

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Propriedades mecânicas da madeira de clones de seringueira  
(*Hevea brasiliensis*-RRIM600 E GT1) analisadas em duas épocas do  
seu ciclo fenológico anual**

**Henrique José Servolo Filho**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor  
em Ciências, Programa: Recursos Florestais.  
Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba  
2013**

Henrique José Servolo Filho  
Engenheiro agrônomo

**Propriedades mecânicas da madeira de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*-RRIM600 E GT1) analisadas em duas épocas do seu ciclo fenológico anual**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:  
Prof. Dr. **JOSÉ NIVALDO GARCIA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor  
em Ciências, Programa: Recursos Florestais.  
Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba  
2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Servolo Filho, Henrique José  
Propriedades mecânicas da madeira de clones de seringueira  
(*Hevea brasiliensis*-RRIM600 E GT1) analisadas em duas épocas do  
seu ciclo fenológico anual / Henrique José Servolo Filho. - - versão revisada de  
acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.  
93 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Amido na madeira 2. Fenologia 3. Madeira - Propriedades mecânicas  
4. Seringueira I. Título

CDD 674.142  
S492a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte -- O autor"

**Dedico ao meu pai Henrique (*in memoriam*) com muitas saudades; à minha mãe Rery, pela possibilidade física e espiritual de existir; aos meus filhos Daniel e Pedro, pela oportunidade de evoluir; à minha irmã Silvana pela cumplicidade de sempre e valorização e à Flávia, pela possibilidade de amar de novo.**



## AGRADECIMENTOS

À minha querida mãe ReryPrevitali, por sempre incentivar meu estudo, e acreditar que o caminho do aprendizado é o nosso melhor patrimônio, por ensinar o que é ser vencedora e fazer os melhores almoços do mundo; à minha irmã Silvana Servolo pelo apoio e valorização, aos meus filhos DanielServolo e PedroServolo por serem a possibilidade de aprendizado da paternidade, e pela paciência de doar parte de nosso tempo de folguedo familiar aos meus momentos de estudo; à Flávia M. Romanelli, pelo companheirismo, amor e ajuda; ao orientador e Prof. Dr. José Nivaldo Garcia; ao Prof. Dr. Marcos Silveira Bernardes, do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), pelas seguras e “cirúrgicas” orientações e conversas informais regadas com um bom café, sem as quais este trabalho não teria acontecido;

À prof. Dra. Sonia Piedade pela generosidade de seu tempo para minhas análises estatísticas e amizade; à amiga de laboratório e pós-graduação, à Professora Dra. Maristela Gava da UNESP, pela amizade sincera e contribuição acadêmica; ao técnico Luis Eduardo Facco do Laboratório de Engenharia da Madeira do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ-USP, sem o qual não existiria a possibilidade de realizar meu trabalho e pela amizade dispensada; ao funcionário Sr. Sabinodo Departamento de Ciências Florestais da ESALQ-USP, pela presteza e eficiência nos trabalhos de campo.

À Prof. Dra. Silene Bruder Silveira Sarmento, e à Engenheira Agrônoma Carlota Boralli P. dos Anjos, respectivamente professora e técnica do laboratório de produtos amiláceos da ESALQ/USP, pela solicitude em acreditar no meu trabalho e gentilmente analisar minhas amostras, demonstrando que os departamentos podem e devem trabalhar em conjunto. À Universidade de São Paulo, e especialmente à minha estimada “Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz”, local que me acolheu novamente após anos de distância. Ao professor Dr. Francides Gomes da Silva Junior e aos técnicos de Laboratório de Química, Celulose e Papel “Professor Luiz Ernesto George Barrichello” do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ-USP, pela colaboração imprescindível ao meu trabalho.



**“Blackbird singing in the  
dead of night, Take these  
sunken eyes and learn to  
see, All your life, You were  
only waiting for this moment  
to be free”  
THE BEATLES**



## SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 A seringueira.....	17
2.2 Importância econômica.....	17
2.3 Usos da madeira.....	19
2.4 Teor de amido na madeira e biodeterioração.....	21
2.5 Fenologia da Seringueira.....	23
2.6 Distribuição e caracterização dos lenhos juvenil e adulto da madeira de seringueira.....	25
2.7 Propriedades mecânicas da madeira de <i>Hevea brasiliensis</i> .....	28
2.7.1 Módulo de ruptura e módulo de elasticidade na flexão estática.....	29
2.7.2 Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras.....	31
2.7.3 Resistência à compressão paralela às fibras.....	31
3 OBJETIVOS.....	33
3.1 Objetivo principal.....	33
3.2 Objetivos secundários.....	33
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1 Propriedades mecânicas da madeira na <i>Hevea brasiliensis</i> .....	35
4.1.1 Módulo de ruptura e módulo de elasticidade na flexão estática.....	35
4.1.2 Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras.....	36
4.1.3 Resistência à compressão paralela às fibras.....	37
4.2 Caracterização da área experimental.....	38
4.3 Escolha dos clones.....	38
4.3.1 Clone RRIM 600.....	39
4.3.2 Clone GT1.....	40
4.4 Levantamento quantitativo dos clones selecionados.....	41
4.4.1 Inventário simplificado.....	42
4.4.2 Frequência de árvores nas classes de perímetro.....	42
4.5 Análise estatística.....	43
4.5.1 Delineamento experimental.....	43
4.6 Época de corte.....	43

4.6.1 Estratégia de desfolha artificial.....	45
4.7 Quantificação do teor de amido na madeira.....	46
4.7.1 Descrição do procedimento de obtenção do teor de amido.....	47
4.8 Corte e transporte das toras.....	49
4.9 Processamento primário.....	50
4.10 Secagem da madeira.....	51
4.11 Processamento secundário e preparo dos corpos de prova.....	53
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
5.1 Inventário simplificado.....	55
5.2 Teor de casca.....	57
5.3 Biometria das toras.....	58
5.4 Secagem da madeira.....	58
5.5 Qualidade da adesão.....	59
5.6 Teor de amido na madeira.....	59
5.7 Resistência à compressão paralela às fibras.....	60
5.7.1 Comparação entre as épocas E1 e E2.....	62
5.7.2 Comparação entre os clones GT1 E RRIM600.....	63
5.7.3 Comparação entre as classes de perímetro A, B e C.....	65
5.8 Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras.....	67
5.8.1 Comparação entre as épocas E1 e E2.....	68
5.8.2 Comparação entre os clones GT1 e RRIM600.....	69
5.8.3 Comparação entre as classes A, B e C.....	70
5.9 Módulo de ruptura (MOR) para flexão estática.....	72
5.9.1 Comparação entre épocas E1 e E2.....	74
5.9.2 Comparação entre clones GT1 e RRIM600.....	75
5.9.3 Comparação entre classes A, B e C.....	76
5.10 Módulo de elasticidade (MOE) para a flexão estática.....	77
5.10.1 Comparação entre épocas E1 e E2.....	78
5.10.2 Comparação entre clones GT1 e RRIM 600.....	79
5.10.3 Comparação entre classes A, B e C.....	80
6 CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS.....	85

## RESUMO

### **Propriedades mecânicas da madeira de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*-RRIM600 E GT1) analisadas em duas épocas do seu ciclo fenológico anual**

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades mecânicas da madeira de seringueira (*Hevea brasiliensis*), clones RRIM600 e GT1, para melhorar o aproveitamento comercial dessa madeira, que por falta de pesquisa não está no mercado brasileiro. A compreensão desse estudo contribuiu para a tecnologia de manufatura de produtos madeireiros de boa qualidade, determinados pelas propriedades mecânicas de importância na teoria das estruturas. Foram efetuados testes de compressão, cisalhamento e flexão estática em corpos de prova obtidos em duas épocas do desenvolvimento fenológico anual da cultura, analisando-se a influência do teor de amido da madeira da *H. brasiliensis* nas propriedades mencionadas acima. As árvores de *Hevea* foram cortadas com 26 anos de idade, depois de terem sido submetidas ao processo de extração de látex (“sangria”) desde os sete anos do plantio. Foram cortadas para o estudo completo 72 árvores, sendo metade delas antes da senescência provocada por uma desfolha artificial e metade após o refohamento. O experimento foi conduzido em área pertencente ao Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP) localizada em Piracicaba – SP (22° 42’30’’ S, 47° 38’00’’ W), à altitude de 550 m. Os resultados permitiram verificar que houve diferenças nas propriedades mecânicas entre as épocas fenológicas estudadas. Os clones GT1 e RRIM 600 puderam ser considerados de mesma resistência à compressão paralela e de mesma resistência à flexão estática, mas foram considerados diferentes na resistência ao cisalhamento e no módulo de elasticidade à flexão estática. Dentro das classes de perímetro do tronco estudadas os resultados foram similares para as resistências à compressão, ao cisalhamento e ao módulo de ruptura e diferentes para o módulo de elasticidade. O teor de amido na madeira caiu acentuadamente durante o refohamento principalmente no clone GT1 e isso contribuiu para o aumento das propriedades mecânicas da época final da senescência para a época final da brotação.

Palavras-chaves: Seringueira; Madeira; *Hevea brasiliensis*; Propriedades mecânicas; Fenologia; Amido na madeira



## ABSTRACT

### **Mechanical properties of rubber tree (*Heveabrasiliensis*) clones wood (RRIM600 E-GT1) analyzed in two stages of its annual phenological cycle**

This study aimed to evaluate the mechanical properties of the wood of rubber trees (*Heveabrasiliensis*) clones GT1 and RRIM600, to improve commercial uses of this wood, which is not in the Brazilian market due to a lack of research. The comprehension of this study has contributed to the technology of manufacturing of good quality wood products, determined by the mechanical properties of importance in the theory of structures. It were carried out tests of compression, shear and bending on specimens obtained at two stages of the crop annual phenological development, analyzing the influence of starch content of *H. brasiliensis* wood on the properties mentioned above. Hevea trees were cut at 26 years old, after being subjected to the extracting latex process ("bleeding") since seven years after planting. It were cut for the complete study 72 trees, half of them before senescence caused by an artificial defoliation and half after sprouting leaf. The experiment was conducted in an area which belongs to the Department of Plant Production of the School of Agriculture "Luiz de Queiroz" of the University of São Paulo (USP-ESALQ) located in Piracicaba - SP (22 ° 42'30" S, 47 ° 38'00 " W), at an elevation of 550 m. Results showed that there were differences in mechanical properties between the studied phenological stages. The GT1 and RRIM 600 clones could be considered of the same compression strength in parallel to the grain and same bending strength, but they were considered different in shear strength and modulus of elasticity in static bending. In the range of stem girth studied the results were similar for compression, shear and bending strength and different for modulus of elasticity. The starch content of wood decreased sharply during the sprout leaf mainly in GT1 clone and this contributed to the increase the mechanical properties from the final period of senescence to the final period of shooting.

Keywords: Rubber tree; Wood *Heveabrasiliensis*; Mechanical properties; Phenology; Wood starch



## 1INTRODUÇÃO

De acordo com a Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS (2006), os plantios com espécies de rápido crescimento, principalmente de pinus e eucalipto, constituem as principais fontes na produção de madeira serrada, compensados e outros produtos derivados. Isto se deve, entre outros fatores, principalmente pela decrescente participação de madeira serrada advindas das florestas nativas, ocasionada por pressões ambientais, exigências em planos de manejo, logística de escoamento por distâncias entre centros consumidores, e também, na boa aceitação do mercado das madeiras de florestas plantadas. Segundo estimativas da Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente- ABIMCI (2007), a produção de madeira serrada de espécies de florestas tropicais e de *Pinus* advinda de plantações no Brasil poderá, em 2020, atingir aproximadamente 13,0 milhões de  $m^3$  em relação à produção atual de 8,5 milhões de  $m^3$  de madeira serrada de pinus, sendo que em termos de madeira tropical, essa produção poderá chegar a 16,0 milhões de  $m^3$  em relação aos atuais 15,2 milhões  $m^3$  produzidos. O aumento constante da demanda de madeira como matériaprima pode levar a um déficit do produto. O estudo para a oferta de espécies alternativas para essa demanda crescente é uma das razões fundamentais de nosso estudo, sendo importante para a utilização econômica da madeira da Hevea e dar ao produtor métodos de manejo que melhorem seus rendimentos, bem alavancar novas pesquisas sobre o aproveitamento desta espécie para produtos madeireiros.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A seringueira

A seringueira é originária da região amazônica, sendo que no Brasil há a incidência de 10(dez) espécies, das 11(onze) já conhecidas. A seringueira é uma espécie pertencente à família *Euphorbiaceae*. Botanicamente é uma dicotiledônea, gênero *Hevea*, sendo que todas as espécies conhecidas são lenhosas e arbóreas (SERVOLO, 2006).

Apesar de originária da região equatorial, o aumento de demanda da borracha natural e a dificuldade de produção como monocultura nestas áreas fez com que fosse cultivada fora desta zona convencional em diversas regiões do mundo (CENTURION et al., 2005). Após sua vida produtiva para a obtenção de látex, que dura de 25 a 35 anos ou mais, dependendo da frequência de exploração, a seringueira é cortada para reforma do seringal. No estado de São Paulo essas árvores chegam a ter aproximadamente um diâmetro à altura do peito (DAP) médio de 30,0 a 35,0cm. São aptas para o corte, com densidade de plantio de 476 árvores/há no plantio de 7,0m x 3,0m, com uma produção de até 1,0 m<sup>3</sup> de madeira por árvore, segundo dados do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC (2004). Já é sabido que os países do sudeste asiático são importantes produtores e exportadores de látex, e segundo Pushpadasetal (1980), na Índia, as árvores em declínio de sua vida produtiva apresentam um DAP de 30,0 a 35,0cm, sendo aptas para o corte com 184 árvores/ha. De acordo com o mesmo autor, obtêm-se de uma árvore, 0,62 m<sup>3</sup> de madeira proveniente do tronco, e 0,39m<sup>3</sup> proveniente dos ramos laterais, totalizando 1,10 m<sup>3</sup>/ árvore.

### 2.2 Importância econômica

A borracha natural tem importância estratégica para o país e para o mundo, não somente pelo setor de pneumáticos, mas também pela sua utilização na indústria de artefatos em diversas áreas e setores imprescindíveis para a economia brasileira, tais como: saúde (luvas cirúrgicas, preservativos, tubo cirúrgicos, bicos de mamadeira entre outros), setor calçadístico, eletroeletrônico, siderúrgico, de mineração, entretenimento e outras atividades (saneamento, petrolíferos, indústria em geral e afins). Pode-se definir a cadeia da seringueira em quatro setores: 1) produção (heveicultura e extrativismo em seringais nativos); 2) beneficiamento

(usinas); 3) indústrias (pneumáticos e artefatos) e 4) comércio e prestação de serviços, e suas interdependências. Novas pesquisas estão sendo realizados para o uso da *Hevea* para dupla-aptidão, com pesquisas de melhoramento na produção de clones direcionados para a borracha e madeira, tornando a cultura mais atrativa e lucrativa, e também na utilização como planta melífera, com a extração de óleo de suas sementes para a produção de combustível (GONÇALVES, 2002).

A cultura da *Hevea* passou a ter grande importância ambiental, pois contribui para conservação de água e solo, e como contiguidade de passagem e abrigo de animais, sendo suas sementes fonte de alimento para os mesmos. Quando é cultivada nas chamadas áreas de escape, que são locais de menor incidência de suas principais doenças, resultará em baixo custo de manejo por precisar de menos defensivos. A senescência no inverno, da região de cultivos no planalto paulista, acarreta em aumento de matéria orgânica do solo (MOS), sendo bem vista nos estudos de espécies para o ciclo de carbono. Em estudos de sequestro de carbono a *Hevea*, segundo Cotta et al. (2006), retira de atmosfera em torno de 90 toneladas de  $CO_2$  por planta de 15 anos de idade, sendo considerada pelo pesquisador como espécie atraente para o este emergente mercado.

Tendo como base a atual área plantada do Brasil com a *Hevea*, de aproximadamente 137000,00 ha, estima-se que o setor produtivo que gira em torno desta cultura ofereça mais de 25.000 empregos diretos e fixos no campo, além de outros 25.000 indiretos, somando-se a estes números 7.000 empresários (heveicultores) que são na sua grande maioria (>90%), constituído por pequenos e médios produtores (seringais de 10 a 20 ha). Atualmente, segundo a Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, existem cerca de 140 viveiros de produção de mudas de *Hevea brasiliensis*, os quais geram mais de 1.400 empregos. Ao considerar uma produção estimada de 100 mil toneladas de borracha natural, o que equivale a 170 mil toneladas de látex coagulado com 60% de borracha seca (B.S.), a um preço médio de 1.800,00 reais /t, teríamos como estimativa um faturamento global do setor produtivo da ordem de 300 milhões de reais e recolhimento de 60 milhões de reais em impostos. A produção mundial de borracha natural em 2008 foi de 9,42 milhões de toneladas de borracha sendo que mais de 78% é originária do Sudeste Asiático, em países como Tailândia (30%), Indonésia (28%), Malásia (11%) e Índia (9%).

Em 2008, a Tailândia produziu 3.015 mil toneladas, a Indonésia 2.824 mil toneladas, a Malásia 1.078 mil toneladas e a Índia 880 mil toneladas. No mesmo ano, o Brasil produziu pouco mais de 128 mil toneladas, sendo esta 1,35% da produção mundial (IAC, 2008). 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, colocando Estado de São Paulo na condição de primeiro produtor de borracha natural do Brasil (IAC, 2008; SHIGEMATSU et al., 2010).

Na África, as áreas das plantações de seringueira totalizam aproximadamente 545 mil de hectares, significando 4,3% da produção mundial de borracha. Na América Latina as plantações alcançam 270 mil hectares, aproximadamente, cuja produção de borracha é de apenas 2,1% da oferta mundial, sendo que 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 39%, seguido pelo Mato Grosso, com quase 32% da área plantada, Bahia com 15%, Espírito Santo com 5%, Goiás com 3%, Minas Gerais 2%, e outros estados com 4%, num total de 150 mil hectares em produção (SBS, 2006; KRONKA, 2008). A SBS (2006) 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. 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 são atingir 70% do consumo nacional de borracha natural, e assim reduzir a necessidade das importações desta matéria-prima.

Neste sentido, e como consequência da ampliação futura das áreas de plantios da seringueira no país, haverá uma expressiva oferta da madeira dessa cultura ao final de sua rotação, o que leva à necessidade do estudo desta matéria-prima.

### **2.3 Usos da madeira**

No Brasil a madeira da *Hevea* obtida no final do ciclo produtivo de látex é utilizada na maioria das vezes, e por tradição, para uso como lenha embora apresente boas características de trabalhabilidade (colagem, pregação, furação e

outras) É uma madeira que pode ser curvada facilmente com o uso de vapor e pode ser tingida com facilidade, pois normalmente sua madeira serrada apresenta uma coloração que vai do branco ao creme, que tende a amarelar quando submetida à secagem.

Tem como característica não apresentar diferenciação entre cerne e alborno, com densidade que varia, quando seca ao ar, de 560 a 650 Kg/m<sup>3</sup>. O seu teor de umidade quando recém-cortada varia de 60 a 80%, segundo Killmann e Hong (2000).

Autran e Gonçalves (2006) estudaram a coloração amarelada da madeira da *Hevea* e esta característica não apresenta variações entre as direções radiais e tangenciais, ou seja, independentemente da direção de desdobro essa madeira apresentará cor semelhante.

Segundo Dhamodaram (2008), no sudeste asiático, a produção potencial de toras de seringueira para fins de serraria (industrial) atingirá, no período de 2016 a 2021, um valor estimado de 52 milhões de m<sup>3</sup>. Desse total, somente 14 milhões de m<sup>3</sup> serão destinados para a produção de madeira serrada e outros produtos, como compensados. As toras com diâmetro mínimo de 15 cm, na região estudada, são destinada às serrarias e indústrias de compensados, sendo que toras com medidas inferiores, entre 5 a 15 cm, vão para a produção de energia (DHAMODARAM, 2008).

Pode-se utilizar a cultura da seringueira de várias formas, com manejo para produtos madeireiros e não madeireiros. A borracha é de extrema importância para o país e para o mundo, sendo utilizada desde a indústria de artefatos diversos, pneumáticos e também para produtos da área médica. Recentemente, a pesquisa da seringueira tem sido direcionada para clones de dupla aptidão, ou seja, para produção de látex e madeira (SOUZA, 2007).

A antiga tradição do uso da madeira da seringueira apenas para lenha e carvão começou a mudar definitivamente nas décadas de 1970 e 1980 graças à concentração de pesquisas nos diversos países do sudeste asiático (SANTANA et al., 2001).

Segundo May e Gonçalves (1999), as pesquisas desenvolvidas nos países do sudeste asiático tornaram possível a utilização da madeira serrada e de diversos produtos chamados engenheirados, tais como painéis MDF e compensados.

Okino et al. (2004) fizeram ensaios com chapa aglomerada de cimento-madeira, usando *Hevea brasiliensis* e concluíram que a madeira da seringueira, após o ciclo produtivo delátex, é viável tecnicamente para a produção de chapas de cimento-madeira de boa qualidade independentemente do clone, sendo bem estáveis dimensionalmente, faltando estudo para saber a influência no tempo de estocagem, na qualidade da chapa. Tendo como característica a não diferenciação entre alburno e cerne, Lage citado por Okino et al. (2004) avaliou anatomicamente a frequência e o diâmetro de vasos em amostras de *Hevea brasiliensis* concluindo que esta espécie apresentou uma maior porcentagem de vasos com diâmetro médio, e que as frequências dos mesmos diminuíram da medula para a periferia..

#### **2.4 Teor de amido na madeira e biodeterioração**

A madeira da seringueira tem um caráter próprio ao apresentar alto teor de carboidratos no alburno de sua madeira, de aproximadamente 8%, na forma de grãos de amido distribuídos no interior das células de seu parênquima, quando comparadas a madeiras de outras espécies que oscilam entre 1,0 a 3,0% (SANTANA; EIRAS, 1999), valores confirmados por Milingliang e Zhijuan (2008) onde os autores constataram altos teores de amido (7,5 a 10,2%) e açúcares livres (1,0 a 2,3%). Outra característica é a ausência de extrativos na madeira, que pode causar problema na utilização de seus produtos pela alta susceptibilidade ao ataque de fungos e insetos. Necessita, portanto, de um tratamento profilático após o corte, num período menor que 24 horas, motivando nosso estudo na comparação das épocas de corte diferenciadas em concentração de amido na madeira por características fenológicas da seringueira.

Estudos relacionados ao problema de conservação da madeira da seringueira comprovam a preocupação com esta alta concentração de amido, quando comparada com espécies consagradas e utilizadas no setor madeireiro. Eaton e Hale (1993) afirmam que a durabilidade da madeira depende das vias de acesso para os organismos se fixarem e de sua composição química. O acesso à penetração de fungo depende da natureza, da distribuição e tamanho dos elementos celulares ou anatômicos da madeira, sendo os axiais, os principais meios seguidos pelos radiais e tangenciais.

Além desses elementos, há as barreiras naturais à penetração dos fungos, como as tiloses, pontuações, gomas e resinas. Os principais fatores químicos que influenciam a durabilidade natural da madeira são os próprios polímeros da parede celular e os extrativos presentes na forma de terpenos, e os polifenóis condensados como quinonas, lignanas, taninos e estilbenos. Mas, como citado acima, a madeira da seringueira não apresenta estes extrativos, facilitando esses ataques.

A madeira da seringueira, mesmo sendo altamente susceptível ao ataque de organismos xilófagos, tem sido estudada por vários pesquisadores. Jusoh e Kamdem (2001), ao testarem a madeira de seringueira com 30 anos de idade, obtiveram 61,8% de perda de massa para o fungo *Trametes versicolor* (sinôn. *Coriolus versicolor*) e 61,4% para o fungo *Gloeophyllum trabeum*, tendo classificado a madeira como não resistente. Hong et al. (1994) afirmaram que o alto teor de carboidratos (açúcares e amido) armazenados nas células de parênquima aumentam a susceptibilidade ao apodrecimento da madeira de seringueira pela oferta de alimento a insetos e fungos, agentes de ataque à madeira, fato esse corroborado por Azizol e Rahim (1989).

Yamamoto e Hong (1994) apresentaram dados para quatro fungos apodrecedores, dentre eles o *Coriolus versicolor*, que resultou em uma perda de massa de 42,5% e a consequente classificação da madeira como não resistente.

