



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

RAFAEL LEITE BRAZ

**CARACTERIZAÇÃO DO LENHO DE ÁRVORES DE CLONES DE
Eucalyptus urophylla x *Eucalyptus grandis* EM ÁREAS SUJEITAS A
DANOS POR VENTOS**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES
FEVEREIRO - 2011

RAFAEL LEITE BRAZ

**CARACTERIZAÇÃO DO LENHO DE ÁRVORES DE CLONES DE
Eucalyptus urophylla x *Eucalyptus grandis* EM ÁREAS SUJEITAS A
DANOS POR VENTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais, na Área de Concentração Ciências Florestais na Linha de Pesquisa Tecnologia de Produtos Florestais.

Orientador: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

FEVEREIRO - 2011

Dissertação 0019

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

B823c Braz, Rafael Leite, 1984-
Caracterização do lenho de árvores de clones de *eucalyptus urophylla* x *eucalyptus grandis* em áreas sujeitas a danos por ventos / Rafael Leite Braz. – 2011.
81 f. : il.

Orientador: José Tarcísio da Silva Oliveira.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Eucalipto. 2. Ventos. 3. Madeira – Qualidade. 4. Madeira – Anatomia. 5. Madeira – Química. 6. Madeira – Propriedades mecânicas. I. Oliveira, José Tarcísio da Silva. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. III. Título.

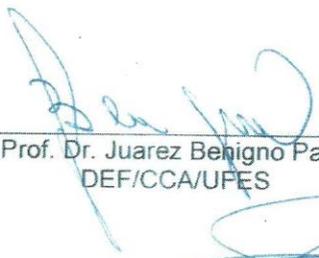
CDU: 630

**CARACTERIZAÇÃO DO LENHO DE ÁRVORES DE CLONES DE
Eucalyptus urophylla x *Eucalyptus grandis* EM ÁREAS
SUJEITAS A DANOS POR VENTOS**

Rafael Leite Braz

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais na área de concentração Ciências Florestais.

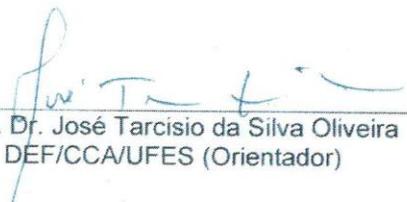
Aprovada em 21 Fevereiro de 2011.


Prof. Dr. Juarez Benigno Paes
DEF/CCA/UFES


Prof. Dr. Graziela Baptista Vidaurre Dambroz
DEF/CCA/UFES


Prof. Dr. Mário Tomazello Filho
DEF/ESALQ/USP


Prof. Dr. Antônio Marcos Rosado
Celulose Nipo- Brasileira S.A


Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira
DEF/CCA/UFES (Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela existência, saúde, pela luz divina, fé e oportunidade para a concretização de mais uma etapa da vida.

À Universidade Federal do Espírito Santo, a todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Florestal e do Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais da UFES pela minha formação e oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Programa de Apoio ao Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades - REUNI pela concessão da bolsa de estudos.

À minha mãe, Maria Dilma, luz divina, ao meu amigo e pai Geraldo, minhas irmãs Raquel e Rossana, a toda minha Família o agradecimento eterno, pela vida, amor inacabável, sabedoria, aprendizado, apoio, compreensão e humildade.

Ao Professor José Tarcísio da Silva Oliveira, pela orientação, pela cumplicidade de idéias, ciência, paciência, conselhos, ensinamentos e amizade.

Aos Professores Juarez, Graziela e Mário Tomazello pela participação na banca examinadora, pelas sugestões e aconselhamento.

À empresa de Celulose Nipo-Brasileira (CENIBRA) e seus funcionários pela oportunidade, apoio logístico, pela disponibilidade do material de estudo. Ao Everton de Souza e, em especial, ao Antônio Marcos Rosado pela colaboração e participação na banca examinadora.

Aos técnicos do Laboratório de Ciências da Madeira José Geraldo e Gilson, ao marceneiro Elecy Palácio pela amizade, dedicação, aprendizado, sugestões e auxílio nas atividades laboratoriais.

Aos amigos e estagiários do Laboratório de Ciências da Madeira pelo apoio durante os trabalhos práticos, pelas discussões, conhecimentos compartilhados que contribuíram para a realização do trabalho, além dos momentos de descontração: Brunela, Ana Paula, Javan, Luciana, Rejane, Ana Carolina, Thaís, Lairó, Larissa e, também, ao Maziero pela assistência nos desenhos.

Aos grandes amigos que estiveram comigo nessa caminhada nos momentos de loucura, genialidades, alegrias, tristezas, brigas, pelas boas e divertidas conversas, discussões, descontrações, bagunças, conselhos, pelas grandes ideias, utopias e convivência, em especial aos companheiros: Negão, Malcon, Tatu, Pincel, Gu, George, Ronnie, Stela, Nanado, Thássia, Pemba, Edlayne, Carol, Ana Elisa, Iulo, Lorainy, Dina, Renatas, Barroso, Davi, Salim, Gabriel, Cabelo, Vinícius e a galera da turma de 2003 da Engenharia Florestal.

Ao povo brasileiro pela oportunidade, ademais a todos que de alguma forma colaboraram para a concretização de mais uma etapa...

Muito Obrigado!

BIOGRAFIA

Rafael Leite Braz, filho de Geraldo de Castro Braz e Maria Dilma Leite Braz, nasceu na cidade de Ipatinga, Estado de Minas Gerais, aos 22 dias de maio do ano 1984.

Estudou em escolas públicas e particulares, cursando o segundo grau na Associação Educacional de Ipatinga – ASSEDIPA, em Ipatinga-MG, concluindo os estudos em 2002.

No mês de fevereiro de 2009, obteve o título de Engenheiro Florestal, pela Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, em Alegre-ES.

Em 2009, ingressou no curso de Mestrado em Ciências Florestais, desenvolvendo estudos na linha de pesquisa de Tecnologia de Produtos Florestais, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, em Alegre-ES.

Em fevereiro de 2011, concluiu os requisitos necessários para obtenção do título de mestre.

"Na vida, não vale tanto o
que temos, nem tanto importa
o que somos.
Vale o que realizamos com aquilo que
possuímos e, acima de tudo,
importa o que fazemos de nós!"

