
14	8	2,56	2,88	2,38	3,08	1,20	1,25	2,38	4296,0	534	2,12	3970	0,008	541	158	8.523
14	9	2,30	2,52	2,28	2,46	1,20	1,22	2,38	4261,4	495	2,12	4283	0,007	619	155	11.357
14	10	2,28	2,60	2,38	2,44	1,20	1,24	2,38	4266,5	495	2,12	4283	0,007	606	152	11.114
14	11	2,25	2,46	2,67	2,60	1,20	1,21	2,38	4260,1	547	2,12	3876	0,007	595	149	8.943
14	12	2,42	2,76	2,51	2,36	1,20	1,21	2,38	4197,7	483	2,12	4389	0,007	583	146	11.223
14	13	2,75	2,35	2,41	2,47	1,20	1,22	2,38	4222,5	548	2,12	3869	0,007	588	143	8.795
14	14	2,33	2,50	2,38	2,59	1,19	1,22	2,38	4226,6	485	2,12	4371	0,007	602	140	11.493
14	15	2,29	2,56	2,36	2,47	1,19	1,22	2,38	4170,5	543	2,12	3904	0,007	601	137	9.160
14	16	2,28	2,58	2,54	2,50	1,20	1,22	2,38	4186,7	493	2,12	4300	0,007	587	133	10.862
14	17	2,55	2,51	2,48	2,78	1,21	1,22	2,38	4215,7	543	2,12	3904	0,007	565	130	8.613
14	18	2,32	2,36	2,30	2,58	1,21	1,23	2,38	4238,5	530	2,12	4000	0,007	611	126	9.772
14	19	2,42	2,57	2,40	2,42	1,20	1,23	2,38	4123,8	542	2,12	3911	0,007	581	122	8.896
14	20	2,45	2,63	2,21	2,27	1,19	1,21	2,38	4131,9	582	2,12	3643	0,007	605	119	8.032
14	21	2,25	2,18	2,61	2,61	2,44	1,19	2,38	4205,9	598	2,12	3545	0,010	404	115	5.072
14	22	2,38	2,45	2,35	2,36	1,20	1,22	2,38	4281,8	556	2,12	3813	0,007	623	111	9.064
14	23	2,05	2,39	2,42	2,59	1,25	1,30	2,38	4621,1	564	2,12	3759	0,007	645	106	9.108
14	27	2,62	2,64	2,52	2,58	1,20	1,19	2,38	4781,5	670	2,12	3164	0,007	649	95	6.499

Tabela A52 – Árvore 15.-.Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
15	2	2,34	2,78	2,73	2,94	1,20	1,21	2,38	4196,8	513	2,12	4133	0,008	542	164	9.265
15	3	2,41	2,61	2,67	2,60	1,21	1,23	2,38	4326,2	545	2,12	3890	0,007	579	161	8.764
15	4	2,48	2,78	2,49	2,28	1,21	1,21	2,38	4366,4	493	2,12	4300	0,007	605	158	11.181
15	5	2,97	2,52	2,76	2,60	1,20	1,21	2,38	4350,9	492	2,12	4309	0,008	559	155	10.385
15	6	2,82	2,00	2,54	2,96	1,20	1,22	2,38	4243,3	498	2,12	4257	0,007	571	152	10.350
15	7	2,21	2,29	2,52	2,59	1,22	1,25	2,38	4334,7	501	2,12	4232	0,007	614	149	10.991
15	8	2,28	2,49	2,38	2,79	1,19	1,21	2,38	4269,4	509	2,12	4165	0,007	602	146	10.436
15	9	2,49	2,42	2,27	2,24	1,20	1,21	2,38	4246,9	532	2,12	3985	0,007	629	143	9.985
15	10	2,38	2,61	2,69	2,62	1,20	1,22	2,38	4285,2	516	2,12	4109	0,007	578	139	9.754
15	11	2,30	2,62	2,82	2,69	1,19	1,22	2,38	4216,8	516	2,12	4109	0,007	564	136	9.518
15	12	2,15	2,36	2,64	2,29	1,19	1,22	2,38	4258,8	504	2,12	4206	0,007	629	133	11.133
15	13	2,42	2,32	2,40	2,68	1,20	1,21	2,38	4296,6	504	2,12	4206	0,007	610	129	10.797
15	14	2,35	2,60	2,45	2,31	1,20	1,25	2,38	4251,9	563	2,12	3766	0,007	601	126	8.519
15	15	2,25	2,40	2,41	2,54	1,20	1,22	2,38	4243,8	538	2,12	3941	0,007	614	122	9.534
15	16	2,45	2,22	2,59	2,30	1,19	1,21	2,38	4263,2	510	2,12	4157	0,007	625	118	10.792
15	17	2,14	2,44	2,59	2,69	1,19	1,20	2,38	4214,2	542	2,12	3911	0,007	601	114	9.197
15	18	2,47	2,84	2,39	2,17	1,19	1,21	2,38	4236,4	512	2,12	4141	0,007	601	110	10.307
15	19	2,46	2,10	2,37	2,59	1,21	1,22	2,38	4293,8	542	2,12	3911	0,007	624	106	9.545
15	20	2,22	2,57	2,23	2,30	1,19	1,21	2,38	4251,2	518	2,12	4093	0,007	639	102	10.701
15	21	2,32	2,16	2,44	2,46	1,20	1,22	2,38	4217,5	551	2,12	3848	0,007	625	97	9.245
15	22	2,54	2,30	2,82	1,93	1,20	1,22	2,38	4002,3	554	2,12	3827	0,007	580	92	8.489
15	23	2,35	2,54	2,47	2,30	1,20	1,22	2,38	4368,1	518	2,12	4093	0,007	628	87	10.520
15	24	2,30	1,98	2,28	2,64	1,21	1,22	2,38	4305,5	556	2,12	3813	0,007	647	82	9.412
15	25	2,35	2,04	2,48	1,82	1,21	1,22	2,38	4120,3	545	2,12	3890	0,006	656	76	9.924