Já Sujan et al. (1980) apresentaram os seguintes valores de perdas de massa para os fungos *Lenzite spaliozii* (25,9%), *Ganoderma applanatum* (21,0%), *Trametes corrugata* (11,2%), *Polyporus zonalis* (9,7%), *Lentinus blepharodes* (7,7%), *Schizophyllum commune* (5,3%) e *Fomes senex* (3,3%).

Ainda são escassos os artigos que abordam a resistência a fungos apodrecedores de chapas OSB. Os dados de biodeterioração ainda estão mais restritos à madeira sólida e aos painéis convencionais do tipo chapas aglomeradas e compensadas.

Okino et al. (2002) apresentaram os resultados de ensaio acelerado de laboratório para os fungos *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor* em madeira sólida de seis clones de seringueira, chapas aglomerada e chapas de cimento-madeira confeccionadas com a madeira de seringueira. Tanto a madeira quanto as chapas aglomeradas foram classificadas como moderadamente resistentes enquanto as chapas de cimento-madeira não sofreram ataque.

Okinoet al. (2003) testaram painéis “flakeboards” usando quatro clones de seringueira, os quais foram classificados como moderadamente resistentes quando expostos aos fungos *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor*, resistentes ao *Ganoderma applanatum* e altamente resistentes ao *Neolentinus lepideus* (sinon. *Lentinus lepideus*).

Em outro estudo realizado com chapas orientadas de madeira (OSB) de seringueira, verificaram-se diferentes classes de resistência para vários tipos de fungos, onde utilizaram-se resina FF e UF, sendo que o incremento de 3% no teor de resina FF apresentou efeito positivo na classe de resistência das chapas de OSB, contrário à resina UF, que não apresentaram diferenças significativas. (OKINO et al, 2009).

## 2.5 Fenologia da Seringueira

O estudo da fenologia refere-se a uma parte da botânica que estuda as diferentes fases de crescimento e desenvolvimento da planta, desenvolvimento vegetativo (germinação, emergência, crescimento de parte aérea e raízes) e também reprodutivo (florescimento, frutificação e maturação dos frutos), marcando suas épocas de ocorrência e suas respectivas características (CÂMARA, 2006).

Para Dourado Neto e Fancelli (2000), fenologia trata do estudo de eventos periódicos da vida vegetal relacionada com às condições do ambiente e sua correlação com os aspectos morfológicos da planta.

De acordo com Grassi (2008), a fenologia das plantas perenes vem sendo utilizada no Brasil para ampliar os conhecimentos em silvicultura, melhoramento genético, agrometeorologia, ecologia, manejo de cultura e outras áreas correlatas.

Para evitar ambiguidades de interpretação, foi proposta a adoção dos seguintes significados de termos comumente empregados no estudo de estádios fenológicos da seringueira, segundo Moraes (1983):

- Senescência foliar: envelhecimento natural e perda de funcionalidade das folhas, refletido visualmente pela mudança da coloração para tons amarelos ou avermelhados, dependendo do clone;
- Desfolhamento natural: queda das folhas senescentes;
- Refolhamento natural: brotação e desenvolvimento de novos fluxos de folhas até o estágio maduro, após o período de hibernação;
- Desfolhamento acidental: causada por fungos, insetos e outros;

- Refolhamento de recuperação: emissão de novos fluxos foliares após um desfolhamento acidental;
- Hibernação: fase compreendida entre a senescência e queda das folhas e o início do refolhamento. O termo é empregado para a seringueira em inglês “wintering” e em francês “hivernage”, em analogia com o que ocorre na maioria das angiospermas de clima temperado, embora na seringueira e outras espécies caducifólias tropicais seja justamente a fase de organogênese a mais ativa.

Segundo Jackson (1953), citado por Samburgo (2007), fenologia é o estudo dos fenômenos periódicos das plantas, tais como a floração, a formação das folhas, etc.

Os estudos fenológicos, para maioria das culturas estudadas, visam principalmente a floração e a frutificação, pois os frutos constituem o produto principal na colheita. Na heveicultura, o produto explorado é o látex.

A seringueira é uma essência tropical que perde suas folhas periodicamente. As folhas são formadas durante o período de atividade apical, bastante variável.

Na região amazônica, sob condições favoráveis, forma-se uma brotação nova a cada 30 a 45 dias (MORAES, 1985) e, conforme Camargo et al. (1967), a cada 60 dias, no planalto paulista.

Em plantas jovens o crescimento longitudinal do caule caracteriza-se por períodos sucessivos de rápido alongamento foliar, alternados com fase de dormência (GASPAROTTO et al., 1997).

Segundo o mesmo autor, em plantas adultas, a partir do terceiro ano de idade, e após a formação da copa, a seringueira passa a apresentar periodicidade anual na emissão de fluxos de lançamentos foliares, caracterizada pela senescência e queda das folhas, seguida de novo fluxo após um período de duas a seis semanas em que a planta fica desfolhada.

Esse comportamento é típico de *H. brasiliensis*. Segundo Morellato (1991), em estudo da fenologia em uma reserva florestal no município de Campinas (SP), a periodicidade fenológica das espécies florestais acompanha a estacionalidade climática, principalmente da precipitação pluvial, semelhante às condições do nosso experimento. Portanto, o conhecimento do hábito fenológico, com o comportamento e o período de refolhamento dos clones de seringueira utilizados em um plantio, é

muito importante e nos leva ao questionamento do acúmulo de metabólitos como reserva da planta para estes fluxos de lançamentos periódicos de folhas.

## **2.6 Distribuição e caracterização dos lenhos juvenil e adulto da madeira de seringueira**

A madeira juvenil ocorre na região central da árvore e apresenta a forma de um cilindro, com diâmetro quase uniforme, desde a base até o topo da árvore (EVANS et al., 2000; MEGRAW, 1985; SENFT et al., 1985; THOMAS, 1985; ZOBEL; VAN BUUTENEN, 1989; COWN, 1992).

Há maior proporção de madeira juvenil no topo da árvore e menor na base (ZOBEL; TALBERT, 1984). O topo de uma árvore velha consiste essencialmente de madeira juvenil, e todo o lenho formado com mais de 10,2 cm de diâmetro do topo de *Pinus taeda* é de madeira juvenil (ZOBEL et al., 1972).

Há várias hipóteses para a formação da madeira juvenil. Plumptre (1983), estudando *Pinus caribaea*, verificou que a formação da madeira juvenil e a transição para madeira adulta variam com a constituição genética da árvore, o local, o clima e as atividades silviculturais.

Gartner (1996), citada por Oliveira (1997), afirma que auxina encontrada na casca fotossintética (primeira periderme) causa a formação de madeira juvenil ou previne a formação de madeira adulta. A localização da transição da madeira juvenil para adulta está sistematicamente e casualmente relacionada com a transição entre a casca fotossintética e a não fotossintética (ponto de formação da segunda periderme).

Para Ramsay e Briggs (1986) e Bendtsen (1978), a madeira juvenil é o xilema secundário produzido durante a fase jovem da árvore, mais precisamente pelas regiões cambiais que são influenciadas pela atividade dos meristemas apicais. Em conformidade, Panshin & Zeeuw (1970) salientam que a porção do tronco da árvore que cerca a medula, é caracterizada por uma mudança progressiva nas características das células e nas propriedades da madeira.

De modo geral, a maioria dos trabalhos sobre madeira juvenil enfatiza que o crescimento rápido nas plantações origina a formação de madeira de qualidade inferior e que, atualmente, é grande a proporção de madeira juvenil comercializada, trazendo como resultados problemas de qualidade nos produtos obtidos desse tipo de matéria-prima (BROWN; MCWILLIAMS, 1989).

Por outro lado, a delimitação da distância no sentido medula casca em que a madeira juvenil finaliza e inicia a madeira adulta, indica o conhecimento entre as propriedades de madeira juvenil e adulta que, conseqüentemente contribuirá para melhorar a utilização tecnológica nos diferentes lenhos (BENDTSEN; SENFT, 1986). Estudos demonstram diferenças significativas na densidade da madeira juvenil e adulta em coníferas.

Bendtsen (1978), em *Pinus caribaea*, encontrou densidades em torno de 0,36 e 0,68 g/cm<sup>3</sup> para os lenhos juvenil e adulto.

Muitos estudos têm sido conduzidos para determinar a idade de transição entre a madeira juvenil e a adulta em várias espécies, como: Loo et al. (1985) em *Pinus* sp., Bendtsen e Senft (1986) em *Pinus taeda* *Populus deltoides*, Yang et al. (1986) em *Larix laricina*, Clark e Saucier (1989) em *Pinus taeda* *Pinus elliottii*, Roos et al. (1990) em *Populus tremuloides*, Abdel-Gadir e Krahmer (1993) em *Pseudotsu gamenziesii*, Yang e Hazenberg (1994) em *Picea mariana* e Tasissa e Burkhart (1998) em *Pinus taeda*.

Segundo Thomas (1985) e Senft et al. (1985), a madeira juvenil corresponde de 5 a 20 anéis de crescimento. Entretanto, Massey e Reeb (1989) apresentam um método prático e rápido para estimar o volume de madeira juvenil, chamado regra do polegar, a qual considera todo anel a partir da medula até a espessura do polegar, como sendo madeira juvenil.

Para os mesmos autores, em toras de *Pinus taeda*, tal medida corresponde a um número de dez anéis de crescimento. Porém, Ballarin e Lara Palma (2003) estudando a madeira juvenil de *Pinus taeda*, verificaram através da mensuração do comprimento dos traqueídeos que a madeira juvenil localiza-se a partir da medula até aproximadamente o décimo oitavo anel de crescimento.

Oliveira (1997) verificou que nas árvores de *Eucalyptus grandis*, de 16 anos de idade, é grande a proporção de lenho juvenil, o qual corresponde a um raio próximo de 80mm. O mesmo autor, estudando *Eucalyptus citriodora*, concluiu pela análise do perfil densitométrico da madeira que a formação da madeira juvenil parece estar confirmada nos primeiros 30 a 40mm de raio.

Segundo Calonego et al. (2005), a delimitação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora* está compreendida a um raio máximo de 55,0 mm. Bhat et al. (1984) estudou a anatomia da madeira de 28 a 30 anos de *Hevea brasiliensis* e

concluíram que é grande a proporção de lenho juvenil, a qual ocorre até a 90mm a partir da medula.

Ferreira (2009) verificou que nas árvores de *Hevea brasiliensis*, de 50 anos de idade, o lenho juvenil corresponde a um raio próximo de 45 a 55mm. Assim, o uso do termo madeira juvenil é de certa forma errônea, pois não há mudanças abruptas da madeira juvenil para madeira adulta, mais sim uma variação das propriedades físicas, químicas, mecânicas e anatômicas da madeira em um período longo de anos, caracterizando assim a zona juvenil que apresenta propriedades variáveis se comparada com a zona adulta, que as tem de forma constante (ZOBEL, 1980).

Larson (1973), Bendtsen (1975), Zobel e Van Buijtenen (1989) e Zobel e Sprague (1998) afirmam que, comparada à madeira adulta, a madeira juvenil de coníferas é caracterizada por menor massa específica, traqueídes menores, maior ângulos microfibrilares, menor contração transversal, maior contração longitudinal, menor resistência mecânica, maior teor de umidade, paredes celulares finas, maiores diâmetros dos lumes celulares, menor teor de celulose e maior teor de lignina. Diferenças essas salientadas por Bendtsen (1978), que ao longo do tempo assumem gradualmente as características da madeira adulta.

Preng (1983) relata que a eficácia da permeabilidade aumenta com a distância a partir da medula, onde a madeira juvenil apresentou menores níveis de permeabilidade, quando comparado com madeira adulta.

Matsumura et al. (1997) concluíram em estudos com a madeira de *Cryptomeria japônica* que a permeabilidade específica diminui com o aumento da altura no fuste, exceto no nível mais baixo, relacionando a distância da medula com a permeabilidade da madeira.

Segundo Milota et al. (1995) a madeira juvenil apresentou um valor de permeabilidade de  $8,4 \mu m^2$  e  $11,3 \mu m^2$  para a madeira adulta e a massa específica do lenho juvenil de *Pinus taeda* foi de  $0,38 g/cm^3$  e  $0,45 g/cm^3$  para madeira adulta respectivamente. Em contraste, a permeabilidade da madeira juvenil é menor do que a madeira adulta e a massa específica não é um bom indicador de permeabilidade.

Magalhães (2004) reforça a existência da diferença de permeabilidade nas posições do tronco de madeira de *Pinus ellioti*, que no sentido longitudinal é menor na parte inferior quando equiparada com a parte superior da árvore. Valores descritos por Salvo et al. (2004), para permeabilidade específica tangencial (utilizando gás), mostraram que a região da madeira adulta de *Pinus radiata*

apresentou valores significativamente maiores que madeira juvenil. Na direção radial ao cambio, a permeabilidade da madeira adulta não apresentou diferenças estatísticas significativas em relação a madeira juvenil, demonstrando que a madeira adulta, e suas variáveis anatômicas mostram maior correlação linear com a permeabilidade específica transversal, junto aos diâmetros dos traqueídeos correlacionados.

Segundo Hillis (1978), os limites de formação de madeira juvenil em folhosas foram pouco estudados e claramente definidos em comparação à madeira de coníferas, que já foram explorados e bem definidos.

## **2.7 Propriedades mecânicas da madeira de *Hevea brasiliensis***

As aplicações do estudo de propriedades mecânicas da madeira estão ligadas ao seu melhor uso: estrutura, movelaria e outros, enfim a todo uso comercial que se pretende dar às peças de madeira que estarão submetidas a esforços (MAD, 2010).

As propriedades mecânicas da madeira são fortemente influenciadas por fatores diversos, como idade da árvore, ângulo da grã, teor de umidade, temperatura, constituintes químicos, fadiga, apodrecimento, massa específica, constituição anatômica, duração da tensão e da deformação, radiação nuclear, falhas na madeira, presença de nós e outros defeitos (KOLLMANN E CÔTÉ, 1968; SILVA et al., 2005).

Em ensaio físico e mecânico da madeira de quatro clones (IAN 873, IAN 717, AVROS 1301 E GT 711) de *Hevea brasiliensis*, em condições seca e verde, os autores concluem que a madeira dos quatro clones de seringueira estudadas são indicadas para construção leve, movelaria e chapas (SANTANA, 2001).

Leonello et al. (2012) realizou ensaios de compressão paralela às fibras, flexão estática e dureza Janka com a finalidade de classificação estrutura da madeira do clone GT1, onde concluiu e classificou a madeira deste clone como sendo da classe C40, sendo que os resultados não apresentaram diferenças estatísticas significativas na direção radial (a menos da dureza Janka), sendo observada, no entanto, que há uma tendência de aumento no sentido medula-casca. Santana et al. (2001), estudou a madeira de quatro clones de *Hevea brasiliensis*, observando que a resistência à compressão paralela às fibras variam de 41,7 a 43,3

MPa. Matan e Kyokong (2003) obtiveram valores de 39,0 MPa em árvores de 25 a 30 anos de idade na Tailândia e em outro estudo, Hong (1996) cita que Lee et al. (1965) encontrou valor de 32,2 MPa para a mesma propriedade.

No Brasil, Eufraide Junior et al. (2011) reportou em seu estudo que a madeira de árvores de 29 anos do clone RRIM 600 de seringueira apresentou resistência média à compressão paralela às fibras de 43,53 MPa, com coeficiente de variação de 8,61% e com resistência característica de 41,90 MPa, enquadrando-a na classe de resistência C40.

Santana et al. (2001) obteve módulo de ruptura à flexão (MOR) variando de 81,5 a 96,9 MPa para a madeira de seringueira. Lee et al. (1979 apud LIM et al., 2003) encontraram os valores de 66 e 9.240 MPa para MOR e MOE (módulo de elasticidade à flexão estática), respectivamente.

Quanto à variação radial das propriedades analisadas, não há trabalhos na literatura que permitam fazer avaliações específicas para *Hevea brasiliensis*. No geral, a tendência da densidade aparente e das propriedades mecânicas da madeira é apresentar aumento no sentido medula-casca segundo diversos trabalhos encontrados na literatura (PANSHIN, 1980; TOMAZELLO FILHO, 1985, 1987; BODIG; JAYNE, 1993).

Os valores de resistência à flexão obtidos por Santana et al. (2001), para clones de *Hevea brasiliensis* diferentes dos clones do nosso trabalho, foram de 81,5 a 96,9 MPa. Já Lee et al. (1979 apud LIM et al., 2003) obteve, para a mesma propriedade, o valor médio de 66,0 MPa.

### **2.7.1 Módulo de ruptura e módulo de elasticidade na flexão estática**

Para entender a flexão é preciso visualizar uma peça fina de madeira, com as fibras orientadas paralelamente ao seu comprimento. A viga é deformada em forma de arco circular, devido à carga externa. Esta deformação provoca o encurtamento das fibras no lado côncavo e um alongamento, no lado convexo. Portanto, as fibras no lado côncavo estão comprimidas e, no lado convexo, tracionadas.

O ponto onde se encontra a inversão de tensão é conhecido como linha neutra (ROCHA; PAULA; CIQUEIRA, 1988). Quando a madeira é solicitada à flexão

simples, ocorre a compressão paralela às fibras, tração paralela às fibras, cisalhamento horizontal e nas regiões dos apoios, compressão normal às fibras.

A ruptura em peças de madeira solicitadas à flexão ocorre pela formação de minúsculas falhas de compressão seguidas pelo desenvolvimento de enrugamentos de compressão macroscópicos.

Este fenômeno gera o aumento da área comprimida na secção e a redução da área tracionada, podendo eventualmente, romper por tração (CALIL; LAHR; DIAS, 2003).

O ensaio consiste em uma carga  $P$ , aplicada no meio do corpo de prova que repousa sobre dois apoios, causando tensão no seu interior e uma deformação até a ruptura. Para determinar os resultados faz-se a leitura da carga aplicada de forma gradativa em kg e da deformação correspondente, registra-se então a carga máxima no momento da ruptura.

Com os dados obtidos da leitura faz-se um gráfico, e por meio da tangente da curva do gráfico registra-se a carga no limite proporcional e a deformação correspondente.

Com estes dados pode-se calcular o MOE (módulo de elasticidade estática), a flexão estática, a resistência no limite proporcional e a resistência máxima do material. Apesar de ser um valor teórico, é amplamente utilizado na classificação de madeiras, e é de conhecimento de muitos que quanto maior o MOE, maior será a resistência da madeira e menor será a sua deformidade, e conseqüentemente, quanto menor for o MOE, piores serão as qualidades da madeira.

Conforme estudos de Scanavaca e Garcia (2004), "O módulo de ruptura e o módulo da elasticidade são dois parâmetros normalmente determinados em testes de flexão estática e são de grande importância na caracterização tecnológica da madeira".

### **2.7.2 Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras**

Consistem na separação das fibras por um esforço no sentido paralelo às mesmas. É de grande importância em madeiras cavilhadas.

A carga é aplicada de modo a cisalhar uma secção quadrada (PFEIL,1994). Para se determinar a tensão máxima para o cisalhamento divide-se o valor necessário para a ruptura da secção quadrada, pelo valor da área da secção transversal.

Quando o plano de atuação das tensões de cisalhamento é paralelo às fibras, duas situações distintas podem ocorrer: se a direção das tensões é na direção das fibras ocorre o cisalhamento horizontal e se a aplicação das tensões é perpendicular à direção das fibras, existe a tendência desses elementos rolarem uns sobre os outros (cisalhamento Rolling).

A situação na qual a madeira apresenta menor resistência é a de cisalhamento horizontal (CALIL; LAHR; DIAS, 2003).

O ensaio de cisalhamento da madeira é problemático devido à superposição de tensões, principalmente com as de flexão. Tensões de compressão, concentrações de tensões, desenvolvimento de rachaduras e outras tensões podem mascarar o fenômeno do cisalhamento.

Moreschi (2012) cita em seu trabalho o cuidado de se comparar ensaios de cisalhamento se não considerarmos tensões adicionais, podendo tornar as comparações duvidosas e não permitindo a comparação com resultados obtidos em ensaios diferentes.

### **2.7.3 Resistência à compressão paralela às fibras**

Da mesma forma que para a determinação da flexão estática, na avaliação da compressão é usual a determinação do limite de elasticidade, para cálculo do módulo de elasticidade ao esforço a compressão paralela às fibras (MORESCHI, 2010). Segundo Calil, Lahr e Dias (2003), “quando a peça é solicitada por compressão paralela às fibras, as forças agem paralelamente à direção dos elementos anatómicos responsáveis pela resistência, o que confere grande resistência à madeira”.

Para a determinação do módulo de elasticidade e da resistência máxima à compressão axial, ou compressão paralela às fibras, utiliza-se da tabela carga/deformação ou do gráfico confeccionado com estes valores para a

determinação do limite de proporcionalidade, da deformação e da carga aplicada correspondente (MORESCHI, 2010).

### 3 OBJETIVOS

Partindo-se da hipótese de que apesar da alteração de teor de amido entre as diferentes épocas fenológicas, as propriedades mecânicas da madeira não se alteram, os objetivos deste trabalho foram:

#### 3.1 Objetivo principal

Avaliar as propriedades mecânicas da madeira de seringueira (*Hevea brasiliensis*), clones RRIM600 e GT1, para melhorar o aproveitamento dessa espécie como produtora de madeira serrada, que por falta de pesquisa e de informação científica, não está no mercado brasileiro.

#### 3.2 Objetivos secundários

- a) Verificar a hipótese de que não há diferenças entre as propriedades mecânicas nas duas épocas de desenvolvimento fisiológico e no acúmulo de amido na madeira;
- b) Verificar a hipótese de que não há diferenças entre as propriedades mecânicas da madeira entre classes de diâmetros;
- c) Verificar a hipótese de que não há diferenças de propriedades mecânicas da madeira entre clones;
- d) Comparar a qualidade da madeira da *H. brasiliensis* com outras já consagradas no mercado brasileiro.



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Propriedades mecânicas da madeira na *Hevea brasiliensis*

O estudo das propriedades mecânicas dos materiais verifica as deformações dos corpos sob o efeito de forças que agem sobre eles. Quando um corpo é solicitado mecanicamente, as suas moléculas reagem à deformação gerando forças interiores chamadas ações moleculares, que podem ser medidas.

As propriedades mecânicas da madeira são as expressões de seu comportamento sob a aplicação de forças ou cargas. O comportamento vai variar em função das propriedades físicas como: teor de umidade, peso específico e constituição anatômica.

#### 4.1.1 Módulo de ruptura e módulo de elasticidade na flexão estática

Para os ensaios de flexão, foi adotada a norma NBR 7190/97, que define a resistência da madeira à flexão ( $f_{wM}$  ou  $f_M$ ) como um valor convencional, dado pela máxima tensão que pode atuar em um corpo de prova. Foram utilizados corpos de prova com medidas adaptadas da norma (Figura 1).

Para o módulo de resistência à flexão estática ( $f_M$ ) e módulo de elasticidade à flexão estática ( $E_{M0}$ ), foram utilizados corpos de prova de 2 x 2 x 42 cm, Os corpos de prova foram secos em estufa de temperatura controlada até atingirem a umidade de 12%. Os ensaios foram conduzidos em uma máquina universal de ensaio com velocidade de aplicação de carga de 10 MPa/min (Equação 1a e 1b).

$$f_M = \frac{M_{\max}}{W_e} \quad (1a)$$

$M_{\max}$ : máximo momento aplicado ao corpo-de-prova, Nmm;

$W_e$ : módulo de resistência elástico da seção transversal do corpo de prova,  $\text{mm}^3$ ;

$f_M$ : resistência à flexão estática, MPa

$$E_{M0} \frac{F_{50\%} - F_{10\%}}{f_{50\%} - f_{10\%}} \cdot \frac{L^3}{4bh^3} \quad (1b)$$

$F_{50\%}$ : força correspondente a 50% da carga máxima, N;

$F_{10\%}$ : força correspondente a 10% da carga máxima, N;

$f_{50\%}$ : flecha correspondente a 50% da carga máxima, mm;

$f_{10\%}$ : flecha correspondente a 10% da carga máxima, mm;

L: vão de ensaio, mm;

b, h: base e altura da secção transversal do corpo de prova, mm;

$E_{M0}$ : Módulo de elasticidade, MPa.