Chico Xavier

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Composição química média de madeiras de coníferas e folhosas	17
Tabela 2.	Registro no Ministério da Agricultura e localização dos dez clones sujeitos à ação dos ventos utilizados no presente estudo	22
Tabela 3.	Parâmetros químicos analisados com as respectivas metodologias	33
Tabela 4.	Valores médios das características dendrométricas para os dez clones do híbrido <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	35
Tabela 5.	Resistência máxima ajustada das árvores a quebra para os dez clones do híbrido de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> ..	37
Tabela 6.	Valores médios da densidade básica da madeira para os dez clones do híbrido <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	43
Tabela 7.	Valores médios do diâmetro tangencial e freqüência dos vasos para os dez clones do híbrido <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	45
Tabela 8.	Valores médios dos parâmetros das fibras para os dez clones do híbrido <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	49
Tabela 9.	Valores médios do módulo de elasticidade para os dez clones do híbrido de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> com a madeira nas condições verde e seca	56
Tabela 10.	Trabalho absorvido médio para os dez clones do híbrido <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> com a madeira nas condições verde e seca	63
Tabela 11.	Valores médios dos teores de extrativos, lignina total e holocelulose para os dez clones do híbrido <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Danos causados por ventos em povoamentos florestais de eucalipto da CENIBRA em Minas Gerais em regiões de baixa e alta altitude.	5
Figura 2.	Efeitos do vento e da força de gravidade que atuam nas árvores e as consequência nos plantios florestais.	6
Figura 3.	Precipitação total e velocidade média dos ventos no período de junho de 2002 a dezembro de 2008.	21
Figura 4.	Velocidade média e máxima do vento na região próxima ao plantio florestal, para o período de 2005-2010.	21
Figura 5.	Esquema de amostragem dos discos nas árvores e localização dos corpos-de-prova para determinação dos parâmetros físicos, anatômicos e químicos.	23
Figura 6.	Esquema de amostragem e localização dos corpos-de-prova para determinação da DRL e da flexão estática da madeira.	24
Figura 7.	Vista por cima do sistema de avaliação de resistência da árvore à quebra.	25
Figura 8.	Avaliação do teste de resistência das árvores à quebra: A) Instalação do teste de resistência; B) Árvore curvada; C) Árvore tombada; D) Árvore quebrada.	26
Figura 9.	Diagrama de dispersão entre a força do teste de resistência à quebra e a altura de amarração.	28
Figura 10.	Aplicação do método de DRL: A) Fixação dos pinos a distância de 45 mm com o auxílio de um gabarito; B) Pinos fixados ao tronco; C) Ajuste do relógio digital apoiado nos pinos; D) Uso do arco de pua para liberar as tensões.	29
Figura 11.	Região de ruptura das árvores durante o teste de resistência à quebra.	36
Figura 12.	Danos causados por ventos em diferentes idades no período de julho de 2009 a março de 2010.	38
Figura 13.	Representação gráfica dos valores médios (mm), desvio padrão (mm) e coeficiente de variação (%) das deformações longitudinais residuais nas diferentes orientações no tronco para os dez clones do híbrido <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	40
Figura 14.	Representação gráfica dos valores médios da tensão de crescimento longitudinal (kgf/cm ²) para cada clone.	41
Figura 15.	Representação gráfica dos valores médios (µm) do diâmetro tangencial do vaso entre os discos I, II e III, para cada clone estudado.	46
Figura 16.	Representação gráfica dos valores médios (vasos/mm ²) da frequência dos vasos entre os discos I, II e III, para cada clone estudado.	48

Figura 17.	Representação gráfica dos valores médios (μm) do comprimento das fibras entre os discos I, II e III, para cada clone estudado.....	50
Figura 18.	Representação gráfica dos valores médios (μm) da largura das fibras entre os discos I, II e III, para cada clone estudado.	51
Figura 19.	Representação gráfica dos valores médios (μm) do diâmetro do lume das fibras entre os discos I, II e III, para cada clone estudado.	53
Figura 20.	Representação gráfica dos valores médios (μm) da espessura da parede das fibras entre os discos I, II e III, para cada clone estudado.	54
Figura 21.	Representação gráfica dos valores médios (kgf/cm^2) do MOE entre as toras I, II e III, para cada clone estudado com a madeira na condição verde.....	57
Figura 22.	Representação gráfica dos valores médios (kgf/cm^2) do MOE entre as toras I, II e III, para cada clone estudado, com a madeira na condição seca.	58
Figura 23.	Representação gráfica dos valores médios (kgf/cm^2) do MOR entre as toras I, II e III, para cada clone estudado, com a madeira na condição verde.....	60
Figura 24.	Representação gráfica dos valores médios (kgf/cm^2) do MOR entre as toras I, II e III, para cada clone estudado, com a madeira na condição seca.	61
Figura 25.	Representação gráfica dos valores médios (J) do trabalho absorvido entre as toras I, II e III, para cada clone estudado com a madeira na condição verde.....	64
Figura 26.	Representação gráfica dos valores médios (J) do trabalho absorvido entre as toras I, II e III, para cada clone estudado, com a madeira na condição seca.	65

SUMÁRIO

RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVO GERAL	3
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. EFEITOS DO VENTO	4
2.2. O GÊNERO EUCALYPTUS	7
2.3. HÍBRIDO DO EUCALYPTUS UROPHYLLA X EUCALYPTUS GRANDIS	9
2.4. QUALIDADE DA MADEIRA	10
2.5. ANATOMIA DA MADEIRA	11
2.6. DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA	13
2.7. PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA	14
2.8. PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA	15
2.9. DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL E TENSÃO DE CRESCIMENTO LONGITUDINAL	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. PROCEDÊNCIA DO MATERIAL E CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO E AMOSTRAGEM	20
3.3. CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA DAS ÁRVORES	24
3.4. TESTE DE RESISTÊNCIA DAS ÁRVORES EM PÉ A QUEBRA	24
3.5. DETERMINAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL) E DA TENSÃO DE CRESCIMENTO	28
3.6. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA	30
3.7. DESCRIÇÃO ANATÔMICA QUANTITATIVA DA MADEIRA	30
3.8. FLEXÃO ESTÁTICA	32
3.9. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA	32
3.10. ANÁLISE ESTATÍSTICA	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS E TESTE DE RESISTÊNCIA DAS ÁRVORES A QUEBRA	35
4.2. DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL) E TENSÃO DE CRESCIMENTO LONGITUDINAL (TCL)	39
4.3. DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA	42
4.4. DESCRIÇÃO ANATÔMICA QUANTITATIVA	44
4.4.1. Vasos	45
4.4.2. Parâmetros das Fibras	48
4.5. FLEXÃO ESTÁTICA	55
4.5.1. Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR)	55
4.5.2. Trabalho Absorvido	62
4.6. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA	66
5. CONCLUSÕES	70
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

RESUMO

BRAZ, Rafael Leite. **Caracterização do lenho de árvores de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em áreas sujeitas a danos por ventos.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira.

Plantios florestais na região do Vale do Rio Doce no Estado de Minas Gerais vêm sofrendo danos provocados devido a ação dos ventos, principalmente, nas regiões de baixadas e em povoamentos jovens. Estudos no sentido de identificar relações entre a susceptibilidade das árvores com as propriedades da madeira são de grande importância, possibilitando assim seleção de clones mais tolerantes à ação dos ventos. Assim, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar o lenho de árvores de dez clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com 30 e 35 meses de idades, quanto à resistência das árvores à quebra e às características anatômicas, físicas, mecânicas e químicas. O local de estudo foi nas regiões de baixada, onde as árvores são mais vulneráveis e sujeitas aos danos provocados por ventos, com altitude próxima a 250 m, com baixa intensidade dos ventos climatológicos e grande ocorrência de micro-explosões atmosféricas. Para isso, foram mensuradas e avaliadas as características dendrométricas das árvores. Realizaram-se os testes de resistência das mesmas à quebra, simulando o efeito do vento e um método não destrutivo para a determinação da deformação residual longitudinal. Em condições de laboratório, as amostras de madeira foram preparadas e, em seguida, analisados os parâmetros anatômicos quantitativos da madeira, relativos aos vasos e à morfologia das fibras, a densidade básica, a flexão estática, os teores de extrativos, lignina e holocelulose e calculado as tensões de crescimento. Pôde-se concluir que o clone CNB017 foi o que apresentou os melhores resultados, principalmente, no teste de resistência à quebra, para as características físicas e mecânicas avaliadas. Para a composição química, os clones apresentaram valores próximos para os teores de extrativo, lignina e holocelulose, servindo apenas como indicativo para a produção e rendimento de celulose. O teste de resistência e as características mecânicas e físicas se destacaram como os parâmetros mais adequados para a avaliação e classificação dos clones susceptíveis à ação dos ventos, visto que os clones que apresentaram os melhores resultados foram comuns. Entretanto, há necessidade de ampliar a base de informações a respeito da susceptibilidade das árvores ao vento.

Palavras-chave: ação do vento, lenho das árvores, *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

ABSTRACT

BRAZ, Rafael Leite. **Wood characterization of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* clones in areas subject to damage by winds.** 2011. Dissertation (Master's degree on Forest Science) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Advisor: Prof. Dr. José Tarcisio da Silva Oliveira.