Tabela A53 – Árvore 16.-Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
16	2	2,86	2,68	2,98	2,90	1,20	1,23	2,38	4287,6	636	2,12	3333	0,008	519	123	5.770
16	3	2,59	2,70	2,97	2,80	1,22	1,23	2,38	4376,9	651	2,12	3257	0,008	543	119	5.758
16	4	2,76	2,85	2,77	2,96	1,21	1,24	2,38	4606,7	599	2,12	3539	0,008	557	115	6.981
16	5	2,50	2,67	3,07	3,08	1,21	1,23	2,38	4549,9	592	2,12	3581	0,008	554	111	7.101
16	6	2,86	2,47	2,31	2,54	1,20	1,20	2,38	4461,8	627	2,12	3381	0,007	614	107	7.018
16	7	2,68	2,60	2,72	2,52	1,21	1,23	2,38	4520,7	593	2,12	3575	0,008	592	103	7.566
16	8	2,62	2,80	2,57	2,92	1,21	1,25	2,38	4625,3	588	2,12	3605	0,008	579	98	7.530
16	9	2,40	2,74	2,58	2,02	1,20	1,22	2,38	4504,6	582	2,12	3643	0,007	642	93	8.524
16	10	2,59	2,52	2,26	2,57	1,21	1,22	2,38	4493,0	600	2,12	3533	0,007	625	88	7.806
16	11	2,55	2,52	2,73	2,42	1,21	1,24	2,38	4534,9	670	2,12	3164	0,007	609	83	6.095

Tabela A54 – Árvore 17.-Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
17	1	3,16	2,70	2,68	2,73	1,21	1,21	2,38	4623,5	583	2,12	3636	0,008	570	148	7.535
17	2	2,97	2,96	2,58	2,72	1,22	1,22	2,38	4781,3	570	2,12	3719	0,008	587	145	8.114
17	3	3,39	3,40	2,70	2,74	1,21	1,20	2,38	4625,6	592	2,12	3581	0,009	528	141	6.765
17	6	2,58	2,50	2,38	2,72	1,22	1,21	2,38	4337,6	568	2,12	3732	0,007	589	137	8.211
17	7	2,78	2,62	2,55	2,42	1,21	1,20	2,38	4221,2	596	2,12	3557	0,007	568	133	7.183
17	8	3,05	2,92	2,64	2,86	1,23	1,23	2,38	4411,6	556	2,12	3813	0,008	526	130	7.641
17	9	2,32	2,82	2,29	2,64	1,19	1,20	2,38	4264,9	573	2,12	3700	0,007	596	126	8.154
17	10	3,45	2,20	2,55	2,44	1,21	1,23	2,38	4294,7	571	2,12	3713	0,008	556	123	7.665
17	11	2,75	2,18	2,39	2,79	1,20	1,20	2,38	4246,7	566	2,12	3746	0,007	588	119	8.254
17	13	2,15	2,73	2,28	3,20	1,19	1,20	2,38	4163,7	580	2,12	3655	0,007	565	114	7.552
17	15	2,51	3,28	2,34	2,91	1,20	1,20	2,38	4230,5	580	2,12	3655	0,008	537	108	7.170
17	16	3,01	2,62	2,56	2,87	1,20	1,20	2,38	4390,0	591	2,12	3587	0,008	556	104	7.153
17	17	3,11	2,78	2,60	2,90	1,21	1,20	2,38	4578,3	603	2,12	3516	0,008	561	99	6.930
17	18	2,55	3,67	2,52	3,39	1,21	1,23	2,38	4737,4	600	2,12	3533	0,009	538	95	6.717