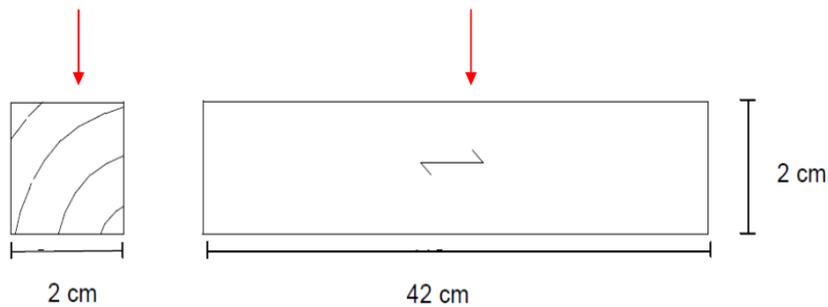


Figura 1-Corpo de prova adaptado da norma para o ensaio de flexão  
Fonte: NBR - 7190/97

#### 4.1.2 Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras

Pela norma NBR 7190/97 (ABNT, 1997) a resistência ao cisalhamento paralelo às fibras da madeira ( $f_{v0}$ ) é dada pela máxima tensão de cisalhamento que pode atuar na seção crítica de um corpo de prova prismático (Equação 2).

$$f_{v0} = \frac{F_{v0,max}}{A_{v0}} \quad (2)$$

$F_{v0,max}$ : máxima força cisalhante aplicada ao corpo de prova, N;

$A_{v0}$ : área inicial da seção crítica do corpo de prova, num plano paralelo às fibras, mm<sup>2</sup>;

$f_{v0}$ : resistência ao cisalhamento paralelo às fibras da madeira, MPa.

Neste trabalho para a obtenção da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras ( $f_{v0}$ ) e tangente aos anéis de crescimento foram utilizados corpos de prova com dimensões nominais de 2 x 2 x 3 cm, com 4 cm<sup>2</sup> de área nominal de cisalhamento (Figura 2) sendo que um lado da área de cisalhamento foi de 2 cm, imposta pela dimensão da seção do sarrafo. A velocidade de aplicação de carga foi de 2,5 MPa/min.

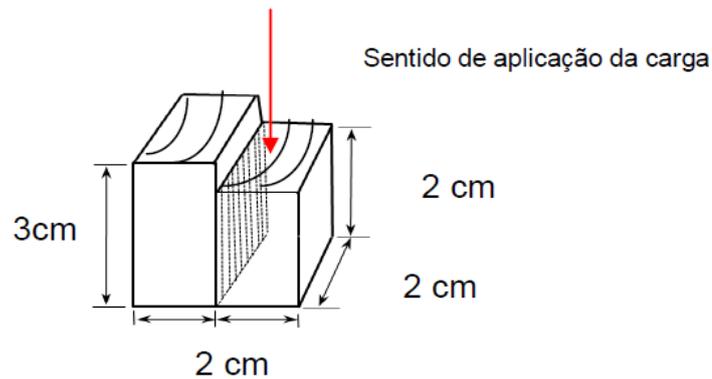


Figura 2 – Corpo de prova adaptado para o ensaio de cisalhamento  
Fonte: NBR - 7190/97

#### 4.1.3 Resistência à compressão paralela às fibras

Como o próprio nome do ensaio sugere, a compressão paralela às fibras ou compressão axial, é avaliada com a aplicação de uma carga no sentido das fibras da madeira, com velocidade controlada, até a sua ruptura.

Segundo definição da norma NBR 7190/97 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1997), a resistência à compressão paralela às fibras ( $f_{c0}$ ) é dada pela máxima tensão de compressão que pode atuar em um corpodeprova com seção transversal quadrada de 5,0 cm de lado e 15,0 cm de comprimento.(Equação 3).

$$f_{c0} = \frac{F_{c0,max}}{A} \quad (3)$$

$F_{c0,max}$  : máxima força de compressão aplicada ao corpo de prova durante o ensaio, N;

A: área inicial da seção transversal comprimida, em milímetros quadrados,  $mm^2$ ;

$f_{c0}$ : resistência à compressão paralela às fibras, MPa .

Para se obter a resistência à compressão paralela às fibras ( $f_{c0}$ ), foram utilizados corpos de prova de 2 x 2 x 3 cm(Figura 3) obtidos de cada sarrafo, sendo usada a mesma taxa de aplicação de tensão (taxa de carregamento da norma NBR 7190) que é de 10 MPa/min e, portanto, já considerada a área de carregamento.

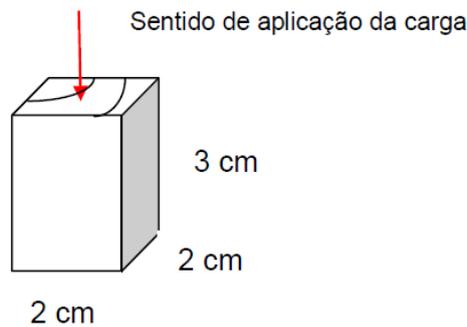


Figura 3 - Corpo de prova adaptado para o ensaio de compressão paralela às fibras  
Fonte: NBR - 7190/97

## 4.2 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em área do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP) localizada em Piracicaba – SP ( $22^{\circ} 42'30''$  S,  $47^{\circ} 38'00''$  W), sendo a altitude de 550 m.

A área experimental está em num terreno plano a levemente ondulado com declividade de aproximadamente 1,5% e cujo solo é Terra Roxa Estruturada Eutrófica, horizonte A moderado e textura argilosa, de acordo com o sistema brasileiro de classificação; ou kandudalfic Eutrodox, de acordo com a classificação americana. A boa fertilidade do solo minimiza limitações ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

O clima da região é tropical e, segundo Köppen, mesotérmico com inverno seco (Cwa) transição para inverno úmido (Cfa). Observam-se um período seco e frio entre abril e setembro e um período úmido e quente entre outubro e março. As precipitações médias anuais são de 1275 mm com um máximo de 228,2 mm no mês de janeiro e um mínimo de 29,1 mm nos meses de julho ou agosto. As temperaturas médias variam entre  $24,6^{\circ}\text{C}$  (no mês de fevereiro) e  $17,4^{\circ}\text{C}$  (no mês de julho).

## 4.3 Escolha dos clones

No trabalho foram utilizados dois clones de *Hevea brasiliensis* de maior potencial comercial no Brasil em duas condições distintas de estado fenológico. Foram selecionados os clones RRIM600 e GT1, considerando sua importância comercial, por apresentarem características desejáveis ao estudo e por serem

encontrados em plantios no estado de São Paulo, com idade igual ou superior a 20 anos.

O plantio foi manejado para exploração de látex apresentando idade de 26 anos e espaçamento 7m x 3m, resultando em aproximadamente 480 árvores por hectare. Segundo Gonçalves e Sacaloppi (2010) o sucesso da cultura da seringueira depende de clones que se adaptem às condições das diferentes regiões do estado de São Paulo.

Atualmente, estima-se que mais de 80% dos plantios no estado de São Paulo têm o clone RRIM 600, o que é preocupante quando se pensa em doenças e pragas. O clone RRIM 600, pertence à tabela de sugestões de clones para plantio no planalto do estado, assim como o clone GT1, sendo que o primeiro pertence a classificação denominada CLASSE I (plantio em grande escala), e o segundo, o GT1, pertence à CLASSE II (plantio em moderada escala). Clones da CLASSE I são classificados como de bom desempenho em muitos locais. Sugere-se não exceder 50% da área total, independente do tamanho do seringal. Da CLASSE II são classificados como clones que têm provado seu mérito ao longo do tempo.

Os clones desta classe, em combinação com três ou mais, podem ser plantados acima de 50% da área total da pequena, média ou grande plantação, segundo recomendação de plantio da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo.

Os motivos descritos acima levaram à escolha dos clones RRIM600 e GT1, disponíveis e instalados no local do experimento.

#### **4.3.1 Clone RRIM 600**

Clone secundário desenvolvido pelo Rubber Research Institute of Malaysia – RRIM, cujos parentais são os clones primários Tjir1 e PB 86. Suas árvores são altas, com caule vertical e de rápido crescimento quando jovem.

Os ramos aparecem tardiamente e formam grossas bifurcações que acarretam grande peso para a base das plantas e, em caso de problemas de vento, haverá quebra, podendo provocar o aparecimento de clareiras no seringal.

No estado de São Paulo esse clone é considerado suscetível ao vento. A copa é estreita e a folhagem esparsa, apresentando folhas pequenas verde-claras. O vigor, se comparando antes e depois da entrada em sangria, é considerado

médio. A casca por ser fina, torna-o um pouco delicado à prática de sangria, mas em compensação a renovação é boa.

A alta produção é seu ponto de destaque. Em plantios comerciais da Malásia, sua média de produção nos primeiros cinco anos de sangria foi de 1.540 kg/ha/ano no sistema 1/2S d/2 e, na Costa do Marfim, de 1.732 kg/ha/ano no sistema 1/2S d/3 6d/7 com quatro estimulações por ano na base de ethephon, enquanto, na Índia, a produção foi de 1.185 kg/ha/ano, também no sistema 1/2S d/2.

O clone exibe uma tendência de produção crescente. Em geral, a produção inicial é média, mas as subseqüentes são muito altas. A produção durante o estágio de senescência também é alta. O látex é branco e impróprio para concentração, devido à baixa estabilidade. Este clone demonstra tolerância à seca do painel, salvo quando é submetido à sangria intensiva. É um dos clones mais plantados na região de planalto do estado de São Paulo, por apresentar bom desempenho no que tange a produção e vigor.

#### **4.3.2 Clone GT1**

Clone primário desenvolvido no seringal Gondang Tapen, em Java, Indonésia. A árvore, de caule bem vertical, pode apresentar irregularidades, tais como estrias ou torsões na região do enxerto. Isto é incompatibilidade.

A abertura da copa é bastante tardia e de hábito variável, pois algumas árvores não apresentam galhos líderes, enquanto outras possuem vários. As árvores jovens são altas e tendem a entortar quando a formação dos galhos é tardia. As folhas, durante o período de imaturidade, são grandes, verde-escuras e brilhantes, e menores quando a árvore atinge a fase adulta.

A casca do painel que nunca foi “sangrado” é bastante tenra, e se renova imediatamente após a sangria. O vigor expresso pelo crescimento da circunferência do caule até a abertura do painel de sangria, é razoável, tornando-se lento após a sangria normal, mas, em compensação, é um clone muito homogêneo. É considerado um excelente produtor de látex, tanto que na Malásia sua média de produção nos primeiros dez anos extração de látex foi de 1723 kg/ha/ano, na Costa do Marfim nos primeiros cinco anos de 1.728 kg/ha/ano e no estado de São Paulo foi 1810 kg/ha/ano nos primeiros cinco anos, todos no sistema 1/2S d/2 6d/7.

A produção tem um pequeno declínio durante a senescência mas apresenta caracteres secundários desejáveis, pois a resistência à quebra pelo vento é de média a boa e a ocorrência de seca do painel é pouco notada, salvo quando submetido a uma sangria intensiva. Esse clone demonstra tendência a aumentar a produção de látex com o passar do tempo. O látex é branco e adequado para todos os processos de produtos manufaturados. Na China, o clone revelou-se tolerante às geadas e vento. Por ser precoce e pela sua rusticidade e qualidades agrônômicas, deve ser recomendado para pequenos heveicultores do planalto paulista.

#### **4.4 Levantamento quantitativo dos clones selecionados**

O cuidado e a necessidade de caracterizar o plantio, onde foram obtidas as árvores para os ensaios mecânicos, nos levou a realização de inventário da área. Para sua realização adotamos metodologia de Bernardes (1990), onde terminologias e cálculos são específicos e consagrados para a cultura da seringueira:

Seguem os termos e cálculos utilizados:

- Perímetro do tronco (PT): O perímetro do tronco foi mensurado com trena da marca LUFKIN de 30m, de fabricação brasileira, com aproximação de 0,1 cm, pertencente ao Laboratório de Engenharia da Madeira do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ-USP, à altura de 80 cm do solo.
- Espessura da casca (EC): Foi medido com paquímetro da marca MITUTOYO DIGITAL, de fabricação brasileira, pertencente ao Laboratório de Engenharia da Madeira do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ-USP, medindo-se a casca à altura de 80 cm do solo.
- Altura da árvore e do tronco e comprimento da copa: a altura da árvore foi definida como a distância entre o ponto mais alto da copa e o solo e a altura do tronco como a distância entre o ponto de inserção do ramo mais baixo e o solo. Já o comprimento da copa é a distância entre o ponto mais alto da copa e o ponto de inserção do ramos mais baixo. As alturas das árvores (HA) e dos troncos (HT) foram medidas com clinômetro da marca SUJUNTO, de fabricação Finlandesa, pertencente ao Laboratório de Biometria do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ-USP.

#### 4.4.1 Inventário simplificado

Para caracterização das árvores, foi realizado inventário completo dos talhões onde foram retiradas as plantas dos dois clones escolhidos, totalizando 1061 árvores inventariadas, sendo 594 do clone RRIM600 e 467 do clone GT (Figura 4). A partir deste inventário, selecionamos as árvores na classe (A) com perímetro variando de 0,0 a 0,6m; classe (B) com perímetro de 0,60001 a 0,65m e classe (C) com perímetro de 0,66 a 0,72m.

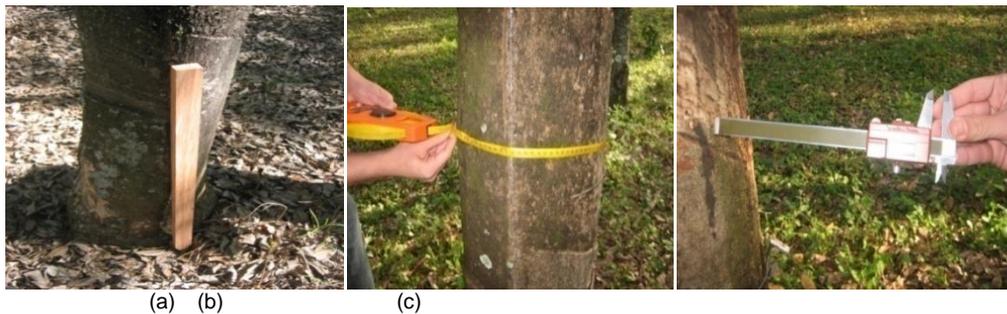


Figura 4 – Guia utilizada para padronização da altura de medida do perímetro do tronco a 80 cm do solo (a) e (b); medição da espessura da casca na altura da base do painel(c)

#### 4.4.2 Frequência de árvores nas classes de perímetro

Dentro das classes selecionadas havia 431 árvores, sendo 118 da classe A, 123 da classe B e 190 da classe C, das quais foram retiradas as 72 amostras de maneira aleatória respeitando uma distribuição homogênea para que não se abrissem clareiras. A distribuição de frequência dos perímetros, dentro das classes A, B e C, nos dois blocos dos quatro talhões, mostra uma superioridade de frequência da classe C, de maior perímetro, dentre as três definidas para nosso estudo (Figura 5).

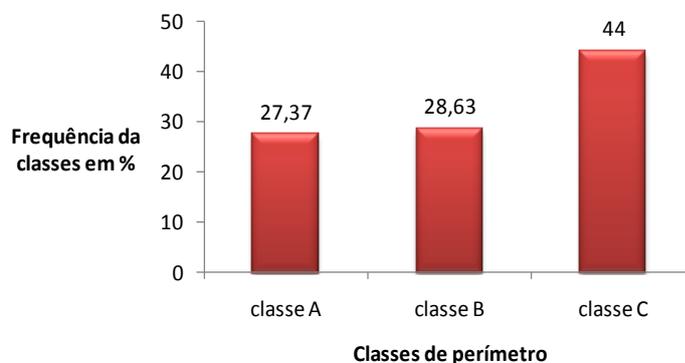


Figura 5 – Frequência de perímetros dentro da classe A de 0 a 0,600m; B de 0,601 a 0,650m e C de 0,660 a 0,720m

## 4.5 Análise estatística

### 4.5.1 Delineamento experimental

Dos clones RRIM 600 e GT1, foram selecionadas árvores de três classes de perímetro (CL), sendo que a classe (A) com árvores de perímetro variando de 0 a 0,6m, classe (B) com árvores de 0,60001 a 0,65m de perímetro e classe (C) com árvores de 0,66 a 0,72m de perímetro, medidas tomadas a uma altura de 80 cm do solo, conforme metodologia desenvolvida por Bernardes (1990).

Estas árvores foram cortadas, em pranchas de 2,665m de comprimento médio a partir da base, em duas épocas (E) distintas de desenvolvimento fenológico. Sendo três árvores por classe e época, de cada um dos clones GT1 e RRIM600 estudados, somando 36 árvores por época, e totalizando 72 árvores. (Figura 6). Foi aplicado o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, entre os tratamentos no teste F.

Causas de variação	grau de liberdade (gl)
Época ( E )	1
Clone ( C )	1
Classe (CL)	2
( E ) x ( C )	1
( E ) x ( CL )	2
( C ) x ( CL )	2
( E ) x ( C ) x ( CL )	2
(tratamento)	11
resíduo	60
Total	71

Figura 6 –Esquema de variância utilizados na análise estatística

## 4.6 Época de corte

Estudos que relacionam comportamentos fisiológicos da *Hevea brasiliensis* foram desenvolvidos por vários autores, dentre os quais Silpi et al. (2009) que constatou variações sazonais significativas de concentração de carboidratos em árvores de comportamento caducifoliar, quando comparadas com árvores de controle, verificando que a concentração total de carboidratos diminui significativamente após o refohamento.

O autor estudou o comportamento e movimentação desses carboidratos e sua disponibilização ao longo do fuste, mostrando que durante o crescimento das folhas não há amido nos parênquimas proximais. Por outro lado, quando cessa a

atividade cambial, a concentração de amido começa a aumentar nos tecidos neoformados (principalmente no xilema). Enquanto verificou significativas variações sazonais da concentração de amido devido ao déficit hídrico e baixas temperaturas, as concentrações de sacarose permaneceram estáveis, indicando que este açúcar pode atuar como comportamento tampão.

Silpi et al. (2009) relataram em seu trabalho que quanto maior a quantidade de sacarose do parênquima é transportada e utilizada, mais amido é hidrolisado para compensar a perda desta sacarose, demonstrando que este amido é reserva para refolhamento após estresse hídricos e climáticos que levaram à perda das folhas.

Lima et al. (2002) relacionaram que o carbono assimilado durante a estação mais fria é armazenado em compostos insolúveis como o amido, uma vez que a translocação estaria também reduzida pela baixa disponibilidade de água, e com a volta da disponibilidade hídrica há aumento do teor de sacarose nas folhas.

Nos climas tropicais, onde ocorrem elevadas temperaturas e intensidades luminosas, árvores de seringueira produzem borracha durante o ano todo, com acentuada redução no período de desfolha e refolhamento, quando a fotossíntese é restrita. Mas, nas plantas enfolhadas, ocorre continuamente uma alta taxa fotossintética, e a produção de látex acontece a partir do excesso de fotossintéticos, canalizados para a via terpenóide de síntese da borracha (RIGHI et al., 2001).

Bernardes et al. (2000) citam que além da competição por fotossintetizados há evidências de que o índice de tamponamento aumenta durante as emissões de folhas, causando redução no fluxo de látex. Segundo Righi et al. (2001) há uma correlação positiva entre IAF (índice de área foliar) e produção de borracha, exceto durante o refolhamento.

Essas correlações levaram à justificativa de avaliar as propriedades mecânicas da madeira da *Hevea* em duas épocas fenológicas distintas. O intuito foi de analisar a hipótese de não haver diferenças de qualidade da mesma, pelo acúmulo maior de amido como reserva energética na madeira em uma destas duas épocas de corte, e também verificar o estudo da época (E) de menor acúmulo de amido na madeira. Esta última avaliação pode indicar a época mais viável de corte para diminuir custos com preservativos de conservação contra o ataque de microorganismos e insetos, comprovada a hipótese de não haver diferenças nas propriedades mecânica destas madeiras.

O primeiro corte se deu antes da senescência foliar, em julho de 2011, e o segundo se daria logo no fim setembro e início de outubro. Como a senescência não ocorreu devido às condições climáticas e pluviométricas, com chuvas atípicas para o período, e de altas temperaturas, foi adotada metodologia inovadora para simular a situação de uso dos metabólitos para sua rebrota foliar.

#### **4.6.1 Estratégia de desfolha artificial**

Foi feita uma poda drástica da copa das árvores selecionadas para um menor teor de amido (Figura 11a). Após este procedimento esperou-se a brotação até um estágio em que a planta tivesse concluído a rebrota, antes de começar o processo fotossintético. Até o período da rebrota foliar a árvore utilizou suas reservas, como faz quando tem queda de folhas pelo estresse hídrico e baixas temperaturas, situação característica da região de Piracicaba nos meses de julho a agosto.

Os cortes das árvores foram feitos antes que as mesmas começassem novamente a acumular reserva, já com emissão da rebrota (Figura 7b). No período de uso das reservas para a brotação foliar, as árvores continuaram sendo “sangradas”, ou seja, a extração de látex continuou ocorrendo, como aconteceram nas árvores cortadas da outra época com maior reserva de amido (E1), padronizando assim esta condição de estresse e utilização de metabólitos fotossintetizados da planta.

O comportamento da rebrota foliar se deu como esperado para a simulação desejada, de maneira uniforme em todos os talhões, e igual para os dois clones escolhidos. O comportamento foi semelhante à senescência natural, quando as árvores são expostas ao estresse hídrico com períodos de baixas temperaturas.

Tendo este comportamento respondido como planejado e desejado, partimos para a análise do teor de amido na madeira, e para saber se essa metodologia permitiria o estudo diferencial das propriedades pelo teor de amido na madeira.

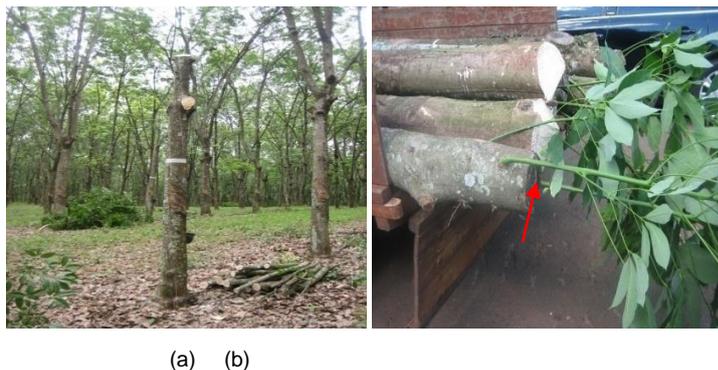


Figura 7 – Árvore de seringueira desfolhada radicalmente para simular o ciclo normal de senescência e desfolha natural (a); troncos coletados após rebrota dentro do período de uso do amido acumulado até antes da desfolha(b)

#### 4.7 Quantificação do teor de amido na madeira

Para a obtenção do teor de amido, foram utilizadas amostras dos 72 corpos de prova dos clones RRIM600 e GT1 nas duas épocas E1 e E2, que foram picados em cavacos de 1 *cm* x 1 *cm* de madeira seca a 12% (figura 8a), e posteriormente transformados em serragem (Figura 8b), após passarem por moinho e peneiras classificadoras de retículos (Figura 8c). Procedimento foi realizado no Laboratório de Química, Celulose e Papel “Professor Luiz Ernesto George Barrichello” do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ-USP.

Para a análise de teor de amido foram utilizadas alíquotas uniformizadas de cada época e clone. A análise do teor de amido foi realizada no Laboratório de Amido e Produtos Amiláceos da ESALQ-USP, segundo padrões determinados por Rickard e Behn (1987).