Forest plantations in the Vale do Rio Doce in Minas Gerais have suffered damage caused by the action of wind, especially in areas of lowlands and in young stands. Studies to identify relationships between the susceptibility of trees of the wood properties are of great importance, allowing selection of clones more tolerant to wind action. Thus, the purpose of this study was to characterize the wood of trees of ten clones of the hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, 30 and 35 months of age, on the strength of the tree to fall and the anatomical, physical, mechanical and chemical characteristics of trees. The study site was in lowland regions, where trees are more vulnerable and prone to damage from winds with altitude near 250 m and with low intensity of the climatological winds and frequent occurrence of micro-atmospheric explosions. For this, the dendrometric characteristics of the trees were measured and evaluated and strength tests of the tree to fall were done, simulating the effect of wind and a non-destructive method for the determination of longitudinal residual strain. In the laboratory sample of wood were prepared and then analyzed the quantitative anatomical parameters of wood, for the vessels and the morphology of the fibers, the density, the bending, the concentrations of extractives, lignin and holocellulose and calculated the growth stress. The conclusion is that the clone CNB017 showed the best results, especially in the testing of breaking strength, the physical and mechanical properties evaluated. For the chemical composition, the clones showed close values for the levels of extractive, lignin and holocellulose, serving only as indicative for the production and yield of cellulose. The endurance test and the mechanical and physical characteristics stood out as the most suitable parameters for the assessment and classification of clones susceptible to wind action, whereas the clones that showed the best results were common. However there is need to broaden the base information regarding the susceptibility of trees to wind.

Keywords: action of wind, tree wood, *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* possui extensas plantações com grande número de espécies em várias regiões do mundo, o que explica sua adaptabilidade e elevada produtividade florestal em diferentes ambientes. Compreende espécies com madeira com elevado potencial para diversos usos, principalmente para energia, celulose e papel, painéis e produtos sólidos. A qualidade do lenho das árvores varia em função de seu material genético e manejo naquele ambiente.

O Brasil possui características edafoclimáticas favoráveis a plantios florestais com espécies do gênero *Eucalyptus* como fonte de matéria prima. A elevada produtividade, homogeneidade e potencialidade de uso múltiplos das florestas de eucalipto fazem com que haja crescimento do mercado consumidor de suprimento desta matéria prima. Destaca pela sua importância, o setor de celulose e papel, uma vez que o país é um dos maiores produtores de celulose, com tecnologias avançadas e com necessidades constantes de ampliação da área plantada com florestas de eucalipto.

O setor de produção de polpa celulósica se caracteriza também pelo alto e constante desenvolvimento e investimentos em programas de melhoramento genético e silviculturais, para uma melhor adequação do material ao seu uso, buscando em suas florestas árvores com formas eretas, com baixa quantidade de galhos, rápido crescimento e qualidade. Tais exigências da matéria-prima se devem às pressões econômicas e à necessidade de obtenção de resultados imediatos, em função da competitividade mercadológica.

Como resultado dos programas de melhoramento, o rápido crescimento das árvores, a fim de obter elevada produtividade, vem contribuindo para a formação de povoamentos cada vez mais jovens, influenciando na formação das árvores, bem como nas características anatômicas, química, físicas e mecânicas da madeira. Portanto, a qualidade do plantio florestal se deve ao efeito da combinação da genética do material, dos tratamentos silviculturais e do ambiente.

Diversos povoamentos florestais para a obtenção de madeira para a produção de celulose, principalmente, aqueles formados por árvores jovens,

em função da sua constituição, estão susceptíveis a ação dos ventos, afetando consideravelmente os plantios em diversas regiões do país.

Na região do Vale do Rio Doce, no Estado de Minas gerais, são evidentes os efeitos da ação dos ventos nos povoamentos, devido à ocorrência de dois fatores que associado contribuem significativamente para os danos às florestas nesta região. O primeiro é a baixa intensidade dos ventos climatológicos (vento médios diários) que conferem resistência às árvores. O segundo fator é a grande ocorrência de micro-explosões atmosféricas de ventos, caracterizadas pela inversão de massa de ar, tendo como consequência ventos devastadores durante o período chuvoso, que são suficientemente fortes para danificar as árvores que já estão mais vulneráveis, devido à ausência de um estímulo ambiental suficiente para conferir-lhes resistência. Os danos vão desde o tombamento até a quebra das mesmas.

A ocorrência e intensidade destes ventos afetam o desenvolvimento dos plantios e as características da madeira, interferindo significativamente em suas propriedades e no produto final, bem como em questões econômicas e no desenvolvimento de atividades em campo, acarretando preocupações a empresas do setor florestal por devastar extensas áreas de plantios.

As informações da ocorrência de danos apontam para a classificação de materiais com maior ou menor resistência aos fenômenos de ventos, direcionando árvores mais tolerantes para as áreas susceptíveis à ocorrência de ventos intensos. Portanto, é importante que se tenha o conhecimento edafoclimáticos, das características dendroméricas e das propriedades anatômicas, químicas, físicas e mecânicas da madeira, para que compreenda sua formação e se faça uma avaliação das características da mesma, o que também contribui para explicar a reação das árvores de eucalipto quando sujeitas à ação dos ventos e identificar materiais genéticos mais tolerantes.

Dessa forma, é necessário determinar estratégias de gerenciamento que reduzam estas perdas, obtendo o conhecimento do problema e investigando medidas mitigadoras. O estudo do fenômeno vento e, principalmente, das características dos parâmetros dos plantios florestais podem explicar a resistência das árvores à ação dos ventos. Sendo assim, propõe-se uma avaliação dessas características específicas em diferentes

clones, identificando o que melhor explica à tolerância do plantio a ações dos ventos, fornecendo subsídios para o melhoramento e seleção de materiais genéticos resistentes.

1.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo a caracterização do lenho de árvores de dez clones do híbrido natural de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* quanto aos parâmetros dendrométricos, anatômicos, físicos, mecânicos e químicos, referente à resistência da madeira à quebra pela ação do vento.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- (i) Caracterizar dendrometricamente as árvores;
- (ii) Determinar a força das árvores à quebra; a deformação residual longitudinal e a tensão de crescimento da madeira;
- (iii) Estudar as propriedades anatômicas e químicas da madeira; e
- (iv) Determinar a densidade básica e flexão estática da madeira (Módulo de Elasticidade, Módulo de Ruptura, Trabalho Absorvido).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. EFEITOS DO VENTO

Ao deslocamento do ar na atmosfera se dá o nome de vento, provocado por fenômenos naturais, tendo os fatores como altitude, latitude, radiação solar, umidade, evaporação influenciando em sua caracterização. O vento, que é o ar em movimento, se desloca de áreas de maior pressão (mais frias) para áreas de menor pressão (mais quentes) e quanto maior a diferença entre as pressões dessas áreas, maior será a velocidade de deslocamento (MENDES, 2009). Para Tubelis e Nascimento (1984), os ventos, partindo de zonas de maior para as de menor pressão, sofrem influências também do movimento de rotação da terra, da força centrífuga ao seu movimento, bem como da topografia e conseqüente atrito com a superfície terrestre. Para Munhoz e Garcia (2008), em relação às plantas, sabe-se que o vento afeta o crescimento destas de três maneiras: transpiração, absorção de CO₂ e efeito mecânico sobre as folhas e ramos, sendo que o resultado desta interação depende da espécie.

O vento tem efeitos favoráveis e desfavoráveis, dependendo da circunstância de sua ocorrência, sendo agrônômica ou ecológica (PEREIRA et al., 2002). As florestas sofrem constantemente a ação de forças naturais, entre elas o vento, que podem danificar extensas áreas, o que causa grandes perdas econômicas, principalmente, em florestas plantadas. Kellomäki (2003) relatou que, em 1990, milhões de metros cúbicos de florestas foram derrubados em uma única tempestade na Europa.