Tabela A55 – Árvore 18.-.Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
18	1	2,43	2,46	3,09	2,30	1,21	1,20	2,38	3891,4	572	2,12	3706	0,007	528	190	7.253
18	2	2,35	2,95	3,05	2,76	1,21	1,24	2,38	4043,7	582	2,12	3643	0,008	499	187	6.626
18	3	2,96	2,81	2,77	3,18	1,20	1,22	2,38	4048,7	533	2,12	3977	0,008	480	185	7.591
18	4	2,10	2,19	2,63	3,02	1,22	1,22	2,38	4245,8	539	2,12	3933	0,007	588	182	9.103
18	6	2,75	2,84	2,40	2,70	1,24	1,20	2,38	4083,2	540	2,12	3926	0,008	526	178	8.110
18	7	2,63	2,59	2,45	2,54	1,20	1,21	2,38	3952,6	534	2,12	3970	0,007	540	176	8.510
18	8	2,38	2,68	2,44	2,54	1,19	1,22	2,38	3972,1	550	2,12	3855	0,007	552	173	8.198
18	9	2,46	2,62	2,32	2,14	1,23	1,20	2,38	3977,5	565	2,12	3752	0,007	577	170	8.120
18	10	2,35	2,36	2,12	2,17	1,24	1,21	2,38	3987,3	507	2,12	4181	0,007	608	168	10.628
18	11	2,15	2,14	2,22	2,43	1,26	1,19	2,38	3939,3	513	2,12	4133	0,007	605	165	10.324
18	12	2,67	2,73	2,58	2,31	1,23	1,20	2,38	3914,1	542	2,12	3911	0,007	526	162	8.050
18	13	2,65	2,39	2,56	2,14	1,22	1,19	2,38	3884,6	554	2,12	3827	0,007	556	159	8.146
18	14	2,54	2,51	2,44	2,21	1,25	1,20	2,38	3975,4	570	2,12	3719	0,007	562	156	7.778
18	15	2,34	2,66	2,79	2,40	1,24	1,20	2,38	4058,9	495	2,12	4283	0,007	549	153	10.065
18	16	2,65	2,40	2,49	2,31	1,24	1,18	2,38	4107,7	580	2,12	3655	0,007	579	150	7.739
18	17	2,75	2,94	2,56	2,66	1,20	1,20	2,38	4214,4	576	2,12	3681	0,008	541	147	7.329
18	18	2,82	2,59	2,69	2,51	1,21	1,22	2,38	4236,2	565	2,12	3752	0,008	552	144	7.776
18	19	2,56	2,85	2,11	2,68	1,25	1,18	2,38	4351,3	534	2,12	3970	0,007	590	141	9.301
18	23	2,78	2,99	2,48	2,30	1,21	1,19	2,38	4123,1	525	2,12	4038	0,008	547	132	8.925
18	24	2,32	2,00	2,71	3,08	1,22	1,18	2,38	4090,4	570	2,12	3719	0,007	567	129	7.839
18	29	2,72	2,50	2,67	2,35	1,22	1,23	2,38	3768,3	521	2,12	4069	0,007	505	119	8.360
18	30	2,24	2,29	2,88	2,64	1,29	1,21	2,38	3875,7	587	2,12	3612	0,007	519	115	6.763
18	31	2,50	2,49	2,58	2,40	1,24	1,23	2,38	3891,5	588	2,12	3605	0,007	531	111	6.905
18	35	2,75	2,78	2,16	2,53	1,22	1,19	2,38	3829,1	610	2,12	3475	0,007	523	103	6.312
18	36	2,14	2,95	2,50	2,72	1,22	1,23	2,38	3902,6	550	2,12	3855	0,008	519	98	7.716
18	38	3,04	2,48	2,35	2,64	1,23	1,2	2,38	3890,7	590	2,12	3593	0,027	522	101	6.435
18	41	3,12	2,67	3,12	3,07	1,23	1,23	2,38	4093,7	566	2,12	3746	0,009	467	80	6.551
18	42	2,77	2,51	2,70	2,67	1,22	1,22	2,38	4175,2	551	2,12	3848	0,008	540	74	7.995
18	43	3,03	2,57	2,80	3,04	1,23	1,23	2,38	4139,3	621	2,12	3414	0,008	494	67	5.762
18	44	2,50	3,05	2,66	2,69	1,22	1,22	2,38	4205,5	611	2,12	3470	0,008	532	60	6.399
18	45	2,67	3,09	2,62	2,74	1,26	1,23	2,38	4447,1	612	2,12	3464	0,008	540	52	6.478

Tabela A56 – Árvore 19.-Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
19	2	2,35	2,58	2,65	2,59	1,22	1,28	2,38	3900,2	604	2,12	3510	0,008	516	146	6.352
19	3	2,49	2,63	2,54	2,54	1,24	1,30	2,38	4205,9	535	2,12	3963	0,008	546	143	8.568
19	4	2,74	2,76	2,54	2,53	1,21	1,22	2,38	3818,5	570	2,12	3719	0,008	500	139	6.913
19	5	2,61	2,55	2,70	2,56	1,20	1,22	2,38	3930,2	591	2,12	3587	0,008	524	136	6.741
19	6	2,30	2,46	2,60	2,45	1,21	1,25	2,38	4148,5	623	2,12	3403	0,007	578	133	6.691
19	7	2,45	2,64	2,44	2,66	1,20	1,23	2,38	3948,0	568	2,12	3732	0,007	536	129	7.466
19	8	2,22	2,30	2,45	2,53	1,22	1,23	2,38	3911,5	584	2,12	3630	0,007	565	125	7.444
19	9	2,23	2,45	2,42	2,46	1,23	1,24	2,38	4175,3	642	2,12	3302	0,007	594	122	6.481
19	12	2,77	2,30	2,58	2,45	1,21	1,20	2,38	4061,5	596	2,12	3557	0,007	561	116	7.096
19	13	2,68	2,35	2,37	2,44	1,22	1,22	2,38	4196,7	591	2,12	3587	0,007	588	112	7.560
19	14	2,13	2,42	2,67	2,52	1,21	1,25	2,38	4158,6	590	2,12	3593	0,007	583	108	7.532
19	15	2,72	2,80	2,38	2,52	1,20	1,20	2,38	4086,5	551	2,12	3848	0,007	549	103	8.131
19	16	2,31	2,84	2,69	2,55	1,21	1,23	2,38	4240,8	626	2,12	3387	0,008	562	99	6.449
19	17	2,24	2,58	2,48	2,44	1,22	1,27	2,38	4114,4	572	2,12	3706	0,007	570	94	7.833
19	18	2,91	2,76	2,75	2,44	1,22	1,21	2,38	4467,2	610	2,12	3475	0,008	569	89	6.873
19	19	2,65	2,76	2,76	2,52	1,22	1,20	2,38	4304,2	561	2,12	3779	0,008	559	84	7.987
19	20	2,64	2,64	2,53	2,65	1,20	1,23	2,38	4814,5	660	2,12	3212	0,008	637	78	6.569
19	21	2,92	2,72	2,90	2,85	1,22	1,25	2,38	4729,4	544	2,12	3897	0,008	565	72	8.582