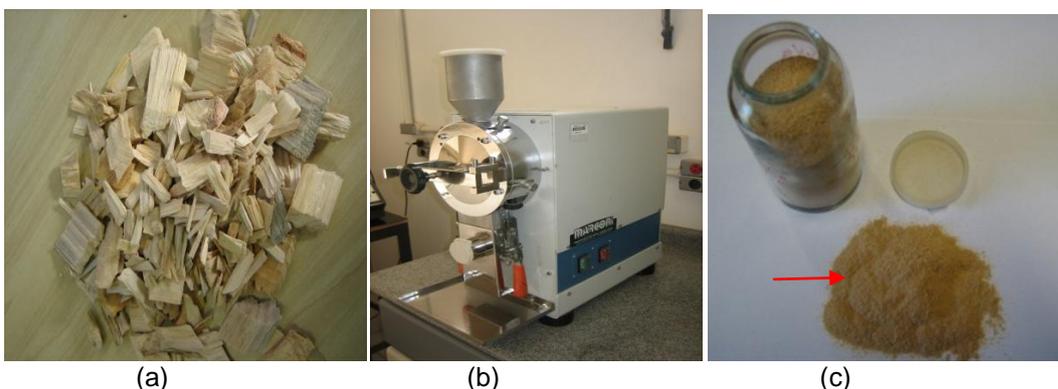


Figura 8 - Cavacos de madeira à umidade de 12% (a); moinho com peneiras de retículos (b); serragem já classificada para a quantificação do teor de amido (c)

#### 4.7.1 Descrição do procedimento de obtenção do teor de amido

Para estas análises foram seguidos os protocolos de laboratório descritos a seguir:

	<b>Procedimento Operacional Padronizado (POP)</b>	<b>Documento POP nº 12</b>	<b>Nº Folha: 01/02</b>
		<b>Emissão: MAIO/2011</b>	
	<b>Laboratório de Produtos Amiláceos</b>		
	<b>DETERMINAÇÃO DE AMIDO</b>		

**Descrição, frequência e responsabilidade:** A metodologia deve ser realizada por pessoas treinadas, que tenham conhecimento de laboratório e da importância de se padronizar a realização da análise.

#### **Materiais e Equipamentos:**

Balança analítica;  
 Banho-maria Dubnoff;  
 Peagâmetro;  
 Espectrofotômetro;  
 Becker de 250ml;  
 Balão volumétrico de 250ml;  
 Funil de vidro;  
 Papel de filtro;  
 Piceta plástica de 500ml.

#### **Reagentes:**

Acido acético glacial;  
 Acetato de sódio;  
 Tampão Acetato 4M pH4,8;  
 Hidróxido de sódio 5%;  
 $\alpha$ -amilase Termamyl 120I  
 amiloglucosidase  
 ReagentedeSomogy  
 Reagente de Nelson

#### **Preparo das Soluções:**

##### **Tampão Acetato 4M pH4,8**

- ✓ Dissolver 242,0 mL de acido acético glacial em balão de 1000mL contendo

água destilada, completar o volume.

- ✓ Dissolver 328,16g de acetato de sódio anidro em balão de 1000mL contendo água destilada, completar o volume.
- ✓ Misturar as duas soluções em béquer acertando o pH para 4,8

#### **NaOH 5%**

- ✓ Pesar 50g de NaOH e dissolver em béquer contendo 700mL de água, numa bacia com gelo dentro da capela, após dissolver e estiver à temperatura ambiente, colocar em balão volumétrico de 1000mL e completar o volume.

#### **Amiloglucosidase**

- ✓ Pesar 1g de amiloglucosidas e Rhisopus para cada 100mL. Se for outra enzima calcular o número de unidades que precisa.

	<b>Procedimento Operacional Padronizado (POP)</b>	<b>Documento POP nº 12</b>	<b>Nº Folha: 02/02</b>
		<b>Emissão: MAIO/2011</b>	
	<b>Laboratório de Produtos Amiláceos</b>		
	<b>DETERMINAÇÃO DE AMIDO</b>		

#### **Descrição do procedimento:**

1. Pesar 0,2g de amostra em béquer, acrescente 42mL de água destilada mais 2mL da alfa amilase Termamyl 120L
2. Levar em banho Maria com temperatura entre 80-90°C por 15 a 20 minutos
3. Esfriar, fazer o teste de lugol,
4. Acrescentar 2,5mL de tampão acetato 4M e pH4,8 mais 10mL de amiloglucosidase
5. Agitar em banho Maria com agitação à 55°C por 2 horas
6. Neutralizar com NaOH 5% até pH 8,2- 8,3
7. Filtrar em balão de 250mL, completar o volume,
8. Fazer a diluição para que a leitura caia no centro da curva
9. Dosar o açúcar pelo método de Somogy Nelson
10. Fazer a leitura no comprimento de onda de 535nm

**Cálculos:**

0,2g \_\_\_\_\_ 250mL

X \_\_\_\_\_ 10mL X = 8mg

**Diluição 1 : 5**

8mg \_\_\_\_\_ 50 mL

Y \_\_\_\_\_ 1 mL Y = 0,16 mg

0,16 mg \_\_\_\_\_ 100% de açúcar

Leitura \_\_\_\_\_ T T = teor de açúcar

**Diluição 1 : 10**

8mg \_\_\_\_\_ 100 mL

Y \_\_\_\_\_ 1 mL Y = 0,08 mg

0,08 mg \_\_\_\_\_ 100% de açúcar

Leitura \_\_\_\_\_ T T = teor de açúcar

Do resultado obtido em T multiplica-se por 0,9 para se obter a % de amido da amostra, na base seca.

**4.8 Corte e transporte das toras**

Após seleção e marcação das árvores no campo, foram agendados os períodos de corte (Figuras 10 e 11) dentro das duas épocas definidas de desenvolvimento fenológico, para a diferenciação do teor de amido na madeira. O corte das árvores da época E1 (maior teor de amido), antes do período de senescência foliar, ocorreu como planejado (Figura 9a e 9b).

O segundo corte da época E2, que seria após o período de senescência foliar, logo após a emissão das primeiras folhas, não ocorreu devido ao já citado problema com o excesso de chuvas e altas temperaturas, o que fez com que a senescência não ocorresse. Este problema foi resolvido com adoção de estratégia proposta já descrita no trabalho. Resolvido este problema com a adoção da poda drástica, o novo período de corte foi executado em fevereiro de 2012 (Figura14c).



Figura 9 -Retirada de galhada e toras de 3m (a); 1ª época de corte(b); Árvore pronta para 2ª corte pós brotação foliar (c)

Nº AMOSTRA	FILEIRA	Nº ARVORE NO TALHÃO		Nº AMOSTRA	FILEIRA	Nº ARVORE NO TALHÃO	
1-	F1	15		19-	F1	10	
2-	F2	5		20-	F2	22	
3-	F3	19		21-	F3	3	
4-	F4	6		22-	F5	8	
5-	F6	12	RRIM600 TALHÃO 2	23-	F5	12	GT1 TALHÃO 2
6-	F6	21		24-	F6	18	
7-	F9	7		25-	F7	2	
8-	F9	20		26-	F8	16	
9-	F11	17		27-	F8	24	
10-	F1	14		28-	F1	12	
11-	F2	3		29-	F1	22	
12-	F2	24		30-	F3	3	
13-	F3	16	GT1 TALHÃO 1	31-	F5	22	RRIM600 TALHÃO 1
14-	F5	3		32-	F7	15	
15-	F5	9		33-	F10	7	
16-	F7	9		34-	F10	25	
17-	F9	7		35-	F13	2	
18-	F9	15		36-	F13	19	

Figura 10 - Árvores com maior teor de amido definidas no 1º corte em julho de 2011 dentro das classes de perímetro definidas (Planilha de Campo)

Nº AMOSTRA	FILEIRA	Nº ARVORE NO TALHÃO		Nº AMOSTRA	FILEIRA	Nº ARVORE NO TALHÃO	
37-	F1	23		55-	F1	4	
38-	F3	10		56-	F1	12	
39-	F4	15		57-	F1	23	
40-	F5	1		58-	F2	2	
41-	F5	24	RRIM600 TALHÃO 2	59-	F4	11	GT1 TALHÃO 2
42-	F7	3		60-	F7	8	
43-	F8	11		61-	F7	20	
44-	F10	21		62-	F8	5	
45-	F11	11		63-	F8	10	
46-	F2	9		64-	F1	4	
47-	F3	10		65-	F2	18	
48-	F4	13		66-	F4	9	
49-	F5	6	GT1 TALHÃO 1	67-	F5	7	RRIM600 TALHÃO 1
50-	F7	13		68-	F6	11	
51-	F7	17		69-	F10	2	
52-	F9	2		70-	F10	14	
53-	F9	11		71-	F10	21	
54-	F11	3		72-	F13	9	

Figura11 - Árvores com maior teor de amido definidas no 1º corte em fevereiro de 2012 dentro das classes de perímetro definidas. (Planilha de Campo).

#### 4.9 Processamento primário

Para cada época de corte, as toras já identificadas, com medições de comprimento, diâmetro maior e diâmetro menor, foram levadas à serraria do Departamento de Engenharia Florestal da ESALQ-USP para serem desdobradas

(Figuras 12a e 12c) e de cada árvore foram retiradas a prancha central (Figuras 12b e 12d).

De cada prancha central foram selecionadas amostras da tora basal e da tora adjacente superior.

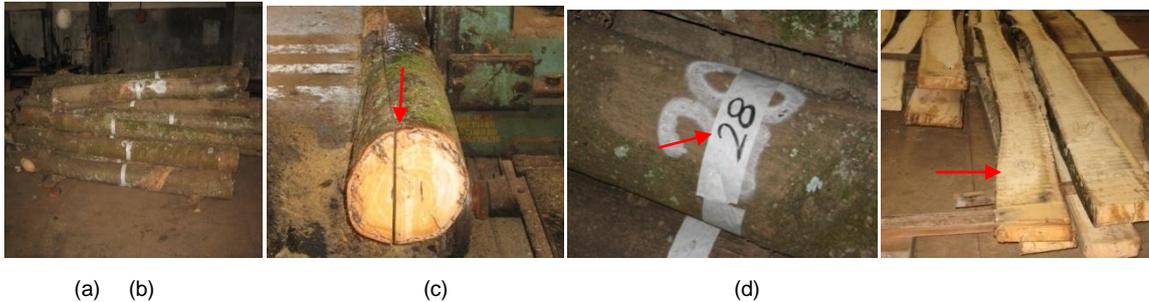


Figura 12 - Armazenagem das toras(a); retirada da prancha central (b); identificação das toras(c); pranchas identificadas não apresentando tensões de crescimento(d)

#### 4.10 Secagem da madeira

Baseado em trabalho de Sik et al. (2009), a secagem da madeira da *H. brasiliensis* à temperatura elevada modifica algumas propriedades mecânicas da madeira, e mais essencialmente, aumenta os defeitos de secagem, tais como encolhimento excessivo, que muitas vezes leva a sério colapso. Porém, o autor não detectou os problemas citados em nenhuma das altas temperaturas de secagem que foram utilizadas em seu trabalho, que variaram de 60°C (temperatura chamada de convencional) bem como nas temperaturas de 100, 120, 130, 140 e 150°C.

O mesmo estudo mostrou que a seringueira foi capaz de suportar tensões de secagem a temperaturas elevadas. Várias propriedades mecânicas das seringueiras serradas e secas às altas temperaturas de até 130 °C tinham melhorado em comparação com a secagem convencional de 60°C da madeira serrada (SIK et al.,2009).

Sabe-se que a resistência da madeira varia com seu teor de umidade. Com o aumento do teor de umidade há uma diminuição em sua resistência, que é mais sensível para baixos teores de umidade. Portanto, para comparar a resistência de duas espécies, ou peças, à uma determinada solicitação, é necessário estabelecer um teor de umidade de referência, pois uma espécie de menor resistência, com baixo teor de umidade, pode aparentar maior resistência que uma espécie sabidamente mais resistente, porém com elevado teor de umidade (LOGSTON; CALIL, 2002).

Com a necessidade de conhecer melhor o comportamento de secagem das amostras, e ter metodologia de secagem para seringueira realizou-se um trabalho que propôs a construção de curvas de secagem, obtidas experimentalmente para a madeira da *Hevea brasiliensis* por meio de um modelo matemático. Esta modelagem foi baseada no modelo de Simpson no método estatístico de qui-quadrado, onde Simpson afirma que o modelo de secagem da madeira é proporcional à taxa de umidade média.

A fim de estabelecer a construção da curva de secagem, foram usadas 108 amostras de madeira da *Hevea brasiliensis*, dos dois clones RRIM600 e GT1, com dimensões de 10mm x 20mm x 100mm que foram secas em estufa de laboratório.

O controle foi realizado por meio de secagem, com aumento gradual da temperatura, a fim de minimizar os erros que surgem com a perda de umidade por secagem drástica da madeira. O estudo preliminar de secagem com as amostras resultou em trabalho apresentado no 12<sup>th</sup> International IUFRO Wood Drying Conference (De CONTI et al., 2012), com secagem feita pelo método gravimétrico, onde a massa era pesada de seis em seis horas, até que a madeira atingisse o estado teórico anidro.

A curva de secagem para madeira da seringueira obtida com a simulação feita no trabalho de De Conti et al (2012) pôde ser usada para estimar o tempo de secagem desta espécie e para ajustes de temperatura em diferentes estufas. Utilizamos então este estudo para acompanhar a secagem à 12% de umidade, padrão desejado para confecção dos corpos de prova de nossas amostras. A secagem foi realizada em estufa de secagem forçada de ar do Laboratório do Departamento de Engenharia Florestal da ESALQ-USP (Figura 13).



(a)

(b)

Figura 13 - Amostras da tora basal e da tora adjacente superior em estufa para secagem até 12% de umidade (a) e (b)

#### 4.11 Processamento secundário e preparo dos corpos de prova

Após a retirada das pranchas centrais, como já descrito, foram selecionadas amostras da tora basal e da tora adjacente superior (figura 14b), para balancear o experimento na variação ao longo do fuste para as propriedades estudadas. As amostras foram identificadas de acordo com sua época de corte, classe e clone.

Posteriormente, foram secadas em estufa, até atingirem teor de umidade de 12%, como propõe o modelo matemático de curva de secagem da madeira de *Hevea brasiliensis* (DE CONTI *et al.*, 2012).

O controle do teor de umidade da madeira é indispensável para que possamos utilizá-la de forma adequada, evitando o desenvolvimento de defeitos como empenamentos, arqueamentos e torções. Estes defeitos são comumente observados em produtos de madeira, confeccionados antes de entrar em equilíbrio higroscópico.

Obtiveram-se corpos de prova no sentido radial, com tomadas de posições 0%,25%, 50%,75% e 100% do raio (Figura 20d), no sentido medula casca. De cada posição foram retirados os corpos de prova para os ensaios realizados, totalizando 360 amostras para cada ensaio mecânico, sendo 180 para cada época.

Os corpos de prova obtidos foram encaminhados ao Laboratório de Ensaios Mecânicos de Madeira e Derivados – LEMMAD do LCF/ESALQ - USP, permanecendo condicionados à temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $65 \pm 5\%$ (Figuras15a e 15 b).

Ao final do período de condicionamento, momento em que os corpos de prova atingiram massa constante, procedeu-se a realização dos ensaios mecânicos de flexão estática, compressão paralela às fibras e cisalhamento, conduzidos conforme a norma NBR - 7190/97.

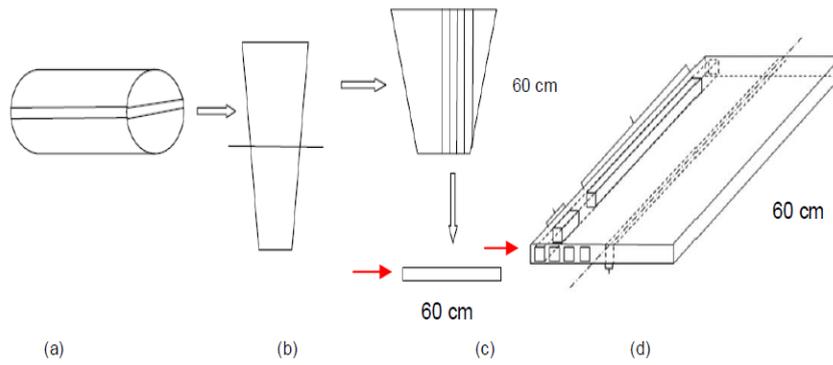


Figura 14 - Esquema de desdobro e retirada da prancha central da tora (a) e (b); esquema de Retirada de sarrafos da prancha basal e superior e de corpos de provas dos sarrafos (c) e (d)

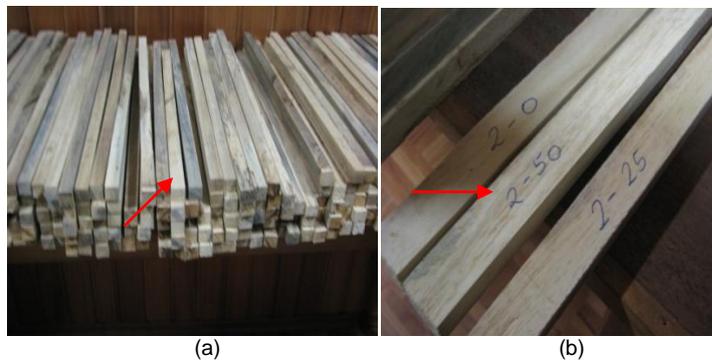


Figura 15 - Sarrafos representativos das árvores preparados para a fase de retiradas dos corpos de prova armazenados em ambiente climatizado (a): identificação indicativa do tratamento (b)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este item apresenta os resultados obtidos nos ensaios de compressão paralela às fibras, cisalhamento e flexão de corpos de prova de *Hevea brasiliensis*, para verificação da hipótese de que não ocorre variação nas propriedades mecânicas ensaiadas por consequência de alterações na concentração de amido na madeira de uma época para outra.

Os teores de amido obtidos nas duas épocas de corte também estão apresentados neste item. As discussões foram elaboradas de forma a comparar as interações entre época, clone e classe de perímetro do tronco.

Sempre que observadas diferenças estatísticas, ao nível de 5% de probabilidade no teste F, foi aplicado o teste de Tukey.

### 5.1 Inventário simplificado

Os resultados obtidos no inventário, para o índice perímetro do tronco (PT) são apresentados nas Figuras 17, 18, 19 e 20, com marcação das árvores selecionadas dentro das classes (A) de 0 a 0,600m (cor vermelha); (B) de 0,601 a 0,650m (cor verde) e classe (C) com árvores de 0,660 a 0,720m (cor amarela)

R600 talhão 2	Fileira 1	Fileira 2	Fileira 3	Fileira 4	Fileira 5	Fileira 6	Fileira 7	Fileira 8	Fileira 9	Fileira 10	Fileira 11
Planta	PT (m)	PT (m)									
1	*	0,74	0,63	0,96	0,56	0,77	0,89	1	0,95	0,89	0,77
2	1,31	0,51	0,83	0,51	0,56	0,52	0,79	0,58	0,87	0,82	0,78
3	0,53	0,52	0,74	0,76	0,63	0,79	0,62	0,74	0,65	0,79	0,66
4	0,78	1	0,54	0,47	0,55	0,47	1	0,74	0,74	0,71	
5	0,6	0,72	0,42	0,75	*	0,73	0,6	0,65	0,88	0,84	0,99
6	1,15	0,44	0,72	0,63	0,49	0,71	0,8	0,62	0,73	0,78	0,76
7	0,74	0,86	0,51	0,66	0,74	0,56	1	0,79	0,65	0,73	0,79
8	0,99	0,54	0,72	0,5	0,55	0,62	*	0,72	0,82	0,71	0,72
9	1,12	0,81	0,67	0,49	0,59	0,49	0,83	0,6	0,87	0,87	0,71
10	0,88	0,63	0,54	0,6	0,85	0,73	0,75	0,77	0,96	0,79	0,81
11	1,04	0,73	0,76	0,82	0,5	*	0,8	0,7	0,76	0,68	0,55
12	0,87	0,57	0,69	0,6	0,7	0,5	0,94	0,86	0,82	0,6	0,87
13	0,73	0,52	*	0,64	0,67	0,72	0,7	0,77	0,79	0,92	0,72
14	1,14	0,76	0,6	0,75	0,53	0,56	0,97	0,79	*	0,82	0,8
15	0,48	0,83	0,67	0,67	0,82	0,68	0,8	0,75	0,99	0,75	0,73
16	0,92	0,56	0,69	0,5	*	0,64	0,65	0,81	0,77	0,76	0,59
17	0,65	0,86	0,53	0,55	0,6	0,54	0,94	0,82	0,81	0,76	0,97
18	0,86	0,63	0,38	0,82	0,49	0,61	1	*	0,85		0,74
19	1,04	0,48	0,63	*	0,74	0,88	0,58	0,89	*	0,76	0,84
20	0,7	0,86	0,71	0,93	0,52	*	0,78	0,9	0,71	0,82	0,87
21	0,75	0,68	0,77	0,45	0,69	0,72	*	0,68	0,77	0,64	0,75
22	1,33	0,48	0,66	0,62	0,76	0,61	0,93	*	0,74	1,05	0,79
23	0,65	0,61	0,79	0,81	0,42	0,5	0,89	*	0,84	0,81	0,68
24	0,67	0,69	0,69	0,52	0,68	0,95	0,97	0,89	0,88	0,74	0,86
25	1	0,77	0,7	0,58	0,59						
26		0,76	0,53	0,53	0,86						
27				0,77	0,56						

Figura 17 – Distribuição dos dados de perímetro do clone RRIM600 do talhão 2 nas classes (A) de 0 a 0,600m (cor vermelha); (B) de 0,601 a 0,650m (cor verde) e classe (C) com árvores de 0,660 a 0,720m (cor amarela)

R600 talhão 1																
Planta	Fileira 1	Fileira 2	Fileira 3	Fileira 4	Fileira 5	Fileira 6	Fileira 7	Fileira 8	Fileira 9	Fileira 10	Fileira 11	Fileira 12	Fileira 13	Fileira 14	Fileira 15	
PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	
1	0,89	*	*	0,885	0,92	0,99	1,12	1,3	0,93	1,26	0,91	1,21	0,93	0,76	1,1	
2	0,83	0,67	1,2	0,7	*	0,92	0,76	1,03	0,82	0,65	1,05	0,69	0,47	0,71	0,89	
3	0,53	0,725	0,615	0,63	0,675	0,83	0,83	0,68	0,72	*	*	*	0,63	0,7	1	
4	0,57	0,595	0,795	0,56	0,64	0,71	0,74	0,91	0,7	0,7	0,79	0,74	0,87	0,52	*	
5	0,73	0,79	0,58	0,62	0,73	0,74	0,71	0,74	0,86	0,81	0,85	0,91	0,62	0,75	0,99	
6	0,54	0,62	0,795	0,85	0,56	0,65	0,71	0,7	0,78	0,65	0,66	*	0,55	0,63	0,61	
7	0,63	0,87	0,52	0,63	0,59	0,86	0,72	0,79	0,75	0,58	0,76	*	0,61	0,4	*	
8	0,755	0,72	0,6	0,825	0,74	0,65	0,86	0,65	0,68	0,94	0,72	0,97	0,41	0,66	0,92	
9	0,725	0,73	0,79	0,62	0,66	0,72	0,56	0,79	0,7	0,74	0,7	0,77	0,66	0,56	*	
10	0,77	0,57	0,58	0,93	0,62	0,9	0,64	0,72	0,68	0,9	0,7	0,79	0,58	0,46	0,6	
11	0,73	0,8	0,81	0,79	0,78	0,69	0,76	*	0,86	0,59	0,49	0,52	0,37	0,52	0,69	
12	0,66	0,725	0,75	0,53	0,63	0,68	0,71	0,78	0,73	0,93	0,62	0,8	0,59	0,75	*	
13	0,875	0,63	0,61	0,81	0,68	0,63	0,87	0,55	0,76	0,63	0,78	0,74	*	0,5	*	
14	0,62	0,64	0,91	*	0,77	0,82	0,69	0,8	0,53	0,55	0,77	0,72	0,53	0,65	*	
15	0,94	0,82	0,76	0,81	0,78	0,65	0,72	0,59	0,7	0,68	0,67	0,79	0,49	0,58	*	
16	0,725	0,92	0,59	0,94	0,725	0,62	0,71	0,68	0,59	0,75	0,51	0,66	0,5			
17	0,94	0,695	0,79	0,83	0,78	0,67	0,66	0,75	0,8	0,71	0,62	0,75	0,69			
18	0,84	0,71	0,81	0,72	0,6	0,76	0,86	0,66	0,78	0,71	0,66	0,54	*			
19	0,69	0,68	0,64	0,895	0,75	0,79	0,7	0,8	0,5	0,61	0,59	0,72	0,61			
20	0,76	0,885	0,78	0,78	0,65	0,66	0,73	0,76	0,6	0,85	0,69	0,58	0,66			
21	0,93	0,61	0,895	0,79	0,91	0,83	0,68	0,62	0,68	0,62	0,6	0,78				
22	0,57	0,82	0,85	0,66	0,61	0,725	0,84	0,96	0,56	0,55	0,62	*				
23	0,86	0,75	0,765	0,63	0,745	0,8	0,58	*	0,81	0,65	0,77	0,82				
24	0,73	0,63	0,76	0,655	0,87	0,78	0,86	0,79	*	0,62	0,61	0,68				
25	0,94	0,92	0,85	0,77	0,88	0,64	0,53	0,69	0,76	0,68	0,56	0,84				
26		1,14	*	0,82	0,64	0,81	0,69	0,65	0,63	0,7	0,63	0,83				
27			0,93	0,97	0,625	*	0,63	0,72	0,63	0,82	0,55					
28				0,92	0,635	0,89	0,82	0,82	0,65							
29						0,66	0,91	0,69								
30						0,71	0,66	0,66								