Relatórios da CENIBRA (2009) indicam que as florestas plantadas de eucalipto sofrem anualmente, durante a estação chuvosa, danos provocados por ventos que ocorrem associados a fortes tempestades, sendo estes expressivos nas regiões que margeiam o rio Doce, próximas às cidades de Santa Bárbara e Guanhães, em Minas Gerais, devastando imensas áreas (Figura 1).

Segundo Rosado (2006) os danos florestais provocados pela ação do vento vão desde o desfolhamento e quebra de galhos até a queda ou arranque das árvores, influenciando na qualidade da madeira e na produtividade,

elevando os custos da colheita, deterioração da qualidade visual e contribuindo com o aumento de erosão causado pelo solo descoberto.

De acordo com Caruzzo et al. (2004), avaliar o comportamento médio da atmosfera e estudar parâmetros relacionados ao clima de uma determinada região são elementos essenciais para o entendimento dos impactos ambientais gerados pelas atividades antrópicas.

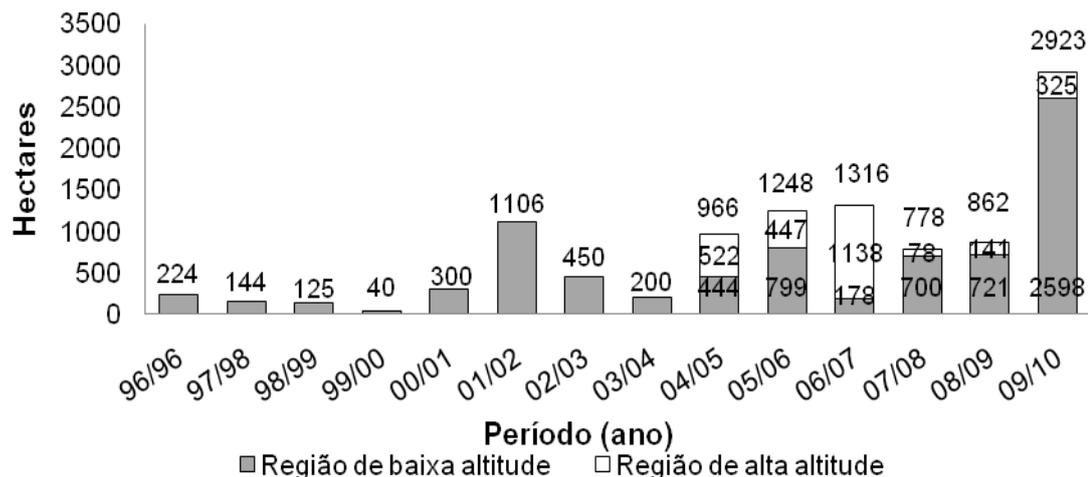


Figura 1. Danos causados por ventos em povoamentos florestais de eucalipto da CENIBRA em Minas Gerais em regiões de baixa e alta altitude. (Fonte: CENIBRA, 2010)

Os danos provocados por ventos de uma micro-explosão são maiores que os danos de um tornado, por ter maior frequência e alcance espacial. A velocidade do vento associado a uma micro-explosão com maior intensidade já registrada foi nos Estados Unidos, em 01 de agosto de 1983, e atingiu 240,9 km/h (FUJITA, 1990). As micro-explosões mais comuns em regiões úmidas e tropicais são acompanhadas de chuvas fortes (ATKINS e WAKIMOTO, 1991).

Uma força gravitacional é exercida pela ação dos ventos sobre a parte exposta das árvores, gerando uma combinação de torques por torção e flexão na sua base, o que, quando superior a resistência do sistema de enraizamento da árvore, provoca o arrancamento da mesma ou a quebra do tronco (Figura 2). Outros danos ainda ocorrem, tais como a inclinação da árvore, a quebra de galhos e o desfolhamento da árvore (ROSADO, 2006).

Caruzzo et al. (2004) relatam que o tipo e a extensão dos danos dependem tanto de fatores meteorológicos, tais como a intensidade e duração

do vento, como também de fatores intrínsecos à floresta, citando-se a densidade da distribuição, a arquitetura das árvores, a idade, o tipo de solo, a topografia e a resistência mecânica dos troncos.

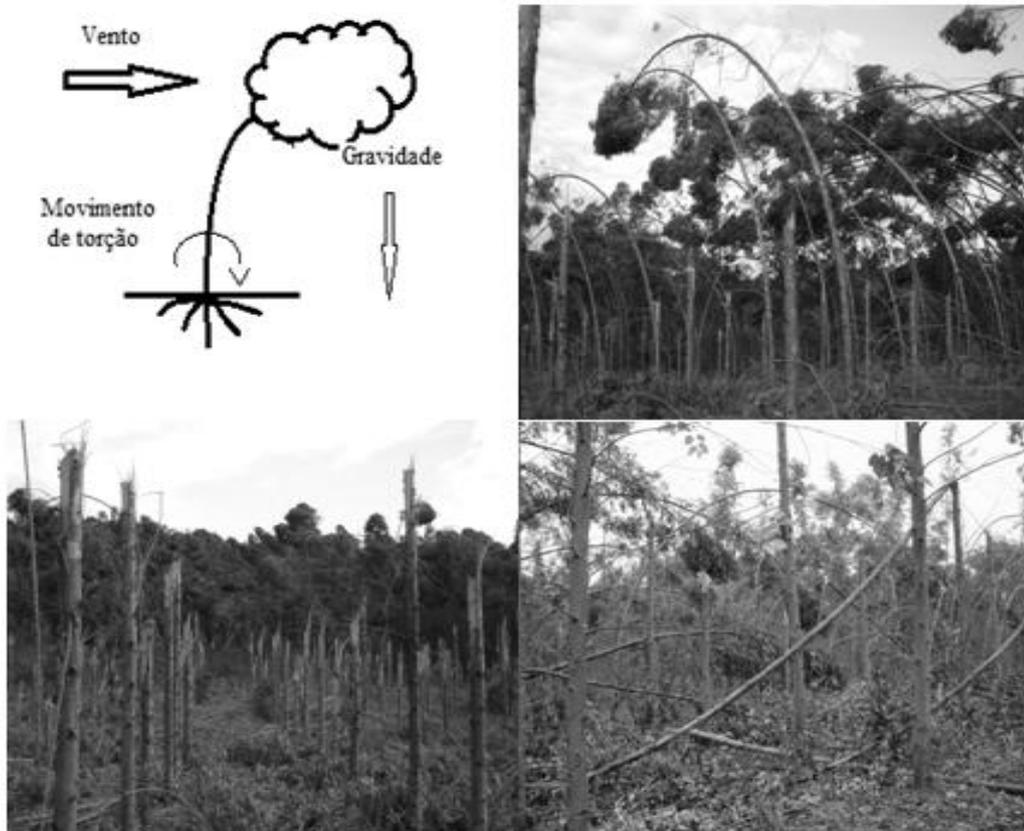


Figura 2. Efeitos do vento e da força de gravidade que atuam nas árvores e as conseqüência nos plantios florestais. (Fonte: Adaptado de STATHERS et al., 1994; CENIBRA, 2010)

Para Metcalfe e Chalk (1989), além dos fatores genéticos, as influências ambientais também são decisivas para a resposta das características ligadas à resistência aos ventos.

De acordo com Oliveira et al. (2010), onde o vento climatológico for mais intenso, maior será a resistência das árvores, pela adaptação a um esforço constante. Os autores acrescentam que em virtude da ação dos ventos, as árvores desenvolvem formas naturais de resistência, sendo tais alterações relacionadas à constituição do lenho e às estruturas anatômicas e químicas.