Tabela A57 – Árvore 20.-Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
20	2	2,49	2,63	2,77	2,64	1,23	1,20	2,38	4185,8	544	2,12	3897	0,008	550	123	8.351
20	3	2,21	2,41	2,50	2,52	1,20	1,20	2,38	4332,6	532	2,12	3985	0,007	629	119	9.996
20	4	2,78	2,83	2,23	2,50	1,23	1,21	2,38	4445,5	521	2,12	4069	0,008	592	116	9.807
20	5	2,76	2,84	2,42	2,68	1,24	1,28	2,38	4701,7	550	2,12	3855	0,008	586	112	8.708
20	6	2,15	2,35	2,76	2,69	1,24	1,26	2,38	4426,0	518	2,12	4093	0,007	598	107	10.018
20	7	2,63	2,64	2,11	2,28	1,30	1,33	2,38	4660,7	555	2,12	3820	0,008	617	103	8.997
20	8	2,44	2,64	2,46	2,57	1,19	1,23	2,38	4341,1	556	2,12	3813	0,007	596	98	8.671
20	11	2,65	2,98	2,37	2,53	1,25	1,27	2,38	4403,0	512	2,12	4141	0,008	558	91	9.562
20	12	2,48	2,48	2,35	2,43	1,28	1,31	2,38	4626,3	511	2,12	4149	0,008	616	86	10.610
20	13	2,42	2,50	2,68	2,51	1,21	1,22	2,38	4367,0	517	2,12	4101	0,007	598	80	10.047
20	14	2,43	2,51	2,57	2,28	1,21	1,22	2,38	4422,2	500	2,12	4240	0,007	625	75	11.233
20	15	2,35	2,68	2,55	2,41	1,22	1,24	2,38	4670,0	595	2,12	3563	0,007	639	68	8.109
20	16	2,49	2,59	2,39	2,27	1,34	1,24	2,38	4647,3	574	2,12	3693	0,007	622	61	8.480

Tabela A58 – Árvore 21.-.Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
21	1	2,69	2,94	2,56	2,65	1,20	1,25	2,38	4358,7	570	2,12	3719	0,008	552	135	7.631
21	2	2,70	2,72	2,64	2,75	1,22	1,25	2,38	4588,2	578	2,12	3668	0,008	578	132	7.770
21	3	2,48	2,58	2,44	2,54	1,20	1,21	2,38	4548,3	556	2,12	3813	0,007	632	128	9.186
21	4	2,62	2,52	2,58	2,62	1,21	1,21	2,38	4580,5	555	2,12	3820	0,007	615	124	8.978
21	5	2,35	2,55	2,54	2,36	1,20	1,22	2,38	4445,2	553	2,12	3834	0,007	630	121	9.259
21	6	2,45	2,66	2,40	2,40	1,22	1,25	2,38	4527,9	541	2,12	3919	0,007	622	117	9.548
21	7	2,38	2,33	2,43	2,66	1,22	1,23	2,38	4467,8	547	2,12	3876	0,007	625	113	9.395
21	8	2,30	2,26	2,45	2,35	1,20	1,22	2,38	4344,5	544	2,12	3897	0,007	645	109	9.791
21	9	2,33	2,31	2,36	2,29	1,22	1,26	2,38	4384,9	518	2,12	4093	0,007	640	104	10.716
21	10	2,25	2,43	2,32	2,34	1,21	1,21	2,38	4341,0	538	2,12	3941	0,007	646	100	10.024
21	11	2,44	2,38	2,25	2,32	1,20	1,22	2,38	4283,3	550	2,12	3855	0,007	634	95	9.414
21	12	2,69	2,56	2,38	2,21	1,20	1,23	2,38	4317,2	553	2,12	3834	0,007	607	90	8.919
21	13	2,18	2,23	2,56	2,43	1,20	1,22	2,38	4218,5	552	2,12	3841	0,007	623	85	9.194
21	14	2,27	2,58	2,34	2,38	1,19	1,20	2,38	4247,4	533	2,12	3977	0,007	624	79	9.875
21	15	2,86	2,62	2,20	2,22	1,21	1,24	2,38	4428,8	580	2,12	3655	0,007	614	74	8.200
21	16	2,35	2,44	2,66	2,64	1,20	1,21	2,38	4354,0	540	2,12	3926	0,007	602	67	9.276