Figura 18 – Distribuição dos dados de perímetro do clone RRIM600do talhão 1 nas classes (A) de 0 a 0,600m (cor vermelha); (B) de 0,601 a 0,650m (cor verde) e classe (C) com árvores de 0,660 a 0,720m (cor amarela)

GT 1 talhão 1												
Planta	Fileira 1	Fileira 2	Fileira 3	Fileira 4	Fileira 5	Fileira 6	Fileira 7	Fileira 8	Fileira 9	Fileira 10	Fileira 11	
PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	PT (m)	
1	1,08	1,05	1,1	0,935	1,08	*	0,99	0,9	0,62	*	0,46	
2	1,1	0,88	*	*	0,91	0,99	0,775	0,81	0,715	0,665	0,925	
3	*	0,57	0,75	0,81	0,65	0,82	0,71	0,735	0,615	0,855	0,565	
4	*	0,65	0,87	0,75	*	0,85	0,615	0,8	*	0,65	0,82	
5	0,83	0,75	0,82	0,73	0,85	0,81	0,945	0,61	0,63	0,695	0,61	
6	0,9	0,645	0,655	0,92	0,59	0,54	0,72	0,64	0,7	0,76	0,81	
7	0,91	0,72	0,655	0,7	0,885	0,92	0,715	0,24	0,63	0,635	0,545	
8	*	0,675	0,735	0,78	0,775	0,725	0,765	0,21	0,92	0,78	0,76	
9	1,09	0,63	*	0,885	0,72	0,92	0,59	0,8	0,81	0,72	0,765	
10	0,86	0,83	0,7	0,635	0,64	0,81	0,665	0,625	0,615	0,65	0,6	
11	0,93	0,71	0,875	1,05	0,81	0,76	0,6	0,73	0,63	0,87	0,715	
12	0,74	0,85	0,82	0,86	0,73	0,78	0,82	0,76	0,61	0,785	0,86	
13	1	0,84	0,615	0,565	0,98	0,93	0,65	0,57	1,03	0,77	0,72	
14	0,66	0,675	*	0,91	0,81	0,9	0,81	0,83	0,76	0,87	0,64	
15	1,06	0,82	0,96	0,925	0,81	0,75	0,75	0,675	0,67	0,61	0,69	
16	1,01	0,85	0,55	0,75	0,78	0,73	0,9	0,685	0,7	0,93	0,84	
17	*	0,66	0,8	0,63	*	0,85	0,72	0,83	0,825	0,76	0,68	
18	1,01	0,735	0,61	0,74	0,94	1,02	0,82	0,765	0,615	0,885	0,85	
19	0,91	0,81	0,925	0,84	0,73	0,96	0,8	0,73	0,75	0,725	0,71	
20	0,795	0,55	0,71	0,735	0,82	0,78	0,8	0,88	0,75	0,9	0,71	
21	1,02	0,765	0,625	0,835	0,92	0,79	*	0,81	0,87	0,78	0,8	
22	0,97	0,72	0,815	0,69	0,845	0,78	0,92	0,915	0,655	0,82	0,71	
23	0,66	0,785	0,765	0,77	0,71	0,83	*	0,745	0,78	0,775	0,665	
24	0,73	0,62	0,635	0,785	0,84	0,98	0,665	0,895	0,72	0,9	*	
25						0,425						

Figura 19 – Distribuição dos dados de perímetro do clone GT1do talhão 1 nas classes (A) de 0 a 0,600m (cor vermelha); (B) de 0,601 a 0,650m (cor verde) e classe (C) com árvores de 0,660 a 0,720m (cor amarela)

GT 1 talhão 2	Fileira 1	Fileira 2	Fileira 3	Fileira 4	Fileira 5	Fileira 6	Fileira 7	Fileira 8
Planta	PT (m)							
1	0,77	0,7	0,67	*	0,81	0,71	0,7	0,73
2	0,72	0,66	0,7	0,81	0,74	0,63	0,715	0,655
3	0,99	0,93	0,63	0,73	0,82	0,84	0,89	*
4	0,72	0,93	0,97	0,81	0,6	*	0,75	0,765
5	0,75	*	*	0,85	0,8	0,78	0,93	0,66
6	0,86	*	*	0,79	0,81	0,83	0,88	0,635
7	0,74	0,86	0,74	0,88	0,76	0,89	0,72	0,785
8	0,66	0,89	0,7	*	0,54	0,8	0,67	0,84
9	0,71	*	0,74	0,73	0,8	0,67	0,73	0,83
10	0,72	0,82	0,75	0,84	0,7	0,94	0,645	0,7
11	0,69	0,85	0,69	0,63	*	*	0,73	0,66
12	0,65	0,78	0,77	0,81	0,72	*	0,62	0,815
13	0,93	0,88	0,82	*	0,74	0,68	0,63	0,74
14	0,86	0,94	*	0,83	*	0,68	0,79	0,68
15	0,7	0,73	*	0,73	0,78	0,85	0,81	0,72
16	0,95	0,79	0,75	0,77	0,74	0,93	0,75	0,585
17	0,75	0,98	0,73	0,88	0,67	0,72	0,71	0,91
18	0,82	0,75	0,88	0,92	0,81	0,64	0,85	0,625
19	0,78	*	0,87	0,77	0,68	0,925	0,6	0,98
20	0,76	0,96	0,86	0,88	0,95	0,875	0,625	0,83
21	0,64	1,04	0,84	*	0,8	0,83	1,05	0,825
22	0,75	0,56	0,85	0,69	0,91	0,7	0,83	0,935
23	0,66	0,81	0,8	0,8	0,72	0,695	0,62	0,96
24		0,77	0,95	0,92	0,74	0,7	0,71	0,65

Figura 20 – Distribuição dos dados de perímetro do clone GT1 do talhão 2 nas classes (A) de 0 a 0,600m (cor vermelha); (B) de 0,601 a 0,650m (cor verde) e classe (C) com árvores de 0,660 a 0,720m (cor amarela)

## 5.2 Teor de casca

Existe uma relação diretamente proporcional entre a espessura da casca e o perímetro do tronco nas árvores inventariadas, independente do clone (Figura 16). A medição da casca é índice importante no inventário da *Hevea brasiliensis*, pois é diretamente ligada à produção de látex, principal atividade desta cultura. O manejo inadequado da casca do painel de sangria pode levar a uma interrupção da produção. As espessuras de casca levantadas no inventário estão dentro dos parâmetros normais referenciados em literatura da cultura. Durante o processo de secagem as cascas se soltam.

### 5.3 Biometria das toras

No desdobro das toras selecionadas dos clones GT1 e RRIM 600, fez-se a medição do comprimento, diâmetro menor e diâmetro maior com os resultados apresentados na Figura 21.

Tora	Diâmetro > (cm)	Diâmetro < (cm)	Comprimento(cm)	Tora	Diâmetro > (cm)	Diâmetro < (cm)	Comprimento(cm)	Tora	Diâmetro > (cm)	Diâmetro < (cm)	Comprimento(cm)
38	23,5	15,5	215	25	21,5	16,5	298	58	20	14,5	304
42	19,2	14	295	22	17,5	15,5	195	62	21,5	15,5	273
41	26	18,5	258	23	21	17	300	72	30,5	18,5	284
36	23	16	236	32	23	19,25	214	56	20,5	15,2	278
35	19,5	14,25	213	31	18,5	12	296	44	21,5	13,25	269
30	23,7	20	216	33	19,5	12,5	266	43	22	19	214
8	21,5	17	228	26	17	12,75	300	53	20	15,25	214
5	19	16,5	222	21	19,5	14,25	299	69	20,5	14,5	277
18	20,7	16	303	28	20,5	14,5	288	50	20,5	13,75	293
7	21	14,5	228	27	20	14,5	294	64	22,5	16	290
9	18,5	13,5	250	34	20,5	15	310	57	20,5	15	300
16	19	12,5	294	13	21	15	212	55	23,5	20,2	289
6	25	21,8	304	68	25	16	223	61	19,5	16,5	305
59	20,5	15	314	67	19,5	15	213	71	21,5	12,5	300
45	19	12	276	65	22,5	15,25	285	51	22,5	17,25	257
46	22,5	14,5	278	66	20	14,5	278	52	26	14,5	290
2	24,5	18,5	225	63	23	16	302	1	18	14,5	268
24	19,5	15,2	235	60	21,5	15	293	20	19,5	15,2	215
								médias	21,45208333	15,48819444	266,5208333

Figura 21 - Medidas do diâmetro menor; diâmetro maior e comprimento das toras

### 5.4 Secagem da madeira

Obtivemos curva de secagem de nossas amostras com comportamento similar aos obtidos por De Conti et al. (2012) (Figura 22).

A secagem das toras de madeira da *Hevea brasiliensis*, para as amostras dos clones RRIM600 e GT1 deste ensaio, seguiu tendência exponencial com estabilização de umidade em torno de 12%, após 12 dias, com intervalos de dois dias para cada aumento de temperatura. Não apresentou dificuldades de estabilização a 12%, e nem colapsos e defeitos dentro das temperaturas utilizadas durante o processo de secagem.

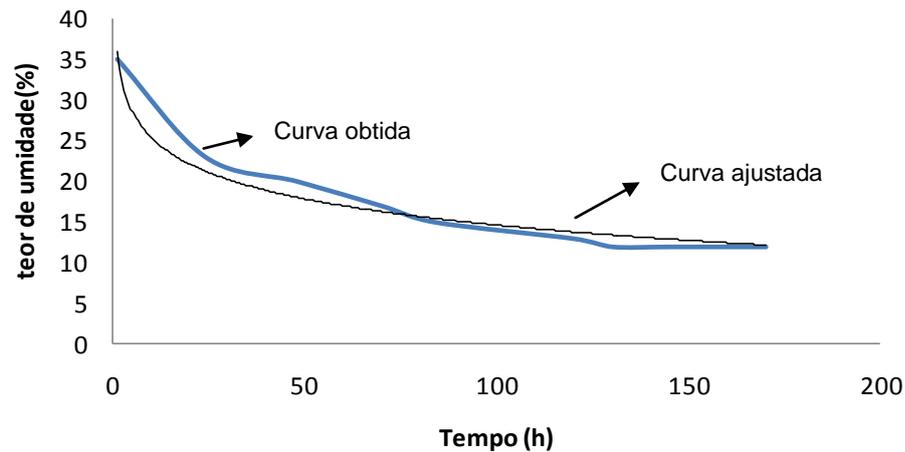


Figura 22 - Curva de decaimento da umidade da madeira da *Hevea brasiliensis*

### 5.5 Teor de amido na madeira

Após as análises, obtiveram-se teores de amido que confirmaram os estudos sobre o comportamento da *Hevea brasiliensis*, em relação à translocação de açúcares e o uso do amido como reserva de energia quando a planta faz o refolhamento, afirmando que a metodologia inovadora adotada para simular esta situação foi correta (Figura 23).

Clone	Época	% de amido da amostra (base seca)
GT1	E1	7,08
GT1	E2	3,25
RRIM 600	E1	7,22
RRIM 600	E2	5,51

Figura 23 - Concentração em % de amido na madeira da *hevea brasiliensis* na base seca.

### 5.6 Qualidade da adesão

Obtiveram-se resultados preliminares com o clone RRIM600 quando submetido ao ensaio de resistência ao cisalhamento da *Hevea brasiliensis*. Na oportunidade, foram feitas comparações da madeira maciça e peças coladas com diferentes adesivos encontrados no mercado para verificar qual seu comportamento comparativo com espécies consagradas, já que a mesma apresenta teor de amido superior às demais espécies para obtenção de madeira.

Após análise dos resultados obtidos dos testes e feitas as comparações propostas, concluiu-se que a madeira de seringueira (*H. brasiliensis*), clone RRIM 600, apresentou excelente desempenho quanto ao cisalhamento da madeira maciça,

sendo superior ao *E. grandis* e ao *P. elliotti*. A espécie exibiu uma ótima qualidade de colagem, já que os três adesivos empregados apresentaram uma eficiência maior que 75%; porcentagem considerada satisfatória na resistência para viga laminada colada.(Figura 24).

Os testes preliminares para este ensaio e os resultados positivos determinam a importância de caracterizar esta espécie, finalidade de nosso estudo, dando ao produtor subsídios técnicos para formação de mercado desta madeira. A adesão entre a madeira e o adesivo depende de vários fatores como, as características inerentes à própria madeira (anatomia, química e física), características do adesivo (químicas e físicas) e do processo adotado durante a colagem propriamente dita (MARRA, 1992).

O teor de amido na madeira da seringueira não foi limitante para a colagem, pois dados preliminares de 7% de teor de amido, obtidos com a mesma amostra de madeira utilizada de seringueira, não afetou seu desempenho de resistência ao cisalhamento no plano de cola.

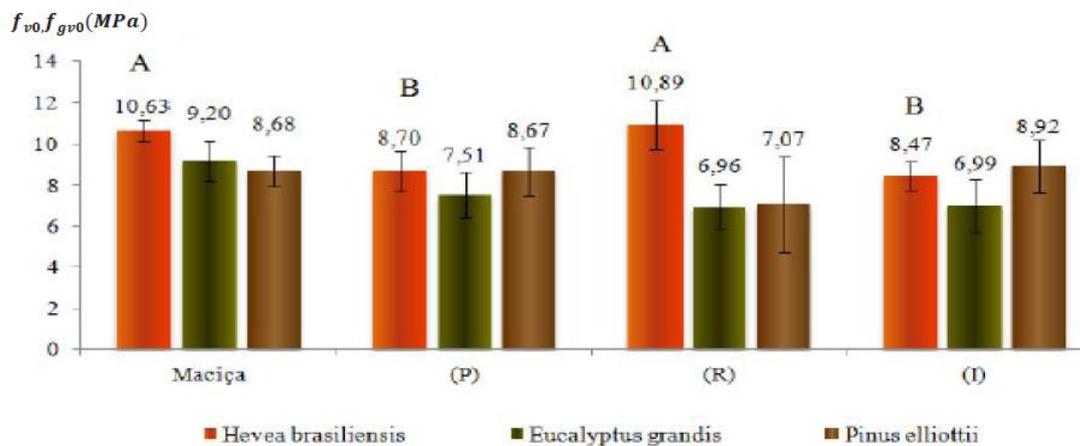


Figura 24 - Resistência média ao cisalhamento no plano de cola ( $f_{gv0}$ ) e em corpos de prova maciços ( $f_{v0}$ ). Os dados de Pinus e eucalipto são ilustrativos.

### 5.7 Resistência à compressão paralela às fibras

Dentre as propriedades mecânicas mensuradas na madeira, a compressão paralela às fibras tem boa correlação com quase todas as demais propriedades mecânicas e é o parâmetro balizador na classificação estrutural desse material. Uma madeira com classe estrutural C40 tem uma resistência característica à compressão paralela às fibras de 40 MPa, valor que pode ser considerado como referência para

os resultados obtidos na pesquisa efetuada. Os ensaios de compressão foram realizados nos corpos de prova de *Hevea brasiliensis* com carga aplicada na direção paralela às fibras (Figura 25a e 25b), com carga centralizada. Na análise de variância apresentada na Tabela 1 verificou-se que houve diferença estatística significativa entre épocas de corte, e não significativas entre clones e classes de diâmetro.

As interações não foram significativas e os coeficientes de variação (C.V.) foram considerados baixos, o que mostra uma interessante uniformidade da madeira de seringueira dentro de uma amostra igualmente uniforme (Tabela 2).

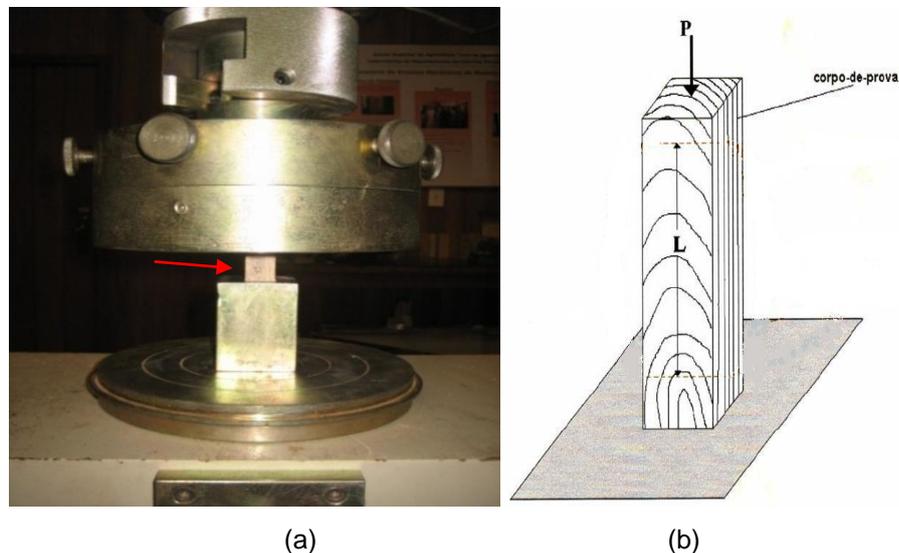


Figura 25 - Ensaio de compressão paralela às fibras (a); detalhe do sentido de aplicação de carga (b) (adaptado de MORESCHI, 2005)

Tabela 1 – Resultado da análise de variância para a resistência à compressão paralela as fibras

Causas de variação	Graus de liberdade	Pror > F	
Época (E)	1	0,0038	sig.
Clone (C)	1	0,9896	n.sig
Época (E) x Clone (C)	1	0,9827	n.sig.
Classe (CL)	2	0,4641	n.sig
Época (E) x Classe (CL)	2	0,692	n.sig
Clone (C) x Classe (CL)	2	0,8192	n.sig
Época (E) x Clone (C) x Classe (CL)	2	0,78	n.sig

Tabela 2 – Coeficientes de variação (C.V.) nas posições ao longo dos raios e na árvore para resistência à compressão paralela às fibras.

Posição em relação ao raios (sentido medula casca)	C.V.(%)
0%	10,12
25%	8,56
50%	9,21
75%	12,83
100%	13,45
média entre posições	7,9

### 5.7.1 Comparação entre as épocas E1 e E2

O valor médio da resistência à compressão paralela às fibras dos clones RRIM600 e GT1 na condição de umidade de 12% foi de 40,08 MPa para a época 1 (E1) e 42,39 MPa para a época 2 (E2), com média de 41,24 MPa para a espécie. Estes valores estão condizentes com os encontrados por Santana et al. (2001) para outros quatro clones da mesma espécie nos quais a resistência variou de 41,7 a 43,3 MPa apresentando um coeficiente de variação 8,61%.

Silva (2010) obteve resistência à compressão paralela às fibras média de 41,87 MPa, com coeficiente de variação de 13%, na mesma condição de umidade do ensaio. O valor médio encontrado para a resistência à compressão paralela às fibras da madeira usando-se o estimador da NBR 7190/97 permite enquadrar a madeira da *Hevea brasiliensis* na classe de resistência C40, dentre as classes de resistência definidas pela norma para as dicotiledôneas

A hipótese inicial do trabalho de que a diferença na concentração de amido nas duas épocas definidas como E1 (maior concentração de amido) e E2 (menor concentração de amido) não influenciariam nas propriedades mecânicas da madeira foi rejeitada em face dos resultados obtidos nos ensaios e analisados estatisticamente. Verificou-se que os valores de resistência à compressão de uma época para outra diferem estatisticamente.

Dentro de cada uma das posições ensaiadas, no sentido medula casca (0%, 25%, 50%, 75%, e 100%) também houve diferenças significativas entre as duas épocas E1 e E2 (Figura 26). Na comparação das posições, observaram-se menores resultados nas médias das posições 75% e 100%, deixando claro que não foi feita análise estatística comparativa entre as posições por se tratar de amostras não independentes. Verificou-se que a variação radial das propriedades analisadas foi

muito pouco estudada e não foi possível encontrar trabalhos na literatura que permitissem fazer comparações específicas para a *Hevea brasiliensis*.

Na seringueira não há diferenciação entre cerne e alburno (PUSHPADAS et al., 1980). Em geral a resistência da madeira aumenta da medula para a casca com diferenças significativas entre posições, principalmente entre a região da medula e a região periférica.

Os resultados demonstraram que as maiores médias obtidas para a propriedade da compressão paralela às fibras se encontraram na época E2 (menor teor de amido na madeira) para todas as posições ao longo do raio fato esse que se apresentou como positivo para o manejo de corte, por minimizar problemas com preservação contra o ataque de insetos e fungos no armazenamento (Figura 26).

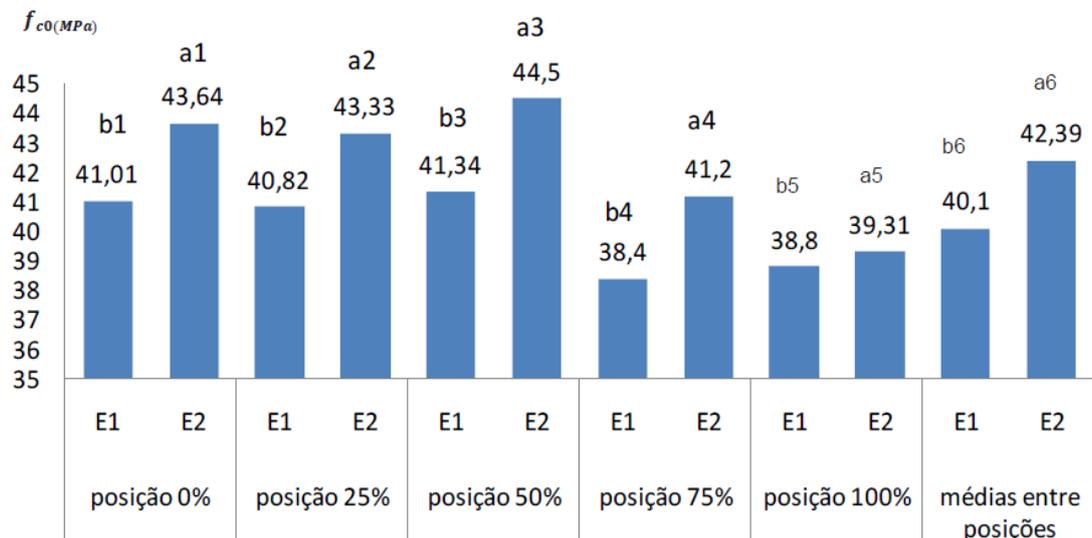


Figura 26 - Resistências à compressão paralela às fibras ( $f_{c0}$ ) da madeira da *Hevea brasiliensis* nas épocas E1 e E2

### 5.7.2 Comparação entre clones GT1 E RRIM 600

Na análise de variância (Tabela 1), verificou-se que os valores de compressão não apresentaram diferenças estatísticas significativas. Dentro de cada uma das posições ensaiadas no sentido medula casca (0%, 25%, 50% e 100%) também não houve diferenças significativas entre os dois clones.

Não foram encontradas diferenças significativas entre os clones GT1 e RRIM 600 dentro de época, ou seja, os clones apresentaram a mesma resistência em qualquer das épocas avaliadas.

Os teores de amido encontrados na época E1 para os clones GT1 E RRIM 600 foram de 7,08% e 7,22%. Esses valores foram praticamente iguais, mas

verificou-se um consumo desta reserva durante a brotação e refoamento de 54% do teor de amido para o clone GT1 e de 29% para o clone RRIM 600.

Os menores valores para o clone RRIM 600 em relação ao GT1 podem estar relacionados com uma maior produção de látex e maior eficiência no consumo de reservas e menor resistência à quebra por vento.

Na brotação há uma translocação de auxinas para a região apical, o que pode sinalizar que na base houve menor concentração destas auxinas e já é sabido que elas são responsáveis por uma diminuição da dureza da lignina para que haja distensão e alongamento da parede celular. Portanto poderia ser a responsável por melhor resultado na madeira da base na época E2. Essas observações discutidas aqui são pontos a serem estudados em futuros trabalhos.