A ocorrência de danos provocados por ventos nos plantios florestais de eucaliptos no município de Belo Oriente, no Estado de Minas Gerais, por

exemplo, tem como causa um fenômeno natural que ocorre sobre as florestas, na qual nenhuma área está imune (CARUZZO et al., 2004). Ainda de acordo com os autores, por causa das características inerentes de exposição e circulação atmosférica, existem áreas que ficam mais sujeitas a este tipo de ocorrência. Os mecanismos de circulação atmosférica relacionados às micro e macro-explosões estão, portanto, fortemente associados às perdas nas plantações por ventos fortes

2.2. O GÊNERO *EUCALYPTUS*

O gênero *Eucalyptus* apresenta um grande número de espécies com diferentes características, sendo, dessa forma, utilizado em diversas aplicações no setor florestal, principalmente, para a produção de celulose e cultivados em diversas regiões do mundo. Segundo Lamprecht (1990) este gênero pertence à família Myrtaceae, com mais de 600 espécies de diversas variedades e híbridos, provenientes da Austrália, na Oceania.

A madeira de eucalipto é considerada estratégica para o setor industrial brasileiro, utilizada como matéria-prima para a maioria dos produtos de origem madeireira, tais como celulose e papel, carvão vegetal, lenha, chapa de fibras e partículas painéis, postes, dormentes, mourões, serrados, embalagens, entre outros (SILVA e XAVIER, 2006).

Além dos usos tradicionais, há uma importante tendência em destinar a madeira de eucalipto para usos mais nobres, como fabricação de casas, móveis e estruturas, principalmente nas regiões Sul e Sudeste (PEREIRA et al., 2000).

Mangieri e Dimitri (1971) citado por Berger (2000) relatam que este é o gênero que adquiriu a maior importância nos plantios comerciais na América do Sul, por causa da variedade de espécies e adequação em países de clima temperado, tropical e subtropical. De acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantas – ABRAF (2010), a área total de florestas plantadas de eucalipto e pinus no Brasil correspondem a 6.310.450 ha e os Estado da Bahia, seguido por São Paulo, Maranhão, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais apresentaram o maior crescimento das áreas com florestas de eucalipto, os quais, em conjunto, totalizaram 143 mil hectares.

Queiroz e Barrichelo (2007) relatam que aproximadamente 3.500.000 ha de eucalipto no Brasil são utilizados principalmente para a produção de polpa celulósica e carvão vegetal. Valera e Kageiama (1988) verificaram que, no Brasil, mais especificamente na Região Centro-Sul do país, o gênero *Eucalyptus* é utilizado como fonte de matéria-prima para a indústria de celulose e papel desde meados do século passado, por apresentar ampla capacidade de adaptação, rápido crescimento, alta produtividade e qualidade no produto final.

Em se tratando de espécies de rápido crescimento como alternativa, o gênero *Eucalyptus* é uma opção com um enorme potencial e importância por sua capacidade produtiva, adaptabilidade a diversos ambientes e pela grande diversidade de espécies, tornando possível atender aos requisitos tecnológicos dos mais diversos segmentos da produção madeireira. A escolha de espécies do gênero é preferencial para o estabelecimento de florestas plantadas no país. Para atender a tais demandas, é feita uma seleção de espécies, a partir de programas de melhoramento genético, com as características desejáveis de ordem silvicultural, bem como, de algumas propriedades da madeira, como densidade, dimensões de fibras, teores de casca e composição química (EUCALIPTO, 2001).

A diversidade de espécies de eucalipto contribui para os diferentes parâmetros anatômicos, químicos, físicos e mecânicos da madeira, cada uma com suas especificidades, o que leva muitas empresas do ramo florestal a optarem pelo desenvolvimento de clones. Desta forma, criam-se materiais genéticos com características pré-determinadas, a fim de obter uma produção com qualidade.

Apesar desses procedimentos, Souza (2004) relata que problemas relacionados a madeira ainda persistem, tornando-se imprescindíveis pesquisas para solucionar tais problemas. Ainda de acordo com o mesmo autor, um dos problemas que o gênero *Eucalyptus* apresenta é a formação de uma madeira com suas estruturas físicas, químicas e anatômicas alteradas, em árvores jovens que sofrem com a força dos ventos associados a tempestades, que irá, por sua vez, influenciar o produto final. Para Souza

(2004), novos parâmetros de seleção devem ser utilizados nos programas de melhoramento genético.

2.3. HÍBRIDO DO *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*

O desenvolvimento de materiais híbrido é de grande importância para o Brasil, uma vez que o país possui extensas áreas com florestas plantadas, abrangendo as mais diversas condições ambientais, exigindo assim materiais genéticos com características específicas que possibilitam uma boa adaptação ao ambiente e aos diferentes usos da madeira. Estes materiais híbridos se destacam por unir, em uma única planta, características almejavéis vindas de espécies distintas, possibilitando a melhoria, em menor tempo, de diferentes propriedades tecnológicas desejáveis na matéria prima para atender aos usos cada vez mais específicos.

De acordo com vários autores, dentre eles, Brigatti et al. (1980); Ikemori e Campinhos Júnior (1983) e Bertolucci (1993) citados por Almeida (2002), o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* tem grande importância no setor de produção de polpa celulósica por sua alta produtividade e qualidade das fibras, fazendo com que empresas do ramo desenvolvam plantios do híbrido.

Bassa et al. (2007) relatam que os híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* apresentam rápido crescimento, com ciclos de corte variando entre seis e sete anos de idade e pelo desempenho na produção de celulose e papel.

Para Gouvêa et al. (1997), parâmetros como rusticidade, resistência mecânica e tolerância a déficit hídrico do *Eucalyptus urophylla*, conferem a espécie alto potencial para ser empregada em programas de hibridação com o *Eucalyptus grandis* que possui boas características silviculturais, resultando em um material homogêneo e com qualidade.

Segundo Carvalho (2002), a hibridação é empregada como técnica de desenvolvimento de novos materiais genéticos com intuito de gerar indivíduos com vantagens específicas. Ainda para o mesmo autor, isto permite que novas tecnologias sejam testadas em programas de clonagem, resultando em árvores com maior adaptabilidade ao local de cultivo e ao processo industrial.

2.4. QUALIDADE DA MADEIRA

A qualidade dos produtos provenientes da madeira vai depender do conjunto de características anatômicas, químicas, físicas e mecânicas. Estes parâmetros ao serem avaliados são indicativos que contribuem no emprego de determinada espécie de madeira para um fim específico (FREDERICO, 2009).

A qualidade da madeira se refere aos conjuntos das suas características e propriedades, bem como sua utilização em diversos setores e produto final. De acordo com Ambiente Brasil (2007), a densidade, rigidez, estabilidade dimensional, nós, cerne, teores de lignina e extrativos são algumas características que vão influenciar na qualidade da madeira. Para Shimoyama (1990) a qualidade se destina à adequação da madeira ao uso e à presença de requisitos referentes à produção de um produto.

As qualidades da madeira para a obtenção de produtos florestais devem ser melhoradas, modificada ou ter alguns fatores minimizados ou controlados, em considerável extensão, a partir de trabalho em conjunto dos setores de produção florestal, havendo uma maior integração entre os silvicultores e técnicos (EUCALIPTO, 2003).

Para Ferreira et al.(2006), o aumento da produtividade das florestas de eucalipto é proporcionada pelo clima favorável, pela seleção de sítios adequados ao cultivo e pelo programa de melhoramento genético. Assim, a seleção do material baseia-se nesta produtividade e nas características tecnológicas favoráveis ao processo de produção de celulose.