Tabela A59 – Árvore 22.-.Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
22	1	2,35	2,54	2,39	2,39	1,23	1,26	2,38	4410,0	572	2,12	3706	0,007	616	143	8.457
22	2	2,66	2,69	2,54	2,67	1,25	1,27	2,38	4489,4	570	2,12	3719	0,008	567	140	7.844
22	3	2,84	2,72	2,59	2,52	1,22	1,24	2,38	4367,3	572	2,12	3706	0,008	559	136	7.683
22	4	2,53	2,68	2,52	2,65	1,22	1,27	2,38	4166,3	555	2,12	3820	0,008	542	133	7.906
22	5	1,60	2,58	2,34	2,55	1,22	1,25	2,38	4316,2	596	2,12	3557	0,007	648	129	8.194
22	6	2,79	2,45	2,41	2,43	1,19	1,23	2,38	4286,5	563	2,12	3766	0,007	591	126	8.375
22	7	2,77	2,67	2,42	2,47	1,21	1,23	2,38	4300,2	554	2,12	3827	0,007	573	122	8.398
22	8	2,68	2,53	2,49	2,38	1,22	1,25	2,38	4373,8	566	2,12	3746	0,007	590	118	8.284
22	9	2,65	2,49	2,36	2,30	1,22	1,20	2,38	4292,5	550	2,12	3855	0,007	608	114	9.039
22	10	2,75	2,26	2,54	2,53	1,18	1,23	2,38	4286,8	552	2,12	3841	0,007	593	110	8.749
22	11	2,53	2,62	2,66	2,63	1,20	1,23	2,38	4362,0	685	2,12	3095	0,008	578	106	5.536
22	12	3,07	2,41	2,51	2,45	1,22	1,24	2,38	4436,4	651	2,12	3257	0,008	581	102	6.158
22	13	2,71	2,38	2,48	2,44	1,21	1,25	2,38	4426,4	574	2,12	3693	0,007	604	97	8.242
22	14	2,59	2,58	2,49	2,34	1,22	1,21	2,38	4351,3	642	2,12	3302	0,007	602	92	6.563
22	15	2,69	2,60	2,18	2,34	1,21	1,23	2,38	4365,6	670	2,12	3164	0,007	613	87	6.138
22	16	2,69	2,76	2,82	2,39	1,20	1,21	2,38	4295,5	669	2,12	3169	0,008	562	82	5.644
22	17	2,86	2,56	2,46	2,44	1,23	1,22	2,38	4470,3	652	2,12	3252	0,008	594	76	6.283
22	18	2,65	2,38	2,69	2,62	1,20	1,23	2,38	4494,6	683	2,12	3104	0,007	601	69	5.793

Tabela A60 – Árvore 23.-Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
23	2	2,10	2,36	2,69	2,67	1,21	1,20	2,38	4355,2	556	2,12	3813	0,007	619	182	8.993
23	3	2,91	2,52	2,54	2,63	1,21	1,22	2,38	4534,5	578	2,12	3668	0,008	592	179	7.961
23	4	2,64	2,73	2,55	2,49	1,22	1,23	2,38	4678,3	551	2,12	3848	0,008	617	176	9.128
23	5	2,34	2,31	2,42	2,62	1,21	1,20	2,38	4268,7	565	2,12	3752	0,007	614	174	8.651
23	6	2,68	2,51	2,35	2,64	1,20	1,20	2,38	4267,7	582	2,12	3643	0,007	587	171	7.791
23	7	2,54	2,72	2,49	2,34	1,20	1,20	2,38	4532,7	567	2,12	3739	0,007	629	168	8.796
23	8	2,85	3,09	2,59	2,48	1,22	1,23	2,38	4736,9	545	2,12	3890	0,008	590	166	8.932
23	9	2,60	2,60	2,57	2,51	1,20	1,21	2,38	4497,7	555	2,12	3820	0,007	610	163	8.904
23	10	2,43	2,85	2,60	2,44	1,16	1,15	2,38	4373,2	570	2,12	3719	0,007	617	156	8.530
23	13	2,41	2,18	2,21	2,18	1,24	1,22	2,38	4274,6	595	2,12	3563	0,007	650	153	8.257
23	14	2,35	2,24	2,36	2,50	1,21	1,22	2,38	4307,1	608	2,12	3487	0,007	630	150	7.665
23	15	2,35	2,62	2,34	2,18	1,20	1,21	2,38	4228,4	682	2,12	3109	0,007	621	147	6.005
23	16	2,52	2,41	2,37	2,42	1,19	1,20	2,38	4145,2	566	2,12	3746	0,007	600	144	8.415
23	17	2,47	2,62	2,42	2,32	1,21	1,21	2,38	4443,9	628	2,12	3376	0,007	628	141	7.156
23	18	2,32	2,79	2,47	2,53	1,21	1,22	2,38	4401,0	600	2,12	3533	0,007	602	134	7.518
23	22	2,73	2,68	2,30	2,49	1,23	1,21	2,38	4478,8	587	2,12	3612	0,007	605	131	7.890
23	27	2,48	2,57	2,52	1,74	1,22	1,27	2,38	4103,8	573	2,12	3700	0,007	595	119	8.145
23	28	2,36	2,33	2,53	2,26	1,23	1,19	2,38	4042,7	620	2,12	3419	0,007	592	116	6.925
23	29	2,33	2,36	2,52	2,25	1,21	1,22	2,38	4287,6	533	2,12	3977	0,007	627	112	9.919
23	30	2,45	3,12	2,53	2,54	1,20	1,20	2,38	4508,1	580	2,12	3655	0,008	593	107	7.928
23	31	2,80	2,75	2,52	2,60	1,21	1,22	2,38	4580,5	625	2,12	3392	0,008	594	103	6.832
23	32	2,80	2,40	2,47	2,37	1,19	1,21	2,38	4305,6	645	2,12	3287	0,007	601	98	6.489
23	33	2,46	2,57	2,30	2,60	1,23	1,24	2,38	4793,9	546	2,12	3883	0,007	657	94	9.905
23	36	2,52	2,38	2,14	2,70	1,20	1,18	2,38	3977,4	600	2,12	3533	0,007	577	86	7.200
23	37	2,67	2,51	2,61	2,64	1,22	1,21	2,38	4484,5	609	2,12	3481	0,008	595	80	7.207
23	38	2,16	3,33	2,68	2,68	1,19	1,21	2,38	4601,7	627	2,12	3381	0,008	594	74	6.791
23	39	2,71	2,69	2,98	2,84	1,21	1,22	2,38	4664,9	579	2,12	3661	0,008	575	68	7.710