Pimentel et al., 2008 afirmou em seu estudo que na seringueira houve um perfil de variação da resistência no sentido medula-casca muito mais interessante do que o de muitas espécies nas quais ocorre aumento da resistência à compressão ao longo do raio no sentido medula-casca, muito provavelmente pela maior proporção da madeira juvenil em relação à madeira adulta.

O comportamento observado na seringueira nos estimula à realização de estudos subsequentes para verificar a partir de qual região, entre as posições estudadas ao longo do raio, a madeira começa a se estabilizar.

Os resultados obtidos para os clones RRIM600 e GT1 deixaram o produtor com liberdade de escolha de qual clone plantar, tomando decisões relacionadas à produção de látex e aos fatores produtivos relacionados com manejo para a qualidade mecânica da madeira.

Os valores de resistência à compressão paralela às fibras encontrados com médias de 41,23 MPa para o clone GT1 e de 41,24 MPa para o clone RRIM600 quando comparados a valores de outras espécies encontrados na literatura permitem colocar a madeira da seringueira no grupo das espécies de qualidade mecânica, podendo ser comparável a muitas madeiras tradicionalmente utilizadas. Lionello (2012) obteve a média de 49,83 MPa para a resistência à compressão que foi ainda melhor do que a média encontrada no presente trabalho (Figura 27).

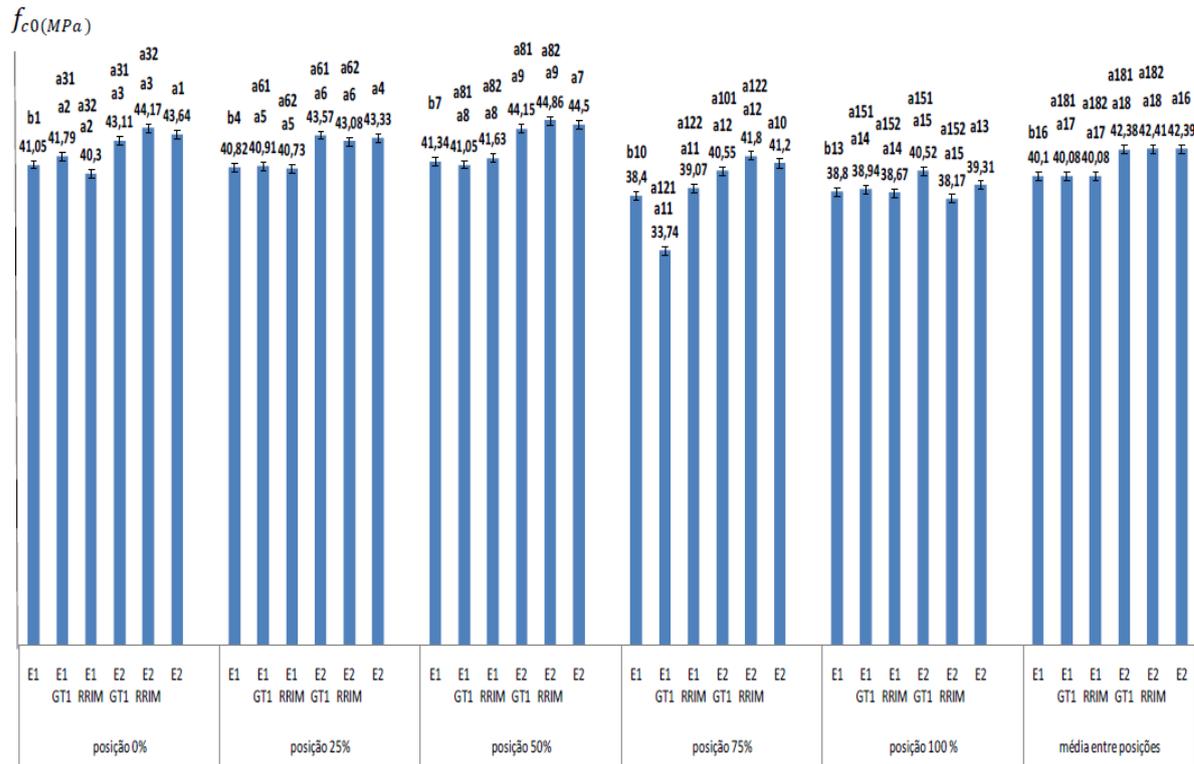


Figura 27 - Resistências à compressão paralela às fibras da madeira da *Hevea brasiliensis* entre clones GT1 e RRIM 600 e épocas E1 e E2 dentro de cada posição do raio

### 5.7.3 Comparação entre classes de perímetro A, B e C

Os valores encontrados para a resistência à compressão paralela às fibras de 40,82 MPa para a classe A, 41,01 MPa para Classe B e 40,99 MPa para a classe C, não diferiram estatisticamente entre si e com coeficiente de variação de 7,9%.

Os resultados não apresentaram diferenças significativas diferenciando de resultados obtidos por Leonello et al. (2012) que afirma haver um “tendência” de aumento no valor dessas propriedades no sentido medula-casca para o clone GT1. A posição 100% apresentou menores valores para essa propriedade, em todas as classes (Figura 28).

Dentro de cada uma das posições no sentido medula-casca (0%, 25%, 50%, 75% e 100%), não houve diferenças significativas entre as classes.

Lima e Garcia (2010) afirmaram que as resistências à compressão da madeira de *Eucalyptus grandis* de classes superiores de diâmetros apresentam-se maiores do que as de classes inferiores e concluíram também que a resistência à compressão aumentava no sentido da medula para a casca.

Estudando fatores que levariam às diferenças de resistência à compressão nas diferentes classes de diâmetro, referenciaram-se alguns autores que tal como

Harris (1981), que afirmou que tanto em coníferas quanto em folhosas o crescimento mais rápido da população, devido às alterações nas condições de crescimento, pode ocasionar a diminuição do comprimento da fibra, da densidade aparente da madeira e da resistência, além de aumentar as resistências mecânicas na direção medula-casca e que de modo geral, pode-se melhorar, modificar, controlar e minimizar os fatores que afetam a quantidade e qualidade da madeira, por meio de tratamentos silviculturais. Para Malan (1995), a prática de desbastes causa efeito no desenvolvimento da copa e na taxa de crescimento das árvores, podendo causar alteração significativa na formação da madeira, resultando em aumento da área de madeira juvenil, produzindo madeira de baixa densidade e fibras curtas, além de alta retração longitudinal sob secagem e de alto teor relativo de lignina.

Os levantamentos obtidos no inventário e o corte das árvores no campo, possibilitarão novos estudos da influência dos tratamentos culturais e manejo do seringal para produção e qualificação da madeira das árvores remanescentes após o corte e desbaste. Estudos de densidade, tamanho e porcentagens de fibras nas diferentes posições do raio mostram-se necessários como auxiliar no entendimento da tendência de a madeira da *Hevea* não seguir o comportamento de outras espécies já estudadas.

Como não houve significâncias das interações época (E) x classe (CL), clone (C) x classe (CL) e época (E) x clone (C) x classe (CL), o comportamento relativo dos clones é mesmo dentro de época e dentro de classe (Figura 28).

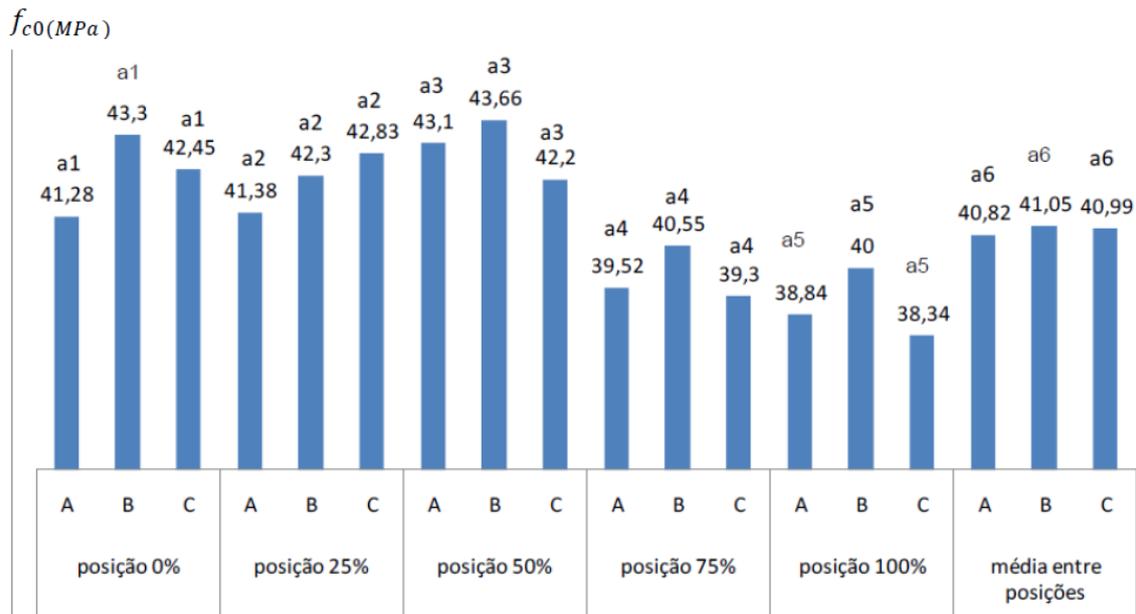


Figura 28 - Resistências a compressão paralela às fibras da *Hevea brasiliensis* entre classes de perímetro do tronco A, B, e C dentro de cada posição do raio

### 5.8 Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras

Na análise de variância apresentada na Tabela 3 verificou-se que os valores de resistências ao cisalhamento ( $f_{v0}$ ) diferiram estatisticamente nas épocas de corte E1 e E2 e entre clones, mas não nas classes A, B e C de perímetro do tronco. As interações também não diferiram estatisticamente.

Os coeficientes de variação dentro das posições ao longo do raio (sentido medula casca) e na espécie têm valores de baixos a médios (Tabela 4), demonstrando uniformidade das amostras. Os ensaios de cisalhamento foram realizados nos corpos de prova de *Hevea brasiliensis* com carga aplicada na direção paralela às fibras (Figura 26).



(a)

(b)

Figura 26 - Visão anterior e posterior do corpo de prova acondicionado em aparato para ensaio de resistência ao cisalhamento paralelo às fibras ( $f_{v0}$ ) (a) e (b)

Tabela 3 – Resultado da análise de variância para as médias da resistência ao cisalhamento ( $f_{v0}$ )

Causas de variação	Graus de liberdade	Pror > F	
Época (E)	1	0,0001	sig.
Clone (C)	1	0,0037	sig
Época (E) x Clone (C)	1	0,6145	n.sig.
Classe (CL)	2	0,7484	n.sig
Época (E) x Classe (CL)	2	0,1496	n.sig
Clone (C) x Classe (CL)	2	0,339	n.sig
Época (E) x Clone (C) x Classe (CL)	2	0,5402	n.sig

Tabela 4 – Coeficientes de variação (C.V.) nas posições ao longo dos raios e na árvore para resistência ao cisalhamento paralelo às fibras .

Posição em relação aos raios (sentido medula casca) (%)	C.V.(%)
0	12,58
25	12,04
50	15,69
75	16,02
100	19,40
Média entre posições	9,47

### 5.8.1 Comparação entre as épocas E1 e E2

Os valores de compressão obtidos nas épocas E1 e E2 diferiram estatisticamente (Tabela 3), com valores de 11,51 MPa para E1 e 13,49 MPa para E2, com C.V de 9,47% (Tabela 4). Menores valores foram verificados nas posições 75% e 100%. Em cada posição ao longo dos raios (sentido medula casca) os valores de resistência ao cisalhamento obtidos na época E2 tiveram os melhores resultados. (Figura 29).

Como nas outras propriedades, a diferença na concentração de amido nas duas épocas definidas como E1 e E2 influenciaram nos valores obtidos na resistência ao cisalhamento. Não foram feitas as análises estatísticas entre as posições por se tratarem de amostras dependentes. Há poucos trabalhos na literatura para comparações específicas na *Hevea brasiliensis* para essa propriedade. Novamente os resultados obtidos contrariaram os encontrados na literatura para outras espécies, onde há uma tendência de maior resistência das propriedades mecânicas crescente no sentido medula casca. Leonello et al. (2012) que afirma em seu trabalho que para o clone GT1, houve apenas tendência de aumento no valor de suas propriedade mecânicas ao longo do raio. (Figura 29).

Os resultados direcionam o corte para a obtenção de madeira de melhor qualidade mecânica na época E2, com menor teor de amido.

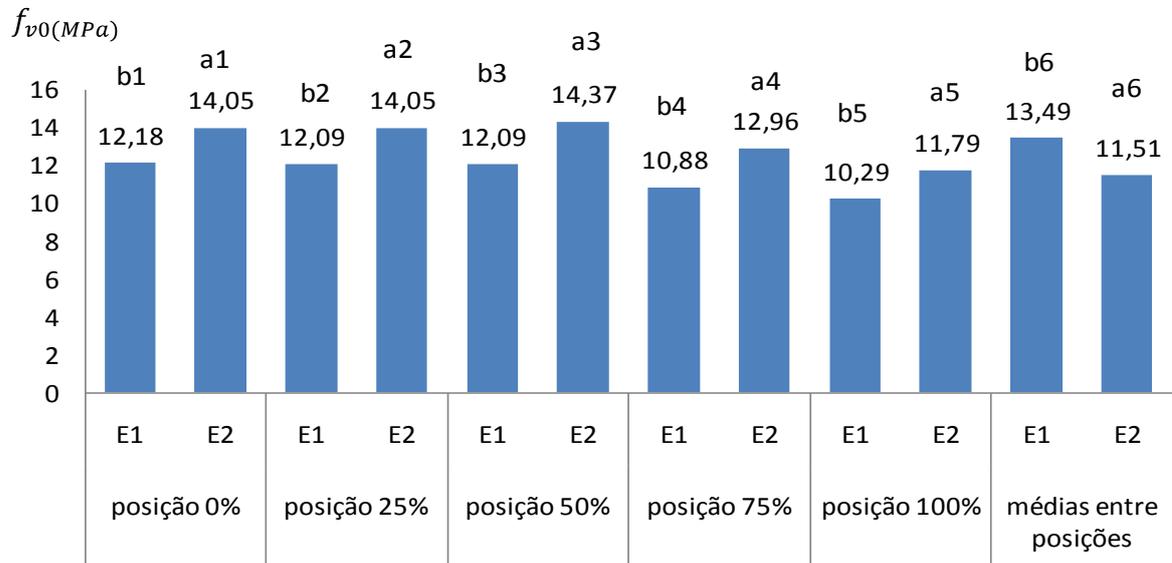


Figura 29 - Resistência ao cisalhamento ( $f_{v0}$ ) da madeira da *Hevea brasiliensis* nas épocas E1 e E2

### 5.8.2 Comparação entre os clones GT1 e RRIM600

Na análise de variância apresentada na Tabela 3, os valores de resistência ao cisalhamento diferiram estatisticamente entre os clones GT1 e RRIM600. A Figura 30 mostra também que os menores valores foram encontrados nas posições de 75% e 100% ao longo do raio (Figura 30).

Os valores encontrados nas posições 0%, 50% e 100% não diferiram estatisticamente, mas nas posições 25% e 75% houve diferenciação entre os valores obtidos.

Os valores de resistência ao cisalhamento paralelo às fibras encontrados foram de 12,05 MPa para o clone GT1 e 12,9 MPa para o clone RRIM600. A madeira da seringueira pode ser classificada como de boa qualidade, quando comparada às tradicionais e conceituadas madeiras de uso comum na construção civil como o *Eucalyptus paniculata*, com valores médios de 12,4 MPa, *Dipteryx odorata* (cumaru) com 10,70 MPa, *Hymenaea spp* (Jatobá) com 15,70 MPa, *Diplotripsi ssp* (sucupira) com 11,80 MPa entre outros. (CALIL JUNIOR et al., 2000).

Esta propriedade mecânica não é fator limitante ao uso e comercialização desta madeira pelos valores obtidos para esta propriedade mecânica.

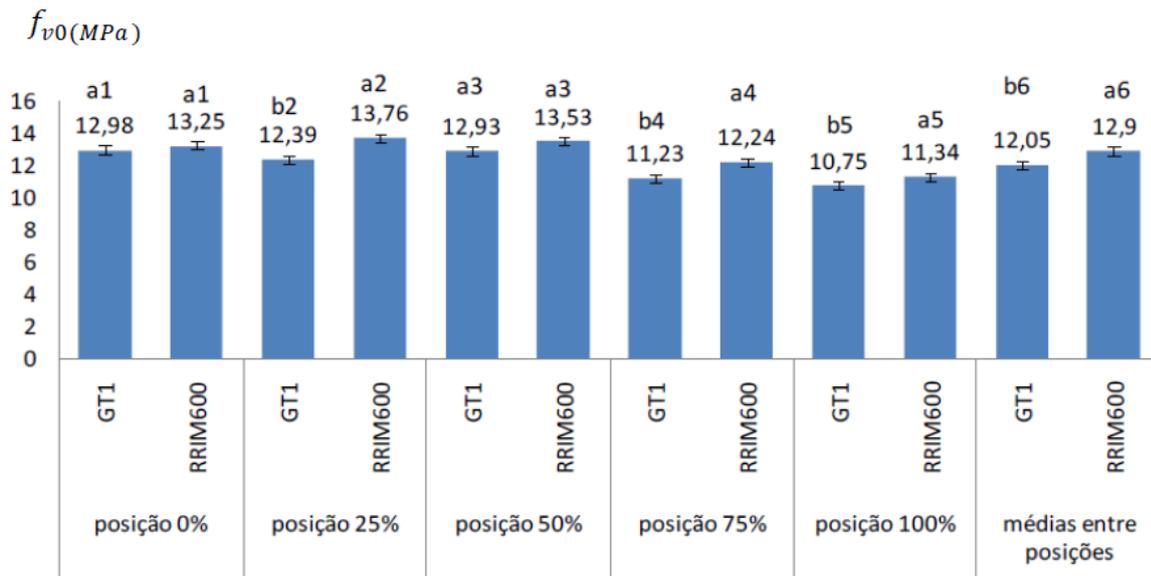


Figura 30 - Médias das resistências ao cisalhamento ( $f_{v0}$ ) da madeira da *Hevea brasiliensis* entre os clones GT1 E RRIM 600

### 5.8.3 Comparação entre as classes A, B e C

Na análise de variância apresentada na Tabela 3, os valores de resistência ao cisalhamento não diferiram estatisticamente entre as classes A, B e C. Dentro de cada uma das posições ensaiadas no sentido medula-casca (0%, 25%, 50% e 100%) também não houve diferenças significativas entre as três classes.

Observou-se novamente que os menores valores foram encontrados nas posições 75% e 100% do raio (Figura 31). Não foram feitas comparações estatísticas entre as posições ao longo do raio por se tratarem de amostras dependentes.

Em todas as classes de perímetro não se verificaram defeitos nem tensões de crescimento, e todas as árvores das três classes passaram pelos mesmos tratamentos culturais, fator importante a ser mencionado, pois as diferentes classes de perímetro ocorreram por variabilidade de características de crescimento dentro dos clones, claramente observado no campo e comprovado no inventário.

Gonçalves et al. (2004) realizaram uma vasta revisão bibliográfica sobre os efeitos de tratamentos silviculturais (fertilização, espaçamento, controle de ervas daninhas e desbastes) na produtividade e na qualidade da madeira em plantações de eucalipto e afirmam que não há uma regra específica quanto aos diferentes tratamentos silviculturais que afetam a densidade da madeira, mas que fatores

ambientais, como disponibilidade de luz, pluviosidade e temperatura, causam efeitos mais significativos na formação da madeira.

Latorraca e Albuquerque (2000) citaram que o espaçamento influencia na massa específica durante o desenvolvimento inicial do povoamento, onde espaçamentos maiores antes do fechamento da copa podem proporcionar um aumento da massa específica.

Berger et al. (2002), em trabalho realizado com *E. saligna*, mencionaram que o incremento em volume de madeira está associado a uma maior área livre por árvore no campo, onde o aproveitamento fotossintético é mais eficiente.

Lima (2005) estudou o comportamento de *E. grandis* de 21 anos de idade com fertilização e desbastes em diferentes idades, afirma que o rendimento em madeira serrada não foi afetado pelas práticas silviculturais, no entanto as características de densidade e qualidade da madeira em geral sim. Afirma, ainda, que desbastes crescentes tendem a produzir madeira com características mais homogêneas.

Os tratos culturais na área de obtenção das árvores foram sempre realizados para a produção de látex, não sendo realizados desbastes e outros manejos que pudessem levar a uma diferenciação de classes de diâmetro. É importante lembrar que todas as árvores, em todas as classes de diâmetro foram sangradas durante o período de instalação do experimento.

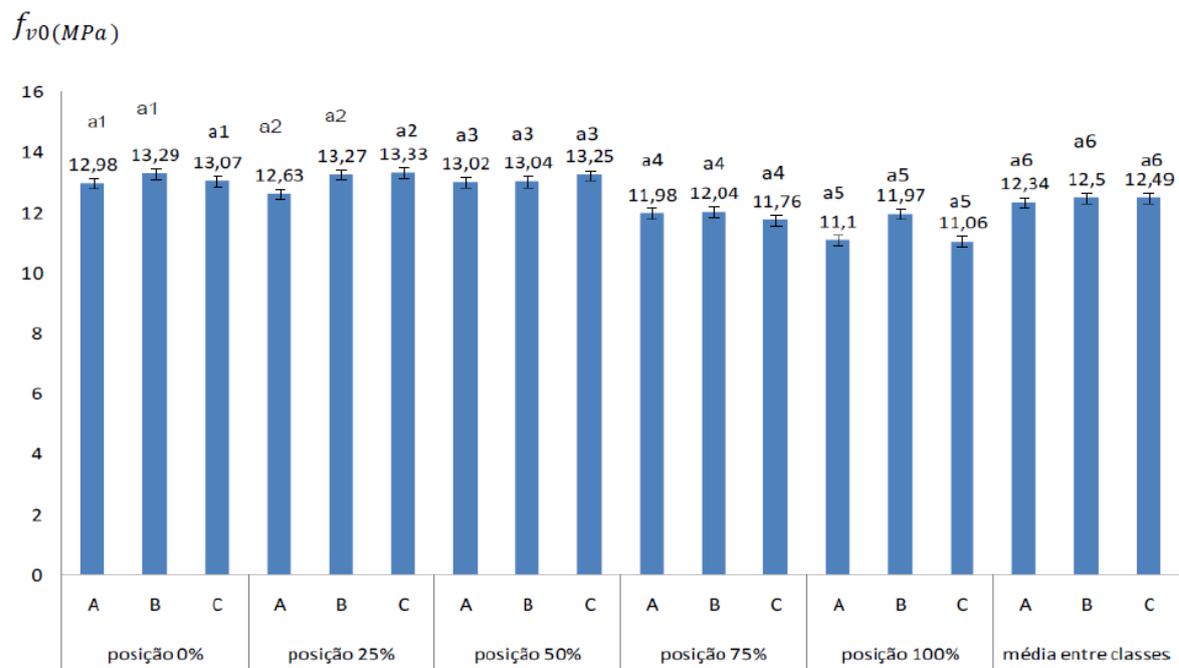


Figura 31 - Médias das resistências ao cisalhamento da madeira da *Hevea brasiliensis* entre as classes A, B e C

### 5.9 Módulo de ruptura (MOR) para flexão estática

Na análise de variância apresentada na Tabela 5 verificou-se que os valores de módulo de ruptura (MOR) diferem estatisticamente para época de corte, mas não diferem para os clones e classes de perímetro.

Na Tabela 7 verificou-se que os valores de MOR para o clone GT1 e RRIM 600 foram de 76,41 MPa e 73,77 MPa respectivamente, com CV de 12,26%, indicando homogeneidade entre as amostras; esses valores foram menores que os encontrados para o MOR de 112 MPa no *Pinus elliottii*, e maiores que os apresentados para o *Eucaliptus grandis* com valor de 52 MPa (OLIVEIRA, 1997).

Os módulos de ruptura (MOR) e os módulos de elasticidade (MOE) determinados em ensaios de flexão estática (Figura 32a e 32b) objetivam determinar a resistência e a rigidez da madeira à flexão, e são de grande importância na caracterização tecnológica.

Avaliar a resistência da madeira é requisito básico para sua utilização, atendendo as exigências do esforço estrutural (SILVA et al., 2005). Segundo Silva (2010) dentro dos diversos parâmetros mecânicos, a determinação da resistência aos esforços de flexão estática (MOR e MOE) são os mais importantes para o uso estrutural da madeira.