Kollmann e Côté (1968) citam que os fatores ambientais juntamente com as tendências hereditárias e influências fisiológicas e mecânicas afetam a estrutura da madeira. Ainda para os mesmos autores, a formação estrutural da madeira é caracterizada pelos diferentes tipos celulares e dimensões, especialmente, a espessura das paredes celulares.

Ruy e Tomazello Filho (2001), a partir de análises da madeira de grupos fenotípicos de clones de *Eucalyptus urophylla*, recomendam que para seleção de clones, há a necessidade de inclusão dos parâmetros fenotípicos e de qualidade da madeira, de grande importância para a definição do seu uso final.

Os parâmetros anatômicos relacionados às fibras, aos vasos e ao parênquima são os mais utilizados na avaliação da qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose e papel e estão relacionados à qualidade da polpa, às propriedades físico-mecânicas e às características superficiais e ópticas do papel produzido (CARVALHO et al., 1998).

Madeiras juvenis, em função do rápido crescimento, acarretam problemas ligados à qualidade da madeira, conferindo à mesma, valores baixos de densidade e resistência mecânica (LATORRACA e ALBURQUERQUE, 2000).

2.5. ANATOMIA DA MADEIRA

A madeira de folhosas apresenta estrutura anatômica mais complexa que de coníferas. A formação estrutural anatômica das madeiras é de grande importância para analisar outras propriedades, pois a partir do estudo anatômico se classifica a madeira quanto à resistência mecânica, composição química, entre outros parâmetros.

De acordo com Burger e Richter (1991), a anatomia refere-se ao estudo dos diversos tipos de células que formam o lenho, bem como suas funções, organização e estrutura, a fim de conhecer a madeira e atribuí-la uso adequado, assim como o conhecimento de seu comportamento.

Para Thomaz (1995), a madeira é um material heterogêneo com diferentes tipos de células adaptadas a determinadas funções. As composições dos parâmetros químicos, físicos e anatômicos variam entre as espécies e até mesmo dentro da própria espécie, em função de idade e dos fatores genéticos e ambientais.

A variação da madeira dentro do indivíduo ocorre nos sentidos base-topo e medula-casca. Segundo Tomazello Filho (2002), o conhecimento das células e tecidos que compõem o lenho arbóreo é básico para a caracterização da estrutura anatômica das madeiras. As dimensões e disposição dos elementos anatômicos também contribuem para o estudo das madeiras, estabelecendo informações relacionadas aos parâmetros físicos e mecânico. O estudo das características anatômicas dos eucaliptos pode ser realizado para a

identificação da espécie e para preconizar suas propriedades tecnológicas (OLIVEIRA, 1997).

Haygreen e Bowyer (1982) citado por Alzate (2004) relatam que a estrutura anatômica determina os índices de qualidade, de formação química e das características físicas, modificando as propriedades da madeira. Almeida e Silva (1997) ressaltam a importância dos parâmetros anatômicos na seleção de clones de eucalipto para produção de polpa celulósica.

A formação e estrutura anatômica estão associadas às outras características da madeira. Silva (2002) relata que as informações sobre a estrutura do lenho permitem correlacionar as características das células e seu arranjo aos aspectos referentes à resistência mecânica, permeabilidade, resistência natural e trabalhabilidade. Oliveira (1997) descreve que o volume dos vasos e das fibras são fatores importantes nas propriedades físicas e mecânicas da madeira em diferentes eucaliptos.

A quantidade, o tamanho e a espessura dos elementos anatômicos influenciam nas características químicas, físicas e mecânicas da madeira, fazendo necessária a obtenção dos valores referentes às mensurações destes elementos (LELIS e SILVA 1993).

Shimoyama e Barrichelo (1991) e Florsheim (1992) descrevem que a densidade básica está relacionada com as dimensões do diâmetro de lume e da espessura da parede das fibras, pois quanto maior o diâmetro de lume e menor a espessura de parede, menor será a densidade básica da madeira.

Burger e Richter (1991) relatam que as fibras estão presentes nas angiospermas, compondo cerca de 20-80% do lenho e desempenham o papel de sustentação. A morfologia das fibras contribui para compreender o comportamento da madeira, uma vez que fibras com paredes mais espessas possuem maior densidade e maior resistência mecânica (Koga, 1988). Melo (2004) observou que em clones de *Eucalyptus* com 24 meses de idade tolerantes à ação de ventos, as fibras são mais longas, com largura e lume estreitos e paredes mais espessas.

2.6. DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA

A densidade básica da madeira expressa a massa por unidade de volume, sendo a relação da massa seca com o volume saturado da madeira. Para Panshin e De Zeeuw (1980), as variações na densidade são resultado das diferenças nas dimensões celulares, por interações entre esses fatores e pela quantidade de extrativos presentes por unidade de volume. Shimoyama e Barrichelo (1989) descrevem que a densidade é um parâmetro quantitativo, relacionada à qualidade da madeira, por estar diretamente ligada à morfologia, à anatomia e às propriedades químicas da madeira.

Benjamin (2006) afirma que a densidade é de grande importância na caracterização da madeira por sua relação com a organização estrutural da mesma. Ruy (1998) relata que densidade básica da madeira é muito utilizada como parâmetro de seleção, uma vez que sofre influência do material genético, do ambiente e resultado da interação entre eles. De acordo com Ferreira (1972), em *Eucalyptus* a densidade varia em função da idade da árvore, do vigor, do local e das taxas de crescimento entre árvores nos sentidos base-topo e medula-casca.

Segundo Santos (2005), a densidade básica é um componente dependente das proporções de lenho inicial e tardio, do tamanho, do número e da espessura da parede das fibras. Autores como Oliveira (1988), Trugilho et al. (1996), Latorraca e Albuquerque (2000) e Cruz et al. (2003) relatam que a densidade da madeira é a característica mais utilizada em pesquisas de qualidade da madeira, de grande importância e que melhor se correlaciona com outros parâmetros. A resistência mecânica da madeira é influenciada diretamente pela densidade do material (LOBÃO et al., 2004) e a espessura da parede das fibras (MALAN, 1995).

Vasconcelos e Silva Júnior (1985) observaram que, quimicamente, as árvores com madeiras mais densas apresentam elevado teor de lignina e para madeira menos densas, baixo teores de hemicelulose. Conforme os mesmos autores, o aumento da espessura da parede celular e a redução do diâmetro das fibras se relacionaram com o aumento da densidade básica da madeira.

A densidade é um dos mais importantes parâmetros a ser considerado na caracterização tecnológica, uma vez que sua variação afeta a resistência

mecânica e a estabilidade dimensional da madeira (ARGANBRIGHT, 1971). Melo (2004) afirma que árvores mais tolerantes à ação de tempestade apresentaram maiores densidade, flexibilidade e resistência mecânica.

2.7. PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA

Os diversos usos da madeira levam ao estudo da sua caracterização quanto às propriedades mecânicas que evidenciam o seu comportamento quando submetida a diferentes esforços.

De acordo com Benjamim (2006), as propriedades mecânicas avaliam a capacidade da madeira em suportar solicitações mecânicas. Ainda para o mesmo autor, a resistência se refere à capacidade em suportar solicitações mecânicas propriamente ditas e a rigidez reporta à proporcionalidade existente entre tensões e respectivas deformações específicas na fase de comportamento elástico-linear da madeira. Rocha et al. (1988) descrevem que a deformação é proporcional ao carregamento aplicado até chegar a um limite de proporcionalidade, no qual um pequeno incremento de carga provoca a deformação irreversível (deformação plástica) chegando até a ruptura.

Entre estes esforços está a ação dos ventos nos lenhos das árvores nos povoamentos florestais, devastando imensas áreas plantadas. Faz-se necessária a verificação da resistência mecânica deste material, a fim de contribuir para a melhoria do mesmo, a partir de diferentes ensaios mecânicos aplicados à madeira.