Tabela A61 – Árvore 24.-Módulo de elasticidade dinâmico das lâminas

Árvore	Lâmina	Espessura (mm)				Largura (m)		Comprimento (m)	Peso (g)	tempo (µseg)	Dist (m)	velocidade (m/s)	volume (m³)	densidade kg/m³	Raio (mm)	MOE (Ed)
		1	2	3	4	1	2									
24	2	2,26	2,74	2,70	2,73	1,20	1,19	2,38	4232,5	557	2,12	3806	0,007	571	137	8.268
24	5	2,56	2,45	2,63	2,48	1,22	1,25	2,38	4576,4	529	2,12	4008	0,007	615	127	9.884
24	6	2,61	2,46	2,75	2,63	1,22	1,20	2,38	4190,3	576	2,12	3681	0,008	557	123	7.545
24	7	2,42	2,31	2,26	2,47	1,18	1,25	2,38	4229,0	520	2,12	4077	0,007	618	119	10.278
24	13	2,32	2,18	2,70	2,53	1,19	1,20	2,38	4142,5	566	2,12	3746	0,007	599	106	8.400
24	14	2,39	2,48	2,33	2,36	1,22	1,21	2,38	4276,8	561	2,12	3779	0,007	619	101	8.837
24	15	2,07	2,36	2,16	2,38	1,19	1,21	2,38	4155,5	559	2,12	3792	0,006	649	96	9.332
24	16	2,30	2,29	2,35	2,42	1,20	1,21	2,38	4143,6	561	2,12	3779	0,007	617	92	8.817
24	17	2,31	2,13	2,32	2,11	1,19	1,23	2,38	4144,3	579	2,12	3661	0,006	649	86	8.700
24	18	2,28	2,32	2,59	2,10	1,18	1,20	2,38	4192,5	588	2,12	3605	0,007	637	81	8.285
24	19	2,36	2,20	2,43	2,72	1,20	1,22	2,38	4200,2	594	2,12	3569	0,007	601	75	7.653
24	20	2,57	2,50	2,56	2,30	1,20	1,22	2,38	4506,0	580	2,12	3655	0,007	630	69	8.421

Tabela A62 – Valores dos ensaios físico-mecânicos dos corpos de prova

Tratamento	Painel	Repetição	Densidade (kg/m ³)	Umidade (%)	Flexão Longitudinal		Flexão Transversal		Resistência a colagem / cisalhamento			Inchamento	
					Tensão F.max (MPa)	E (MPa)	Tensão F.max (MPa)	E (MPa)	Água fria (MPa)	4hx4h (MPa)	6h (MPa)	R (%)	IR (%)
T1	1	1	772	12,03	38,84	5521	39,26	3003	2,774	1,997	2,406	1,03	4,81
T1	1	2	785	12,02	52,99	6161	41,53	3026	2,538	2,171	2,296	0,40	4,65
T1	1	3	776	12,38	61,93	6017	41,49	3112	2,994	2,718	2,085	1,42	5,80
T1	1	4	770	12,15	54,10	5368	47,48	3825	2,550	2,782	1,965		
T1	1	5	781	12,01	55,72	5918	43,90	3409	2,485	2,062	2,058		
T1	1	6	757	12,27	41,50	4841	42,77	3501	2,963	2,454	3,130		
T1	1	7							2,971	2,565	2,755		
T1	1	8							3,290	1,670	2,398		
T1	1	9							3,048	1,768	1,838		
T1	1	10							2,584	2,099	2,738		
T1	1	11							2,152	1,640	1,957		
T1	1	12							2,096	2,112	2,555		
T1	2	1	802	11,91	46,59	4491	43,11	3414	2,592	1,768	2,626	0,35	4,83
T1	2	2	800	11,94	43,15	4951	48,24	3649	2,939	2,243	2,222	1,53	4,67
T1	2	3	784	12,06	43,70	4229	46,22	3709	2,723	2,229	2,726	0,62	4,51
T1	2	4	815	12,71	49,59	5366	30,93	2895	3,280	2,334	2,774		
T1	2	5	801	12,83	56,93	5053	27,23	2278	3,248	2,566	.		
T1	2	6	809	12,97	50,14	5673	26,52	2007	2,251	2,550	1,846		
T1	2	7							3,094	2,435	2,122		
T1	2	8							3,024	2,242	2,557		
T1	2	9							3,758	2,230	3,269		
T1	2	10							3,259	2,536	2,696		
T1	2	11							2,104	1,634	2,850		
T1	2	12							2,413	2,243	2,146		
T1	3	1	773	11,68	41,46	5272	37,73	2743	3,320	2,142	1,149	0,92	4,53
T1	3	2	764	11,47	54,81	5536	36,48	2633	2,995	2,062	1,995	0,59	4,64
T1	3	3	763	11,53	50,96	5512	38,92	3012	3,360	2,056	2,362	0,30	3,99
T1	3	4	784	11,76	64,13	5944	40,99	3617	3,272	2,403	2,648		
T1	3	5	787	11,67	55,55	5234	47,06	3998	3,502	2,442	2,858		
T1	3	6	778	12,17	56,25	5240	29,46	2993	3,090	2,051	.		
T1	3	7							3,048	2,390	2,123		
T1	3	8							3,421	2,211	2,344		
T1	3	9							.	2,536	2,816		
T1	3	10							1,706	2,566	2,850		
T1	3	11							2,829	2,251	.		
T1	3	12							3,256	2,005	1,797		
T2	1	1	727	11,51	44,33	5793	32,05	2994	2,469	1,979	2,125	0,63	4,65
T2	1	2	764	11,51	42,84	5563	44,33	3461	1,766	1,678	2,299	0,76	4,54
T2	1	3	736	11,61	45,95	5552	39,91	3005	2,442	2,426	1,762	0,57	3,92
T2	1	4	777	11,92	42,09	6064	37,48	3353	2,195	2,030	2,275		
T2	1	5	764	13,59	46,89	5734	33,87	2854	2,402	2,142	2,114		
T2	1	6	779	10,18	51,14	6053	40,88	2779	3,418	2,056	2,014		
T2	1	7							2,147	2,504	2,683		
T2	1	8							1,942	2,296	2,032		
T2	1	9							2,288	2,566	.		
T2	1	10							2,664	2,486	2,147		
T2	1	11							2,229	1,923	2,611		
T2	1	12							2,264	.	2,726		
T2	2	1	745	11,31	30,11	3718	34,89	2813	2,648	2,152	2,984	0,38	4,39
T2	2	2	757	11,41	46,65	5532	36,78	2755	2,893	1,792	1,560	0,51	4,47
T2	2	3	757	11,32	37,63	3956	32,78	2845	2,506	2,387	2,629	0,30	3,74
T2	2	4	780	11,79	32,92	3711	42,47	2724	2,939	2,461	2,629		
T2	2	5	766	11,81	36,65	3873	25,46	2785	3,373	2,432	2,816		
T2	2	6	771	11,75	34,77	4143	28,78	1734	4,210	2,222	1,918		
T2	2	7							2,322	2,371	2,227		
T2	2	8							2,574	2,234	2,150		
T2	2	9							2,738	2,330	2,531		
T2	2	10							3,269	2,574	1,570		