Segundo Oliveira (1997) a avaliação radial das propriedades da madeira de espécies de eucalipto, mostra valores menores próximos à medula, pela formação de madeira juvenil na região central das amostras, aumentando em direção a casca, com ligeira queda na região do alburno. Pearson e Gilmore (1980) citado por (SANTINI, 2000), demonstraram que o MOR em madeiras juvenil e adulta de árvores de quinze anos correspondeu, em média, a 48 e 76%, respectivamente, ao do lenho adulto de árvores com 41 anos de idade. De acordo com Larson et al. (2001) citado por Ballarini (2003), os módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR) da madeira são altamente correlacionados com a densidade, portanto são influenciados pela qualidade da madeira juvenil. Para a *Hevea brasiliensis* a classificação da localização da madeira juvenil não foram encontrados trabalhos conclusivos

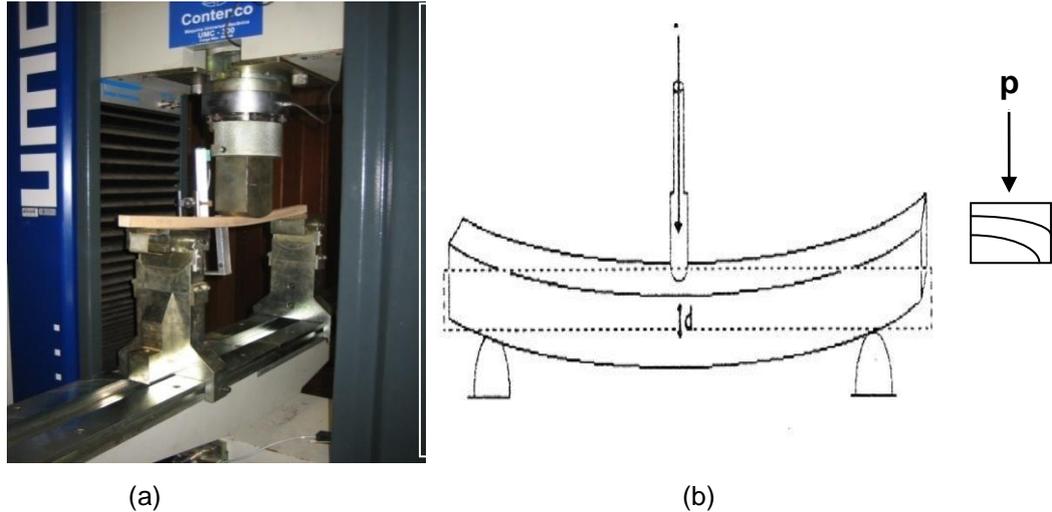


Figura 32 - (a) Ensaio de flexão estática perpendicular às fibras para obtenção de MOE e MOR da *Hevea brasiliensis*. (b) Esquema demonstrativo da aplicação de carga P no sentido perpendicular às fibras

Tabela 5 – Resultado da análise de variância para a resistência da madeira à flexão- MOR ( $F_M$ )

Causas de variação	Graus de liberdade	Pror > F	
Época (E)	1	0,0001	sig.
Clone (C)	1	0,2276	n.sig.
Época (E) x Clone (C)	1	0,1519	n.sig.
Classe (CL)	2	0,3923	n.sig.
Época (E) x Classe (CL)	2	0,0658	n.sig.
Clone (C) x Classe (CL)	2	0,3547	n.sig.
Época (E) x Clone (C) x Classe (CL)	2	0,5976	n.sig.

Tabela 6 – Coeficientes de variação (C.V.) nas posições ao longo dos raios e na árvore para resistência da madeira à flexão-MOR

Posição em relação ao raios (sentido medula casca)	C.V.(%)
0%	22,89
25%	18,7
50%	16,04
75%	14,37
100%	18,6
média entre posições	12,26

Tabela 7 – Comparação entre valores de MOR para espécies consagradas no mercado de madeira, e os valores encontrados para a *Hevea brasiliensis* em nosso ensaio (\*\*). Valores da madeira verde (\*) e valores da madeira seca (\*\*).

Espécie	MOR (MPa)
E. citriodora	96*
E.treticorus	76*
E. paniculata	95*
E. pilulares	67*
E. cloeziana	90*
E. urophila	60*
E. grandis	52*
P.elliottii	112**
P. taeda	50**
GT1	76,42***
RRIM 600	73,77***

Fonte: Oliveira (1997)

### 5.9.1 Comparação entre épocas E1 e E2

Na análise de variância (Tabela 5) verificou-se que os valores de módulo de ruptura (MOR) perpendicular às fibras apresentaram diferenças estatísticas significativas entre épocas E1 e E2. c

Dentro de cada uma das posições ensaiadas no sentido medula-casca houve diferenças significativas para quatro das cinco posições (25%, 50%, 75% e 100%), com exceção da posição 0%, onde não diferiram estatisticamente. Os menores valores se foram encontrados posição 0% (Figura 33), com C.V. de variação de 12,26%(Tabela 6).

Os valores de MOR na época E2 apresentaram melhores resultados, sendo isto positivo e bem vindo quando se pensa no aproveitamento da madeira, na economia do tratamento pós-corte e armazenamento (Figura 33).

A extração de látex foi contínua nas duas épocas estudadas, portanto este fator não interferiu com a diferenciação significativa dos resultados.

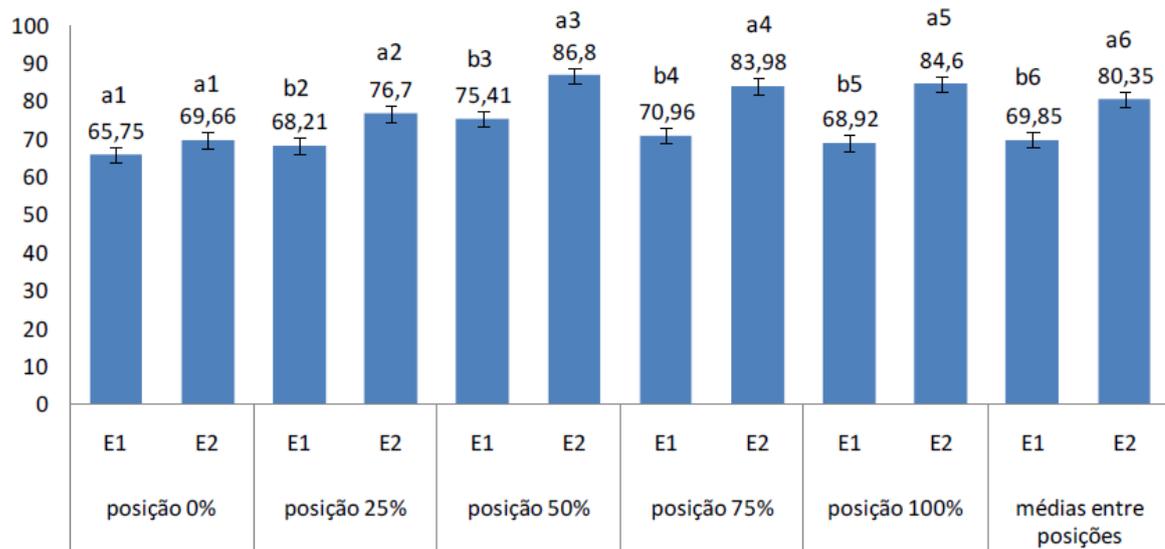
$f_M(\text{MPa})$ 


Figura 33 - Médias dos módulos de ruptura (MOR) da madeira da *Hevea brasiliensis* entre as épocas E1 e E2.

### 5.9.2 Comparação entre clones GT1 e RRIM600

Na análise de variância (Tabela 5) verificou-se que os valores de módulo de ruptura (MOR) perpendicular às fibras não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os clones GT1 e RRIM 600.

No sentido medula-casca também não diferiram estatisticamente nas posições de 25%, 50%, 75% e 100% ao longo do raio, mas diferiram na posição 0% (Figura 34).

Leonello et al. (2012) concluiu em trabalho realizado com seringueira, que não há grande influência da juvenildade nas propriedades mecânicas para o clone GT1, com valores médios entre as três posições ao longo do raios de 83,69 MPa. Esses valores são maiores do que os encontrados no presente trabalho. Santana et al. (2001) encontrou valores de resistência à flexão para clones de *Hevea brasiliensis* de 81,5 a 96,9 MPa. Já Lee et al. (1979 apud LIM et al., 2003) reportaram, para a mesma propriedade, o valor médio de 66,0 MPa.

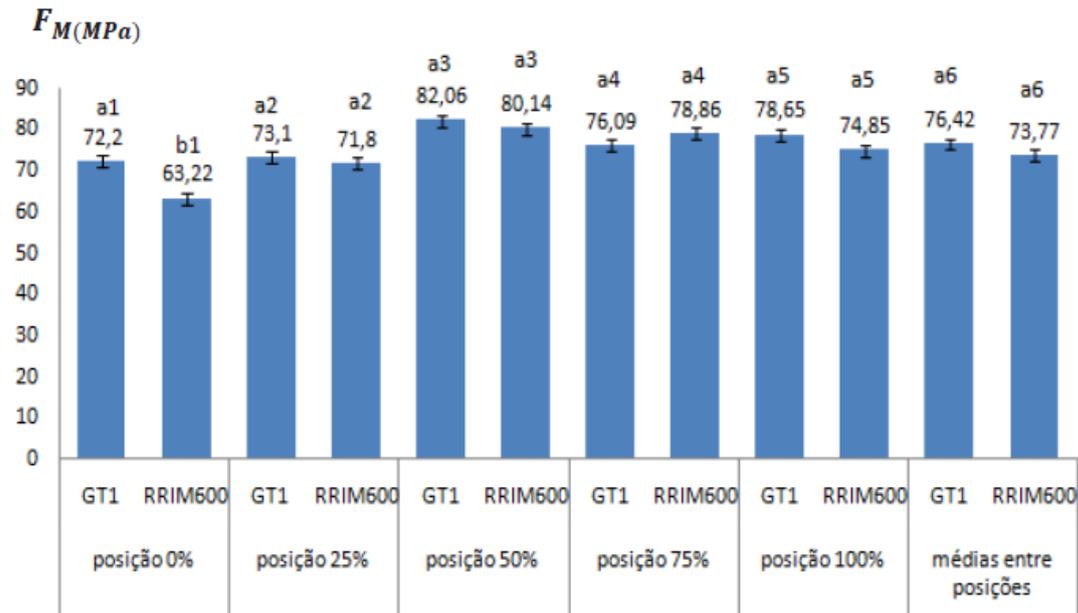


Figura 34 - Médias dos módulos de ruptura (MOR) da madeira da *Hevea brasiliensis* entre os clones GT1 e RRIM 600

### 5.9.3 Comparação entre classes A, B e C

Na análise de variância (Tabela 5) verificou-se que os valores de módulo de ruptura (MOR) perpendicular às fibras não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as classes de perímetro A, B e C (Tabela 5).

Nas posições ensaiadas no sentido medula-casca os valores não diferiram estatisticamente nas posições (0%, 25%, 50%, 75% e 100%). Dentro de cada posição ao longo do raio (sentido medula casca), os menores valores encontrados foram na posição 0%. Não foram feitas análises entre as posições ao longo do raio por se tratar de amostras dependentes (Figura 35).

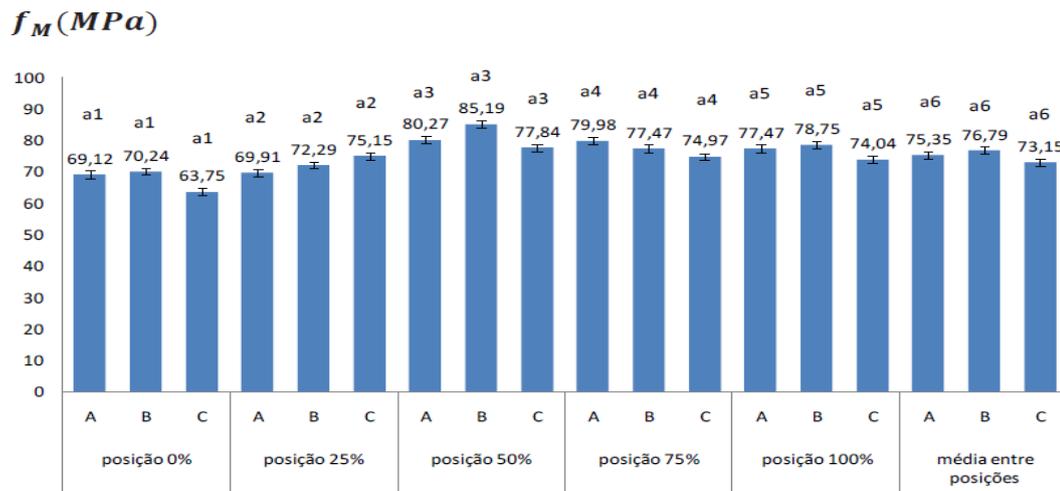


Figura 35 - Médias dos módulos de ruptura (MOR) da *Hevea brasiliensis* entre classes A, B e C

### 5.10 Módulo de elasticidade (MOE) para a flexão estática

Na análise de variância apresentada na Tabela 8 verificou-se que os valores de módulo de elasticidade (MOE) diferem estatisticamente para época de corte e clone, mas não diferem para as classes de perímetro

Verificaram-se que as médias de MOE para os clones GT1 e RRIM 600 foram de 9762,1 MPa e 8590,6 MPa respectivamente, com CV de 11,05% (Tabela 9), valor considerado baixo, o que indica homogeneidade nas amostras.

Os valores de MOE do presente trabalho foram semelhantes aos apresentados por Leonello et al.(2012) para módulo de elasticidade para a flexão estática com valores de 9.877 a 10.107 MPa para o clone GT1 e coeficientes de variação de 9,12 e 16,22%. Lee et al. (1979 apud LIM et al., 2003) encontrou valor de 9.240 MPa para MOE.

Quanto à variação radial na propriedade analisada, não há trabalhos na literatura que permitam fazer avaliações específicas para esta espécie; no geral, a tendência da densidade aparente e das propriedades mecânicas da madeira é apresentar aumento no sentido medula-casca (PANSHIN; ZEEUW, 1980; TOMAZELLO FILHO, 1985, 1987; BODIG; JAYNE, 1993). Oliveira (1997) traz comparação entre valores de MOE para espécies consagradas no mercado madeireiro comparados com os valores obtidos para as amostras deste trabalho (Tabela 10).

Tabela 8 – Resultado da análise de variância para a resistência da madeira à flexão- MOE ( $E_f$ )

Causas de variação	Graus de liberdade	Pror > F	
Época (E)	1	0,0006	sig.
Clone (C)	1	0,0001	sig.
Época (E) x Clone (C)	1	0,0455	n.sig.
Classe (CL)	2	0,0461	n.sig.
Época (E) x Classe (CL)	2	0,1094	n.sig.
Clone (C) x Classe (CL)	2	0,9823	n.sig.
Época (E) x Clone (C) x Classe (CL)	2	0,2056	n.sig.

Tabela 9 - Coeficientes de variação (C.V.) nas posições ao longo dos raios e na árvore para MOE

Posição em relação ao raios (sentido medula casca)	C.V.(%)
0%	13,68
25%	13,03
50%	12,92
75%	17,08
100%	16,94
média entre posições	11,05

Tabela 10 – Comparação entre valores de MOE para espécies consagradas no mercado madeireiro (OLIVEIRA 1997) e os valores encontrados para a *Hevea brasiliensis* em nosso ensaio

Espécie	MOE (MPa)
E. citriodora	12511
E.treticorus	11104
E. paniculata	12485
E. pilulares	9968
E. cloeziana	12017
E. urophila	9398
E. grandis	8584
P.elliottii	13700
P. taeda	9700
GT1	9762*
RRIM 600	8590*

Fonte: Oliveira (1997)

### 5.10.1 Comparação entre épocas E1 e E2

Na análise de variância apresentada na Tabela 8 verificou-se que os valores de módulo de ruptura (MOE) diferiram estatisticamente entre as épocas E1 e E2

Nas posições ao longo do raio (sentido medula casca) encontraram-se valores que diferiram estatisticamente em quatro das cinco posições estudadas ao longo do raio, com exceção da posição mais perto da medula (0%), com C.V. de 13,68%, valor considerado baixo (Tabela 9), mostrando homogeneidade entre as

amostras. Valores encontrados ao longo de todas as posições ao longo do raio foram maiores na época E2 de menor teor de amido.

Esses maiores valores de MOE para a época E2 qualificaram as amostras dessa época como as de melhores aptidões para resistir à deformação de determinada carga, classificando-as como sendo da classe C20 para todas as posições ao longo do raio pela tabela de classes de resistência da ABNT para dicotiledôneas.

Quando analisamos os resultados dos valores obtidos na época E1, verificou-se uma tendência de aumento dos valores do MOE no sentido medula casca até a posição 75%, com diminuição na posição 100%; esse comportamento foi diferente quando analisada a época E2, onde a tendência de aumento se deu até a posição 50%, diminuindo na posição 75% e voltando a crescer na posição 100%. Essa propriedade confirma estudos de aumento dos valores das propriedades mecânicas no sentido medula casca, com piores resultados perto da medula (Figura 35).

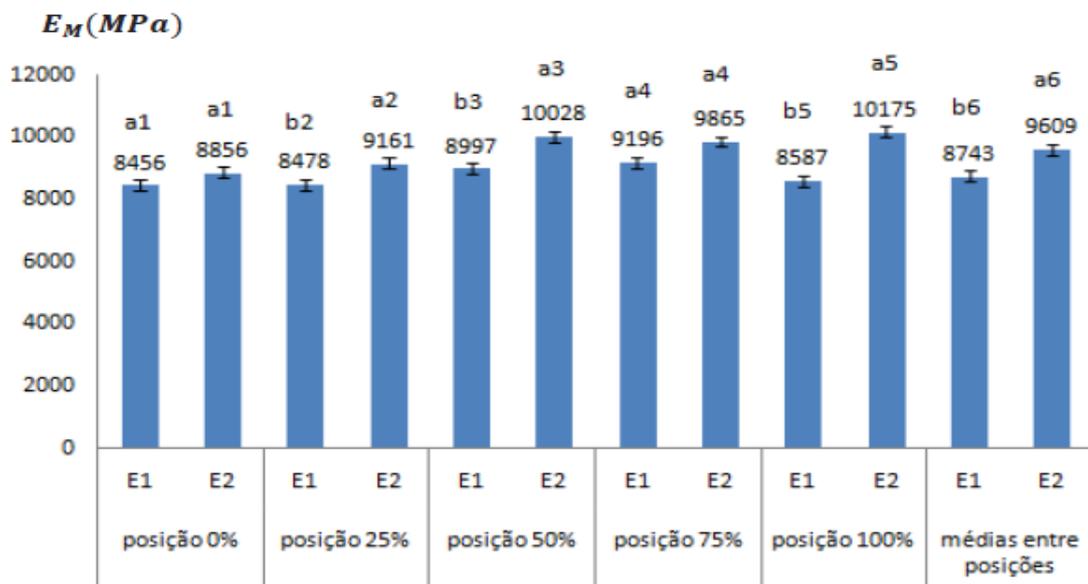


Figura 35 - Médias dos módulos elasticidade ( $E_M$ ) da *Hevea brasiliensis* entre épocas E1 e E2

### 5.10.2 Comparação entre clones GT1 e RRIM 600

Os valores encontrados na análise de variância apresentados na Tabela 8 mostraram que houve diferenças significativas entre os clones GT1 e RRIM 600 para o MOE.

Os valores encontrados diferiram significativamente entre os clones GT1 e RRIM 600 ao nível de 5% de probabilidade nas posições 0%, 25%, 50%, 75% e 100% do raio (Figura 36). Em todas as posições os melhores valores encontrados foram para o clone GT1.

Os valores encontrados nos clones GT1 e RRIM 600 os classificaram como pertencentes à classe C20 dentro da classe de resistência da ABNT para dicotiledôneas.

Para o clone GT1 há uma tendência de aumento dos valores do módulo de elasticidade nas posições 0% a 50%, diminuindo na posição 75%, voltando a subir na posição 100%. Para o clone RRIM 600 a tendência de aumento vai da posição 0% até a posição 75%, diminuindo na posição 100%.

Os valores de módulo de elasticidade ( $E_M$ ) de 9762,1 MPa e 8590,6 MPa para os clones GT1 e RRIM 600 respectivamente foram maiores que os valores encontrados no *E. grandis* e menores que os valores encontrados no *P. elliptii* e *P. taeda* (OLIVEIRA, 1997), e menores aos encontrados para o clone GT1 de 9.877 a 10.107 MPa (LEONELLO *et al.*, 2012).

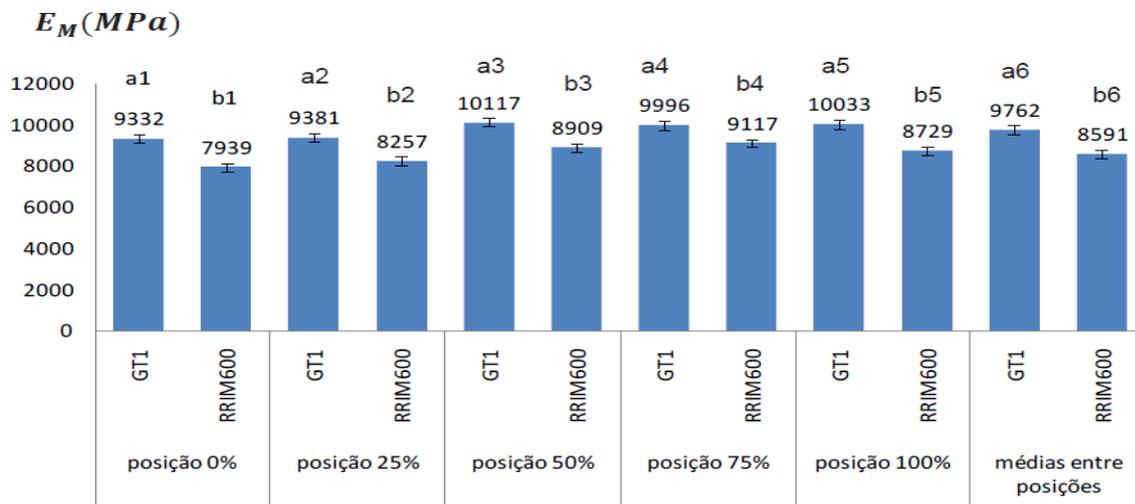


Figura 36 - Médias dos módulos elasticidade ( $E_M$ ) da *Hevea brasiliensis* entre clones GT1 e RRIM 600

### 5.10.3 Comparação entre classes A, B e C

Os valores encontrados na análise de variância apresentada na Tabela 8 mostraram que não houve diferenças significativas entre as classes A, B e C

Os maiores valores do MOE foram encontrados na classe B, em todas as posições ao longo do raio.

Na posição 0% não houve diferenças significativas entre os valores encontrados nas três classes. Já para a posição 25% os valores encontrados diferiram significativamente apenas entre a classe A e B, mas não entre as classes A e B, nem entre as classes B e C.

Na posição 50% não houve diferenças significativas entre os valores encontrados nas três classes A, B e C. Na posição à 75%, as diferenças estatísticas ocorreram nos valores encontrados entre as classes B e C, mas não entre A e B e A e C. Na posição 100%, obtiveram-se valores de MOE que diferiram estatisticamente entre as classes A e B e B e C, mas não entre A e C.

Com exceção da posição 0%, onde os maiores valores encontrados de MOE foram nas classes A e B; para as outras posições ao longo do raio (sentido medula casca) os maiores valores do MOE foram encontrados na classe B, com tendência de aumento na posição 75% para as três classes de perímetro (Figura 37).

Os resultados obtidos na espécie, com valores de MOE de 9143,4 MPa para classe A de perímetro de tronco, 9564,3 MPa para a classe B e 8821,3 MPa qualificam as três classes como sendo aptas para essa propriedade mecânica quando comparadas a outras espécies madeireiras utilizadas no mercado.