Rosado (2006) descreve que as propriedades mecânicas estão relacionadas à aplicação de forças externas e correlacionadas às propriedades físicas, anatômicas e químicas da madeira. Ainda o mesmo autor relata que árvores que sofrem a ação de tempestade são dependentes dos parâmetros mecânicos da madeira para que sejam capazes de suportar as forças externas impostas pela ação dos ventos.

De acordo com Oliveira (2007), em se tratando de madeira para construção civil, o ensaio de flexão é um dos mais importantes, obtendo-se valores a respeito do módulo de elasticidade e módulo de ruptura. Rodrigues (2002) afirma que a aplicação da madeira na Engenharia Civil exige

informações adquiridas de ensaios de compressão, flexão, tração e cisalhamento.

Segundo Scanavaca Junior (2001), as propriedades mecânicas se dividem em dois grupos, um de resistência e o outro de elasticidade, em que o módulo de elasticidade a flexão estática determina a rigidez da madeira. Scanavaca Junior e Garcia (2004) afirmam que os módulos da ruptura e de elasticidade determinados em testes de flexão estática estimam a resistência do material submetido a uma força aplicada perpendicularmente ao eixo longitudinal da peça.

Kollmann e Côté Júnior (1968) relatam que os parâmetros mecânicos da madeira são influenciados pela idade da árvore, ângulo da grã, teor de umidade, temperatura, constituintes químicos, fadiga, apodrecimento, massa específica, constituição anatômica, duração da carga e da deformação, radiação nuclear, falhas na madeira, presença de nós e outros defeitos.

A dimensão das fibras e os raios explicam parcialmente a variação da rigidez entre as madeiras, apresentando uma relação entre as características anatômicas com as propriedades mecânicas (MOREIRA, 1999).

2.8. PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA

Foekel (1977) enfatiza a necessidade do conhecimento da composição química da madeira, uma vez que empresas produtoras de celulose e papel utilizam processos que envolvem as reações físico-químicas dos componentes da madeira. De acordo com Milagres (2009), a composição química da madeira é caracterizada pela presença de polissacarídeos, celulose e hemiceluloses, e, também, lignina, extrativos e inorgânicos.

Segundo Rowell (2005), quimicamente, define-se a madeira como um biopolímero tridimensional composto por celulose, hemicelulose e lignina, apresentando também baixa quantidade de extrativos e materiais inorgânicos.

A celulose é a matéria-prima mais abundante e importante economicamente, uma vez que é o material de interesse na produção de papel. É um polissacarídeo formado por unidades do monossacarídeo β -D-glucose, unidas por ligações glicosídicas do tipo β 1-4 (MOKFIENSKI, 2004).

Klock et al. (2005) descrevem a celulose como um polissacarídeo que se apresenta como um polímero linear, altamente insolúvel em solução aquosa, composto por aproximadamente 1.000 a 15.000 unidades de D-glicose.

As hemiceluloses são polímeros ramificados e de cadeia com menor grau de polimerização, formada por distintos açúcares. As hexoses como glucoses, manose e galactose; e as pentoses como xilose e arabinose são os principais constituintes das hemiceluloses, podendo conter ainda grupamentos acetila e cadeias laterais de ácidos urônicos (COLODETTE, 2001).

De acordo com Hillis (1962) citado por Mokfienski (2004), os extrativos incluem um elevado número de compostos solúveis em água quente, álcool, benzeno e outros solventes. Pertencem a diferentes grupos químicos, como as resinas, os açúcares, os taninos, os ácidos graxos, entre outros. A presença de alguns desses compostos influenciam nas características da madeira como a resistência a organismos xilófagos.

Conforme Mokfienski (2004), a lignina é um composto amorfo, tridimensional e bastante complexo, que se constitui de unidades de fenilpropano, tendo uma cadeia altamente ramificada. É um constituinte mais hidrofóbico da madeira, com função adesiva entre fibras, o que confere dureza e rigidez à parede celular.

Oliveira (2007) relata que o conhecimento da natureza química da madeira permite ao usuário entender o seu comportamento como matéria-prima para diversos usos. De acordo com Silva (2002), a madeira é um material orgânico e os seus constituintes químicos estão diretamente relacionados a suas propriedades.

Nas indústrias de base florestal que têm como objetivo a produção de celulose, as propriedades químicas são de grande importância, uma vez que estão relacionadas com qualidade do produto final, definindo a viabilidade do material genético para tal produção, principalmente, quanto se trata do branqueamento da pasta celulósica.

A constituição química da madeira é formada por celulose, poliose, lignina e extrativo (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química média de madeiras de coníferas e folhosas (Fonte: FENGEL e WEGENER, 1989)

Constituintes	Coníferas	Folhosas
Celulose	42 ± 2%	45 ± 2%
Poliose	27 ± 2%	30 ± 5%
Lignina	28 ± 2%	20 ± 4%
Extrativos	5 ± 2%	3 ± 2%

A composição química também está relacionada à formação estrutural da mesma. Os componentes primários, como a lignina e a holocelulose, e os secundários (extrativos) estão relacionados com as propriedades mecânicas da madeira. Principalmente a celulose e a lignina que conferem à madeira resistência e rigidez. De acordo com D'almeida (1981) e Klock et al. (2005), as substâncias presentes na composição química são apontadas também como responsáveis por características como o odor, cheiro, gosto e resistência natural.

Os constituintes químicos da madeira que se destacam em relação à ação dos ventos nos plantios florestais são os teores de celulose e lignina, uma vez que estão relacionados com as características mecânicas da madeira e, também na produção de celulose. No entanto, nos processos industriais há a necessidade de uma celulose de coloração clara, porém a lignina, ao contrário, tende a escurecer o material, portanto, quanto menor a quantidade de lignina na madeira, menor serão os gastos na produção e maior o rendimento da celulose.

De acordo com Kiblewhite et al. (1998), o rendimento em polpa tende a aumentar com a diminuição da quantidade de lignina na madeira. Por outro lado, baixo teor de lignina implica na redução da resistência mecânica, pois, segundo Santos (2008), a lignina é responsável por esta resistência.

Bendtsen (1978), Sjöström (1981) e Zobel e Buijtenen (1989) afirmaram que a madeira juvenil apresenta menor percentagem de celulose, maiores teores de holocelulose, de extrativos e de lignina quando comparada à madeira adulta.

De acordo com Klock et al. (2005), as coníferas possuem maior teor de lignina do que as folhosas, com algumas diferenças estruturais. Ainda para os

mesmos autores, a lignina é uma substância amorfa encontrada na lamela média composta, bem como na parede secundária, que, durante o desenvolvimento das células, é incorporada como o último componente na parede, interpenetrando as fibrilas e, assim, fortalecendo e enrijecendo as paredes celulares. Funciona como suporte para a árvore, dando a madeira propriedades de elasticidade e resistência bastantes únicas.

A estrutura tridimensional da lignina contribui para rigidez e resistência da madeira às forças de compressão, resultando em uma estrutura resistente ao impacto, compressão e quebra ao conferir rigidez à parede da célula e ao agir como um agente permanente de ligação entre as células (PHILIPP, 1988). Também compete à lignina reduzir a permeabilidade da parede celular à água, e proteger a madeira contra microorganismos (Klock et al., 2005).

2.9. DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL E TENSÃO DE CRESCIMENTO LONGITUDINAL

Conforme Lima et al. (2004), as tensões de crescimento são forças que agem sobre os tecidos das árvores, de forma a mantê-las íntegras e eretas, garantindo resistência à ruptura mecânica e à flexão no tronco contra a ação dos ventos.