Tabela A62 – Valores dos ensaios físico-mecânicos dos corpos de prova

.....continuação

Tratamento	Painel	Repetição	Densidade	Umidade	Flexão Longitudinal		Flexão Transversal		Resistencia a colagem / cisalhamento			Inchamento	
					Tensão F.max	E	Tensão F.max	E	Água fria	4hx4h	6h	R	IR
			(kg/m ³)	(%)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)
T3	1	1	768	11,18	37,40	5965	39,79	3037	3,256	2,254	2,435	1,01	4,01
T3	1	2	745	11,21	45,50	6326	38,93	3421	2,851	2,398	2,610	0,54	3,40
T3	1	3	751	11,27	51,17	6793	35,68	3483	2,984	.	3,024	0,68	4,34
T3	1	4	757	11,61	56,43	6584	34,81	3571	2,194	2,398	.	.	.
T3	1	5	765	11,71	53,49	6136	38,43	3545	3,174	.	2,925	.	.
T3	1	6	759	11,47	54,46	6523	48,40	3423	3,379	2,200	2,320	.	.
T3	1	7	.	.	.	.	.	.	2,648	.	2,126	.	.
T3	1	8	.	.	.	.	.	.	3,166	.	2,197	.	.
T3	1	9	.	.	.	.	.	.	3,258	2,597	2,504	.	.
T3	1	10	.	.	.	.	.	.	3,669	2,222	3,254	.	.
T3	1	11	.	.	.	.	.	.	2,459	2,126	2,610	.	.
T3	1	12	.	.	.	.	.	.	2,955	2,374	2,147	.	.
T3	2	1	759	11,22	55,39	7046	45,58	3842	2,942	2,440	2,582	0,64	4,14
T3	2	2	765	11,52	57,13	6659	39,72	2753	2,565	3,067	2,446	0,39	3,92
T3	2	3	759	11,17	51,37	7210	34,27	2823	2,883	2,733	2,534	0,40	4,46
T3	2	4	780	11,87	59,94	6832	46,72	3082	3,146	.	2,829	.	.
T3	2	5	774	11,82	52,49	6754	44,89	3259	3,098	2,070	2,766	.	.
T3	2	6	782	11,59	45,12	6345	45,96	3318	3,227	.	2,789	.	.
T3	2	7	.	.	.	.	.	.	2,389	2,539	2,619	.	.
T3	2	8	.	.	.	.	.	.	3,155	2,566	.	.	.
T3	2	9	.	.	.	.	.	.	3,187	2,435	2,294	.	.
T3	2	10	.	.	.	.	.	.	2,966	2,226	2,563	.	.
T3	2	11	.	.	.	.	.	.	2,936	2,022	.	.	.
T3	2	12	.	.	.	.	.	.	2,904	2,147	2,018	.	.
T3	3	1	773	10,86	58,69	7225	40,24	3344	2,256	3,603	3,006	0,41	3,99
T3	3	2	772	10,99	57,04	6900	48,20	3525	1,958	2,946	1,646	0,82	4,47
T3	3	3	766	11,06	52,86	5691	45,10	3749	2,939	2,520	2,282	0,78	4,91
T3	3	4	761	11,93	48,74	5952	36,46	3404	2,595	2,818	2,363	.	.
T3	3	5	768	11,73	55,75	4934	41,21	3547	2,870	2,226	2,354	.	.
T3	3	6	767	11,25	50,91	6074	41,50	3664	2,770	2,365	1,885	.	.
T3	3	7	.	.	.	.	.	.	2,760	2,867	3,040	.	.
T3	3	8	.	.	.	.	.	.	4,195	2,430	2,386	.	.
T3	3	9	.	.	.	.	.	.	2,912	2,533	2,822	.	.
T3	3	10	.	.	.	.	.	.	2,378	2,981	3,006	.	.
T3	3	11	.	.	.	.	.	.	3,715	2,344	1,970	.	.
T3	3	12	.	.	.	.	.	.	3,051	1,792	3,211	.	.
T4	1	1	763	11,63	61,42	6175	28,91	3016	.	1,890	1,952	0,83	4,23
T4	1	2	775	11,50	50,12	6242	37,37	3141	2,371	2,210	1,835	0,57	4,22
T4	1	3	784	11,74	60,23	7049	36,54	3687	2,224	2,082	1,792	0,32	4,07
T4	1	4	793	12,41	48,17	5169	46,46	3642	3,168	.	2,458	.	.
T4	1	5	771	12,02	49,62	4923	45,94	3514	2,840	1,790	2,154	.	.
T4	1	6	781	12,24	51,51	5060	40,51	3077	2,642	2,221	2,173	.	.
T4	1	7	.	.	.	.	.	.	2,603	2,051	1,944	.	.
T4	1	8	.	.	.	.	.	.	2,554	2,314	2,094	.	.
T4	1	9	.	.	.	.	.	.	2,544	2,098	3,757	.	.
T4	1	10	.	.	.	.	.	.	2,782	2,226	2,853	.	.
T4	1	11	.	.	.	.	.	.	1,821	2,438	2,590	.	.
T4	1	12	.	.	.	.	.	.	4,040	1,952	2,376	.	.
T4	2	1	777	11,98	55,41	6424	38,69	2934	.	1,976	1,978	0,55	3,79
T4	2	2	782	11,74	52,60	6053	43,49	3750	3,250	2,234	2,326	0,65	4,07
T4	2	3	794	11,73	55,73	5307	41,48	3389	2,862	2,693	2,707	1,12	4,58
T4	2	4	797	12,28	49,65	5773	45,30	4123	2,822	2,590	2,402	.	.
T4	2	5	804	11,78	48,46	5462	39,64	4091	2,445	2,474	2,622	.	.
T4	2	6	792	11,81	44,14	5216	49,61	4301	2,584	2,629	2,381	.	.
T4	2	7	.	.	.	.	.	.	3,379	2,638	2,352	.	.
T4	2	8	.	.	.	.	.	.	2,592	2,638	2,214	.	.
T4	2	9	.	.	.	.	.	.	3,046	2,714	.	.	.
T4	2	10	.	.	.	.	.	.	3,040	2,851	2,768	.	.