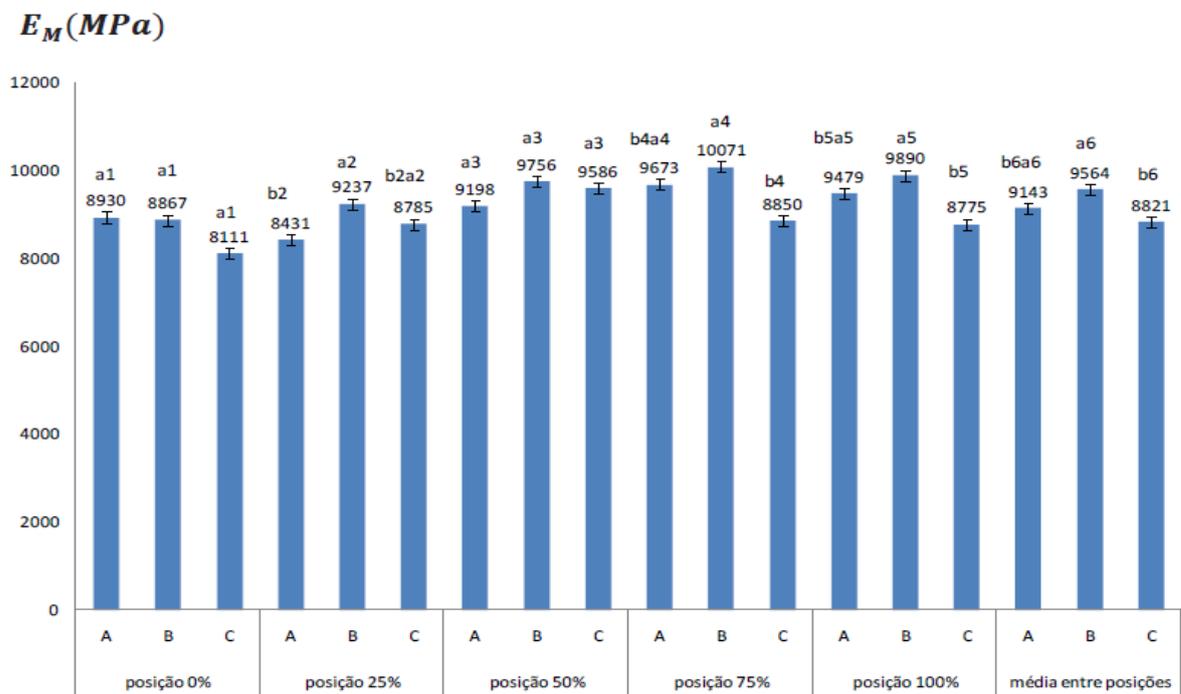


Figura 37 - Médias dos módulos elasticidade ( $E_M$ ) da *Hevea brasiliensis* entre classes de diâmetro A, B e C



## 6 CONCLUSÕES

- Não houve diferenças entre as propriedades mecânicas da madeira de classes de perímetros de diferentes;
- Houve diferenças entre os clones GT1 e RRIM 600 para a resistência ao cisalhamento e módulo de elasticidade na flexão estática, mas não houve diferença entre os clones para as resistências à compressão paralela e à flexão estática;
- Os valores obtidos nos ensaios mecânicos da madeira da seringueira permitem recomendar essa espécie como apta a estar no mercado madeireiro, dentro das classes de uso da norma NBR 7190/97 (ABNT, 1997).
- A estratégia de poda drástica para permitir o refolhamento subsequente foi eficiente para a observação da diminuição acentuada do teor de amido na madeira;
- Houve diferenças entre as propriedades mecânicas de duas épocas do desenvolvimento fisiológico anual da seringueira concomitantemente com a diminuição do teor de amido da madeira;
- Os valores das propriedades mecânicas obtidos na época de menor teor de amido na madeira foram mais altos do que aqueles obtidos na época de máximo acúmulo de amido na madeira.



## REFERÊNCIAS

ABDEL-GADIR, A.Y.; KRAHMER, R.L. Estimating the age of demarcation of juvenile and mature wood in Douglas-fir. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 25, n. 3, p. 242-249, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2007**: indústria de madeira processada mecanicamente. 2007. Disponível em <<http://www.abinci.com.br>> Acesso em: 25 mar. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107p.

AUTRAN, C.S.; GONÇALVES, J.S. Caracterização colorimétrica das madeiras de muirapiranga (*Brosimum rubescens taub*) e de seringueira (*Hevea brasiliensis*, clone Tjir 16 Mull Arg.) visando à utilização em interiores. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.4, p.445-451, 2006.

AZIZOL, A.K.; RAHIM, S. Carbohydrates in Rubberwood (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) **Holzforchung**, Berlin, v.43, n.3, p.173-178, 1998.

BALLARIN, A.W. **Propriedades mecânicas das madeiras**: notas de aula. Curitiba: UFPR, 2005. 37p.

BALLARIN, A.W.; LARA PALMA, H.A. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.

BENDTSEN, B.A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. **Forest Products Journal**, Madison, v. 28, n. 10, p. 61-72, 1978.

BENDTSEN, B.A.; SENFT, J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown eastern Cottonwood and Loblolly Pine. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 18, n. 1, p. 21-38, 1986.

BERNARDES, M.S. **Efeito de métodos químicos de indução de copa no desenvolvimento da seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg. cv. RRIM 600)**. 1990. 192 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

BERNARDES, M.S.; CASTRO P.R.C.; MARTINS, A.N.; VIRGENS FILHO, A.C. Fatores ligados à escolha do sistema de exploração. In: BERNARDES, M.S. (Ed.). **Sangria da seringueira**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p. 139-182

BERGER, R.B. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BODIG J.; JAYNE, B.A. Mechanics of wood and wood composites. **Floresta e Ambiente**. Rio de Janeiro, v.19, n.2, p.229-235, 2012.

BORTOLETTO JÚNIOR, G. **Indicações para utilização da madeira de seis espécies e variedades de Pinus aplicada na construção civil**. 1993. 119p. Dissertação (Mestrado em Resistência de Materiais) -Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

\_\_\_\_\_. Estudo de algumas propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus merkussi*. **ScientiaForestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 237-243, set. 2008.

BROWN, M.J.; Mc WILLIAMS, W.H. Pine stands across the South trends and projections. In: SOUTHERN PLANTATION WOOD QUALITY WORKSHOP, 1989, Athens. **Proceedings...** Asheville: Southeastern Forest Experiment Station, 1990. p. 1-15.

CALIL, C.J.; DIAS, A.A.; LAHR, F.A.R. **Dimensionamento de elementos estruturais de Madeira**. Barueri: Manole, 2003. 152 p.

CALIL C.J.; BARALDI, L.T.; STAMATO, G.C.; FERREIRA, N.S.S. **Estruturas da madeira**. São Carlos: USP, EESC, 2000.102p.

CALONEGO, F.W.; SEVERO, E.T.D.; ASSI, P.P. Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, São Paulo, n. 68, p. 113-121, ago. 2005.

CAMARGO, A.P.; CARDOSO, R.M.G.; SCHMIDT, N.C. Comportamento do mal-das-folhas da seringueira nas condições do planalto. **Bragantia**, Campinas, v.26, p.1-8, 1967.

CENTURION, M.A.P.C.; CENTURION, J.F.; ROQUE, C.G.; PRADO, R.M.; NATALE, W. Efeito do manejo da entrelinha da seringueira sobre as propriedades químicas do solo, o estado nutricional e o crescimento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.2, p.185, 1993.

COTTA, M. Análise econômica do consórcio seringueira-cacau para geração de certificados de emissões reduzidas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, p. 969-979, dez. 2006.

CALONEGO, F.W.; SEVERO, E.T.D.; ASSI, P.P. Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, São Paulo, n. 68, p. 113-121, ago. 2005.

CLARK, A. III.; SAUCIER, J.R. Influence of initial planting density, geographic location, and species on juvenile wood formation in southern pine. **Forest Productions Journal**, Madison, v. 39, n. 7/8, p. 42-48, 1989.

DE CONTI,C.; DE CONTI,A.; GAVA,M.; SERVOLO FILHO,H.J. Modelagem matemática de secagem da madeira de *Hevea brasiliensis*.In: INTERNATIONAL IUFRO WOOD DRYING CONFERENCE, 2012, Belém.

DHAMODARAM, T.K. Status of rubber wood processing and utilization in India:acountry report.In: PROMOTION OF RUBBERWOOD PROCESSING TECHNOLOGY IN THE ASIA-PACIFIC REGION, 2008, Haikou. Haikou: ITTO/CFC, 2008. p.17-37.

DOURADO NETO,D.; FANCELLI, A.L. Ecofisiologia e fenologia. In: \_\_\_\_\_. (Ed.) **Produção de feijão**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2000. p. 23-48.

EATON, R.A.; HALE, M.D.C. **Wood**: decay, pests and protection.Cambridge: Chapman & Hall, 1993. 541p.

EUFRADE JUNIOR, H.J.; BALLARIN AW, LEONELLO EC. Caracterização mecânica da madeira do clone RRIM 600 de seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex. A. Juss.) Müll.Arg.) à compressão paralela às fibras.IN: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 23.,; 2011, Botucatu.**Anais...Botucatu**: UNESP; 2011.

EVANS II, J.W.; SENFT, J.F.; GREEN, D.W. Juvenile wood effect in red alder: analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones. **Forest Products Journal**, Madison, v. 50, n. 7/8, p. 75-87, 2000.

FERREIRA, L.A.; SEVERO, E.T.D.; CALONEGO, F.W. Determinação das regiões dos lenhos juvenil e adulto pela mensuração do comprimento das fibras de *Hevea brasiliensis*. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 21., 2009, São José do Rio Preto. **Resumos expandidos...** São José do Rio Preto: UNESP, 2009.

GAMEIRO, A.H.; GAMEIRO, M.B.B. Perspectivas para o mercado internacional de borracha natural. In: \_\_\_\_\_. **Seringueira**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2008. p. 857-877.

GASPAROTTO, L.; SANTOS, A.F.; PEREIRA, J.C.R.; FERREIRA, F.A. **Doenças da seringueira no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 1997. 168 p.

GONÇALVES, J.L.M. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology Management**. Wisconsin, v. 193, p. 45-61, 2004.

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.; SALOPPI, E.J.J. Clones de seringueira para plantio no Estado de São Paulo. **Casa da Agricultura**, Campinas, v. 13, n.4, p.25-26, out./ dez. 2010

GRASSI, A.M. **Fenologia e qualidade de frutos de nespereira**. 2008. 72p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

HARRIS, J.M. Effect of rapid growth on wood processing. In: WORD CONGRESS, 17., 1981, Tokyo. **Proceedings...** Tokyo: IUFRO, 1981. p.117-125.

HILLIS, W.E. Wood quality and utilization. In: HILLIS, W.E.; BROWN, A.G. (Ed.). **Eucalyptus for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1978.

HONG, L.T. Rubberwood utilization: a success story. In: WORLD CONGRESS OF THE INTERNATIONAL UNION OF FORESTRY RESEARCH ORGANIZATIONS, 20., 1996, Tampa. **Proceedings...** Disponível em: <<http://www.metla.fi/iufro/iufro95abs/rsp19.htm>>. Acesso em: 01 ago. 2011.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Programa seringueira**. 2004. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/centros/centro\\_caféseringueira/programa%20seringueira.htm](http://www.iac.sp.gov.br/centros/centro_caféseringueira/programa%20seringueira.htm)> Acesso em: 10 mar. 2011.

\_\_\_\_\_. **A importância da borracha**. 2008. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/UniPesquisa/Seringueira/QuemSomos/ImportanciaBorracha.asp>>. Acesso em: 01 jan. 2011.

JUSOH, I.; KAMDEM, D.P. Laboratory evaluation of natural decay resistance and efficacy of CCA- treated rubber wood (*Hevea brasiliensis* Mull Arg.) **Holzforchung**, Berlin, v. 55, n. 3, p. 250-254, Apr. 2001.

KILLMAN, W.; HONG, L.T. El caucho, el éxito de um subproducto agrícola. **Unasyva**, Cidade do México, v. 51, p. 66-73, 2000.

KOLLMANN, F.R. & COTÉ, W.A., 1968. Principles of Wood science and technology. Berlin, Springer-Verlag. 592p.

KRONKA, F.J.N. Uso do potencial da madeira da seringueira (*Hevea brasiliensis*). In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS DE GERAIS. **Seringueira**. Belo Horizonte, 2008. p. 721-744.

LARSON, P.R. The physiological basic for wood specific gravity in conifers. In: IUFRO DIVISION MEETING, 5., 1973, Stellenbosch. **Proceedings...** Stellenbosch: IUFRO, 1973. p. 672-680.

LATARROCA, J.V.; ALBUQUERQUE, C.E.C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.

LEONELLO, E.C.; BALLARI, A.W.; OHTO, J.M.; PALMA, H.A.L.; ESCOBAR, J.F. Classificação estrutural e qualidade da madeira do clone GT 1 de *Hevea brasiliensis* Muell.Arg. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.19, n.2, p. 229-235, 2012.

LIM, S.C.; GAN, K.S.; CHOO, K.T. The characteristics, properties and uses of plantation timbers - rubberwood and *Acacia mangium*. **Timber Technology Centre (TTO)**, Kuala Lumpur, v. 26, p. 1-11, 2003.

LIMA, D.U.; OLIVEIRA, L.E.M.; SOARES, A.M.; DELÚ FILHO, N. Avaliação sazonal da produção de borracha e da dinâmica de carboidratos solúveis em plantas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Mull Arg.) cultivadas em Lavras, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.3, p.377-383, 2002.

LIMA, I.L.; GARCIA, J.N. Influência do desbaste em propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.17, n.2, p.151-160, 2005.

\_\_\_\_\_. Variação da densidade aparente e resistência à compressão paralela às fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em *Eucalyptus grandis* HILL EX-MAIDEN. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.3, p.551-559, 2010.

LIMA, J.T. Deformações residuais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 107-116, 2004.

LOGSTON, N.B.; CALIL JUNIOR, C. Influência da umidade nas propriedades de resistência e rigidez da madeira. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, n. 18, p. 77-107, 2002.

LOO, J.A.; TAUER, C.C.; MCNEW, R.N. Genetic variation in the time of transition from juvenile to mature wood in loblolly Pine (*Pinus taeda*). **Silva e Genetica**, Frankfurt, v. 34, p. 14-19, 1985.

MADY, F.T.M. **Curso de física da madeira: propriedades mecânicas**. Universidade Federal do Amazonas. Disponível em: <[http://www.conhecendoamadeiracom/fisica/10\\_propriedades\\_mecanicas.pdf](http://www.conhecendoamadeiracom/fisica/10_propriedades_mecanicas.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2010.

MAGALHÃES, W.L.E. Tratamento mecânico visando o aumento da permeabilidade em madeira de *Pinus elliottii* Engelm Var. elliotti. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 9., 2004. Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Indi, 2004.

MALAN, F.S. Eucalypts improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: IPEF; IPT; IUFRO; ESALQ, 1995. p.1-19.

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, Thailand, v. 25, n.3, p.327-340, 2003.

MAY, A.; GONÇALVES, P.S. Produtos complementares na exploração do seringal: matéria técnica. **Borracha Atual**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 17-21, 1999.

MARRA, A.A. **Technology of wood bonding: principles and practice**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 454p.

MASSEY, J.G.; REEB, J.E. A method for estimating juvenile wood content in boards. **Forest Products Journal**, Madison, v. 39, n. 2, p. 30-32, 1989.

MATSUMURA, J. Relationship between wood anatomical properties and specific permeability of sugi *Cryptomeria japonica*. **Wood Bulletin of Kyushu University Forests**, Fukuoka, v. 77, p. 35-46, 1997

MEGRAW, R.A. **Wood quality factors in loblolly pine**. Georgia: TAPPI Press, 1985. 89p.

MILINGLIANG, J.; ZHIJUAN, W. Rubberwood preservation by friendly preservatives. In: \_\_\_\_\_. **Promotion of rubberwood processing technology in the Asia-Pacific Region**. Haikon: ITTO / CFC, 2008. p.177-128.

MILOTA, M.R. Gas permeability of plantation loblolly pine. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 27, n. 1, p. 34-40, 1995.

MORAES, V.H.F. Fisiologia da seringueira. In: CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM HEVEICULTURA, 16., 1985. Belém. **Papéis...Belém: SUDHEVEA/FCAP**, 1985.

MORALES, E.A.M. **Apostila de propriedades físicas e mecânicas da madeira**. Itapeva: Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". Disponível em: <<http://www.itapeva.unesp.br/docentes/elen/>>. Acesso em: 11 nov. 2010

MORELLATO, L.P.C. **Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no Sudeste do Brasil**. 1991.176 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

MORESCHI, J.C. **Apostila de propriedades tecnológicas da madeira**. 3. ed. Curitiba: UFPR, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Curitiba, 2010. 45 p.

OKINO, E.Y.A. Propriedades físicas, mecânicas e durabilidade natural de chapas aglomeradas de *Hevea brasiliensis*. **Brasil Florestal**, Brasília, v.73, p.39-46, 2002.

\_\_\_\_\_. Ensaio acelerado de laboratório de chapa OSB de seringueira submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.19, n.3, p.335-343, jul./set. 2009.

OKINO, E.Y.A.; SOUZA, M.R.S.; SANTANA, M.A.E.; SOUZA, M.E.; TEIXEIRA, D.E. Chapa aglomerada de cimento-madeira de *Hevea brasiliensis* (Mull Arg.). **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.3, p.451-457, 2004.

OLIVEIRA, A.D. Determinação da variação dimensional da madeira em clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* aos 90 meses de idade. In: IUFRO:

CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPT, 1997, Salvador. **Anais...** Colombo: Embrapa, CNPF, 1997. v.3, p.118-125.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4<sup>th</sup> ed. New York: McGraw Hill, 1980. 722 p.

PIMENTEL, M.M.; SELEGATO, P.A.M.; GARCIA, J.N.; LIMA, I.L. Variação de propriedades da madeira de *Tectonagrandis* Linn. F.(teca) em função do espaçamento e da posição radial na tora. **IF Série Regional**. São Paulo, n. 36, p. 19-24, jul. 2008

PFEIL, W. **Estruturas de madeira**. 5. ed. Rio de Janeiro: Lt, 1994.

PLUMPTRE, R.A. **Pinuscaribaea**: wood properties. Oxford: Oxford University Press, 1983. 145p. (Tropical Forestry Paper, 17).

PRENG, W.R. Studies on flow in wood VII. Variation of permeability and penetrability within a red spruce tree. **MokuzaiGakkaishi**, Tokyo, v. 29, p. 197-204, 1983

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

RAMSAY, W.; BRIGGS, D. Juvenile wood: has it come of age. In: TECHNICAL WORKSHOP IN JUVENILE WOOD - WHAT DOES IT MEAN TO FOREST MANAGEMENT AND FOREST PRODUCTS, 1985, Washington. **Proceedings...** Madison: Forest Products Research Society, 1986. p. 5-11.

REZENDE, M.A.; ESCOBEDO, J.F.; FERRAZ, E.S.B. Retratibilidade volumétrica e densidade aparente da madeira em função da umidade. **IPEF**, Piracicaba, n.39, p.33-40, ago.1998.

RICKARD, J.E, BEHN, K.R. Evaluation of acid and enzyme hydrolytic methods for the determination of cassava starch. **Journal Science Food Agricultural**, London, v.41, p.373-379, 1987.

RIGHI, C.A.; BERNARDES, M.S.; CASTRO, D.S.; ABBUD, D.M. Fenologia e variação temporal do índice de área foliar de três cultivares de seringueira (*Hevea* spp.). **Agrotópica**, Ilhéus, v.13, n.3, p. 125-132, 2001.

ROCHA, S.J.; PAULA, E.V.C.M. de.; SIQUEIRA, M.L. Flexão estática em amostras livres de defeitos. **ACTA Amazônica**, Manaus, v. 18, n. 2, p. 147–162, jun. 1988.

SALVO, L.; RUBÉN A.; CLOUTIER, A. Influencia de La estructura anatómica em al permeabilidad especifica transversal al gasdel *Pinus radiata*. **Ciencia e Tecnología Maderas**, Concepción, v.6, n.1, p. 33-44, 2004.

SAMBUGARO, R. **Estágios foliares, fenologia da seringueira (*Hevea* spp.) e interação com *Microcyclusulei* (Mal das folhas)**. 2007. 94 p. Tese (Doutorado em

Fitotecnia)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista” Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2007.

SANTANA, M.A.E.; EIRAS, K.M.M.; PASTORE, T.C.M. Avaliação da madeira de 4 clones de *Hevea brasiliensis* por meio de sua caracterização físico-mecânica. **Brasil Florestal**, Brasília, n.70, p.61-68, jun, 2001.

SANTANA, M.A.E.; EIRAS, K.M.M. **Madeira de *Hevea brasiliensis*** : adequação tecnológica para sua utilização. Brasília: IBAMA / DIGET, 1999. 90 p. (Relatório Interno).

SANTINI, E.J.; HASELEIN, C.R.; GATTO, D.A. Análise comparativa das propriedades físico Mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 87-95, 2000.

SERPA, P.N.; VITAL, B.R.; LUCIA, R.M.D; PIMENTA, A.S. Avaliação de algumas Propriedade da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.5, p. 723-733, 2003.

SERVOLO, FILHO, H.J. **Avaliação da tração de couro vegetal de tecido de algodão impregnado com látex de cinco cultivares de seringueira (*Hevea* spp) e vulcanizado**. 2006. 52 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SENF, J.F.; BENDTSEN, B.A.; GALLIGAN, W.L. Weak wood. **Journal of Forestry**, Bethesda, n. 83, p. 476-485, 1985.

SCANAVACA, L.; GARCIA, J.N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.65, p.120-129, jun. 1994.

SHIGEMATSU, A.; MIZONE, N.; KAJIZA, T.; YOSHIDA, S. Importance of rubberwood in wood export of Malaysia and Thailand. **New Forests**, 2010. In press. Disponível em: < <http://www.springerlink.com/content/dh7791515671j791/>>. Acesso em: 12 set. 2010.

SIK, H.S.; CHOO, K.T.; SARANI, Z.; SABRIM, A.; HOW, S.S.; MOHAMAD O. Influence of drying temperature on physical and mechanical properties of rubberwood. **Journal of Tropical Forest Science**, Malaysia, v. 3, n. 21, p. 181–189, 2009.

SILVA, J.C.; MATOS, J.L.M.; OLIVEIRA, J.T.S.; EVANGELISTA, W.V. Influência da idade e da posição radial na flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.5, p. 795-799, set./out.2005.

SILVA, L.L. **Caracterização física e mecânica da madeira de seringueira (*Hevea brasiliensis* ( Willd. ex. A. Juss.) Müll.Arg.)**. 2010. 36 p. (Relatório de Pesquisa) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2010.

SILPI, U.; LACOINTE, A.; KASEMPSAD, P.; THANYSAWANYANGKURA, S.; CHANTUMA, P.; GOHET, E.; MUSIGAMARTI, N.; CLÉMENT, A.; AMÉGLIO, T.; THALER, P.; Carbohydrate reserves as a competing sink: evidence from tapping rubber trees. **Tree Physiology**, Victoria, n.27, p. 881-889, 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e números do Brasil florestal**. 2006. Disponível em: < <http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/SBS-2005.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2010.

SOUZA, J.A. **Avaliação de clones de seringueira (*Hevea* spp) em Piracicaba-S.P.** 2007. 72p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SUJAN, A. **Some studies on fungal deterioration of rubberwood (*Hevea brasiliensis*)**. International Research Group on Wood Preservation, 1980. 9 p. (Document, n. IRG/WP/2140)

TASSISSA, G.; BURKHART, H.E. Juvenile-mature wood demarcations in Loblolly Pine trees. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 30, n. 2, p. 119-127, 1998.

THOMAS, R.J. The characteristics of juvenile wood. In: SYMPOSIUM ON UTILIZATION CHANGES ON WOOD RESEARCH SOUTH US, 1985. **Proceedings...** Raleigh: North Carolina State University, 1985. p. 1-18.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E.grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n. 29, p. 37-45, 1985.

\_\_\_\_\_. Variação da densidade básica em estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus globulus*, *E. pellitae*, *E.acmenioides*. **IPEF**, Piracicaba, n. 36, p. 35-42, 1987.

YAMAMOTO, K.; HONG, L.T. A laboratory method for predicting the durability of tropical hardwoods. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Tokyo, v. 28, p. 268-275, 1994.

YANG, K.C.; BENSON, C.A.; WONG, J.K. Distribution of juvenile wood in two stems of *Larix laricina*. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 16, p. 1041-1049, 1986.

ZOBEL, B.J. Inherent differences affecting wood quality in fast-grown plantations. In: IUFRO CONFERENCE, 1980, Oxford. **Proceedings...** Oxford: IUFRO, 1980. p. 169-188.