Tabela A62 – Valores dos ensaios físico-mecânicos dos corpos de prova

.....continuação

Tratamento	Painel	Repetição	Densidade (kg/m ³)	Umidade (%)	Flexão Longitudinal		Flexão Transversal		Resistencia a colagem / cisalhamento			Inchamento	
					Tensão F.max (MPa)	E (MPa)	Tensão F.max (MPa)	E (MPa)	Água fria (MPa)	4hx4h (MPa)	6h (MPa)	R (%)	IR (%)
T5	1	1	768	11,05	53,97	7061	42,57	3296	.	2,226	.	0,93	4,37
T5	1	2	762	11,04	50,69	6947	45,50	3415	2,166	2,374	2,472	1,74	3,73
T5	1	3	757	11,14	57,77	7055	36,57	3064	3,382	2,547	2,390	0,41	4,54
T5	1	4	775	11,60	50,78	6530	48,77	3542	3,445	3,448	2,264		
T5	1	5	757	11,78	56,75	6000	43,98	3135	3,762	2,722	3,392		
T5	1	6	760	11,81	53,68	5936	42,39	2447	3,254	2,597	2,789		
T5	1	7							4,067	2,613	3,272		
T5	1	8							4,048	1,856	3,272		
T5	1	9							3,605	2,157	3,162		
T5	1	10							2,614	2,435	1,802		
T5	1	11							2,517	2,294	2,456		
T5	1	12							2,717	1,826	1,744		
T5	2	1	740	11,40	59,62	7505	40,96	3860	2,632	1,949	2,846	0,80	4,78
T5	2	2	747	11,14	54,67	7912	35,15	3374	2,555	2,893	2,376	0,80	4,81
T5	2	3	745	11,04	63,32	7685	47,91	3962	3,603	2,859	.	0,49	4,98
T5	2	4	726	11,14	58,24	6026	43,93	4128	3,366	2,565	3,562		
T5	2	5	723	11,20	45,39	5950	38,18	3885	2,626	2,624	3,034		
T5	2	6	749	11,35	52,95	5898	30,05	3552	3,382	3,267	2,971		
T5	2	7							1,877	2,402	2,277		
T5	2	8							1,667	3,080	2,318		
T5	2	9							3,198	2,283	3,152		
T5	2	10							3,392	2,230	2,645		
T5	2	11							1,573	1,918	2,130		
T5	2	12							3,110	1,498	3,035		
T5	3	1	778	10,81	61,91	7637	34,12	3092	3,174	2,838	2,146	0,44	4,54
T5	3	2	773	10,75	66,63	7266	43,35	3143	2,968	3,008	2,243	0,90	4,56
T5	3	3	762	11,13	66,82	8189	33,83	2874	3,274	2,653	1,960	0,49	4,66
T5	3	4	754	11,46	59,14	6295	43,32	3759	2,619	2,850	.		
T5	3	5	759	11,82	57,67	6184	42,32	4116	3,627	2,403	2,622		
T5	3	6	764	11,79	58,05	5811	46,95	3534	2,944	2,210	2,622		
T5	3	7							3,014	2,474	2,902		
T5	3	8							3,240	2,440	2,582		
T5	3	9							2,352	1,989	2,173		
T5	3	10							3,245	2,435	1,605		
T5	3	11							2,870	2,146	1,795		
T5	3	12							2,142	2,378	2,109		