As tensões de crescimento na madeira são oriundas de forças que se desenvolvem no interior dos troncos em árvores vivas (DINWOODIE, 1966). Estas tensões são características inerentes ao crescimento natural das árvores, ocorrendo tanto em folhosas como em coníferas (JACOBS, 1945). Contribuem com as árvores ao dar-lhes estabilidade e na manutenção do equilíbrio (VAN WYK, 1978).

Conforme Opie et al. (1984), Rech e Silva (2001 ab), há suspeita de que as causas de altas tensões de crescimento nas árvores estejam relacionadas a fatores genéticos, idades, dimensões da tora, taxa de crescimento e inclinação do fuste.

Del menezzi (1999) ressalta que muitos fatores externos, ambientais ou silviculturais, tais como a taxa de crescimento, a desrama, o desbaste, o espaçamento, o manejo florestal, o tipo de solo e os ventos podem influenciar na intensidade das tensões de crescimento. Carvalho et al. (2010) descrevem

que as limitações à utilização da madeira de eucalipto por causa da presença de tensões são mais notáveis em florestas jovens que em adultas, como consequência de diversos fatores, entre eles a proporção de lenho juvenil.

Baena (1982) relata que a intensidade de tensões de crescimento tende a ser mais elevada em indivíduos mais jovens, reduzindo consideravelmente à medida que a árvore envelhece. Para Hillis e Brown (1978), os níveis de tensões de crescimento são maiores em épocas mais chuvosas que em seca. Melo (2004), ao trabalhar com intensidade de quebra de árvores decorrentes a ação de vento, constatou que os maiores níveis de tolerância das árvores às tempestades estão relacionados com as maiores tensões de crescimento.

O papel principal destas tensões é fornecer suporte à árvore por meio da sua ativação, pois a árvore regula a posição de sua copa em resposta às condições ambientais a que estão sujeitas. Como as árvores estão imóveis, a ação das tensões em um de seus lados permite que ela se curve (KUBLER, 1987).

A seleção de material com menores níveis de tensões de crescimento e com melhor distribuição na circunferência do tronco deve ser priorizada nos programas de melhoramento genético florestal. Para isso existe a necessidade da avaliação dos níveis de tensões de crescimento na circunferência no tronco das árvores ainda vivas (TRUGILHO et al., 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. PROCEDÊNCIA DO MATERIAL E CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO E DA AMOSTRAGEM

Para a caracterização da qualidade da madeira quanto aos parâmetros anatômicos, físicos, mecânicos e químicos, foram avaliados dez clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, sendo oito clones com idade de 30 meses e dois, com idade de 35 meses, plantados em locais de baixada com altitude de 250m em espaçamento de 3,33 x 3 m. A região de baixada foi escolhida por apresentar árvores mais vulneráveis à quebra pelo vento, devido a ausência dos ventos climatológicos.

O material é procedente de plantios florestais da Empresa Celulose Nipo-Brasileira S.A. (CENIBRA), localizada no município de Belo Oriente, na região do Vale do Rio Doce, a Leste do Estado de Minas Gerais.

A região do Vale do Rio Doce encontra-se a 42° 22' 30" de longitude Sul e a 19° 15' 00" de latitude Oeste, com altitude, nos locais de plantio, de 230 a 500 m e tipo de clima, de acordo com Koppen , Aw - clima tropical, com inverno seco (entre os meses de maio e setembro) e estação chuvosa no verão,manifestando-se entre os meses de novembro a abril. A precipitação na região varia de 846 a 1478 mm,com temperatura média de 25° C, com umidade relativa média de 67,3% e com uma velocidade média dos ventos de 3,0 m/s, no período de junho de 2002 a dezembro de 2008 (Figura 3).

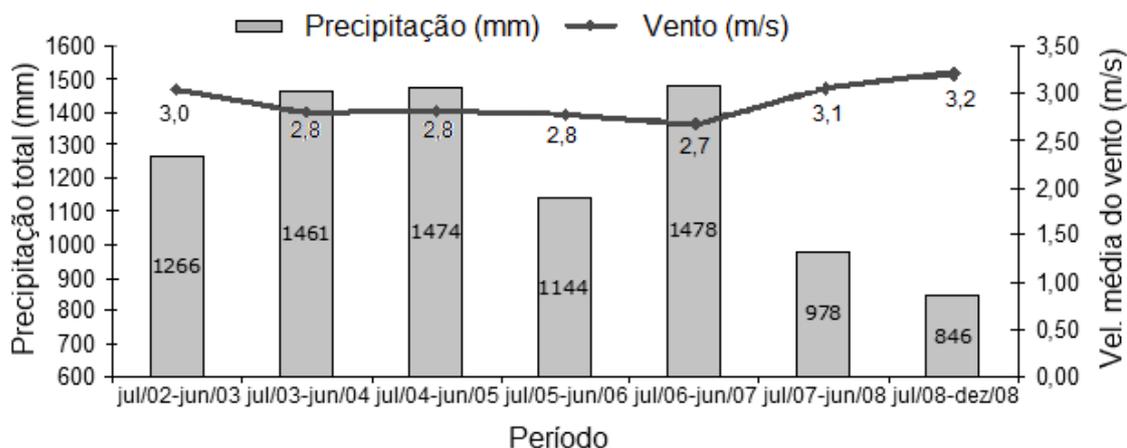


Figura 3. Precipitação total e velocidade média dos ventos no período de junho de 2002 a dezembro de 2008. (Fonte: CENIBRA, 2009)

As áreas do povoamento florestal avaliadas foram afetadas pela ação de tempestade de ventos. A velocidade média e máxima do vento nesta localidade, entre o período de 2005-2010, são apresentadas na Figura 4.

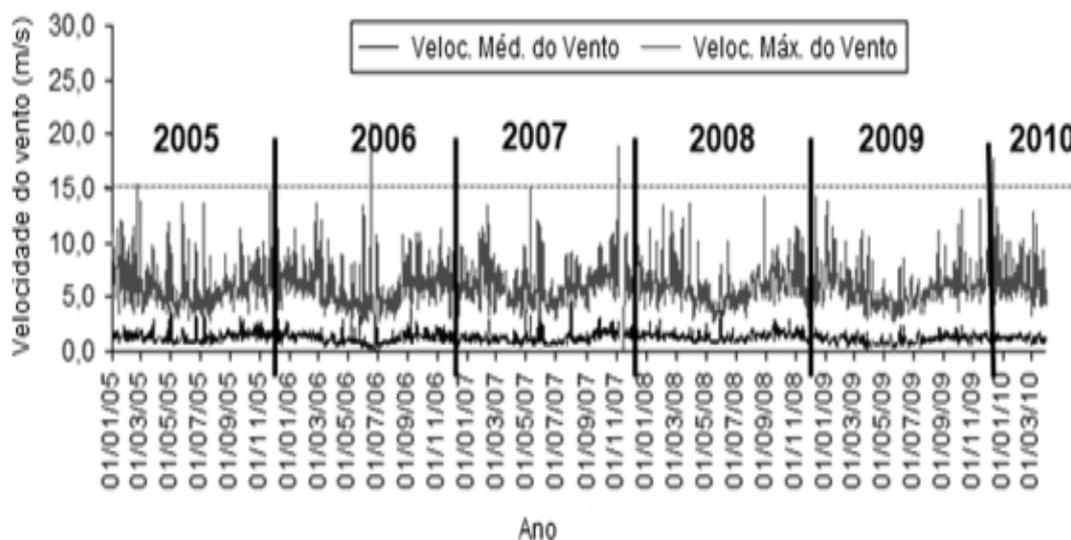


Figura 4. Velocidade média e máxima do vento na região próxima ao plantio florestal, para o período de 2005-2010. (Fonte: CENIBRA, 2010)

Os materiais de estudo são clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* provenientes dos plantios florestais nos municípios de Belo Oriente e do Ipaba, na região do Vale do Rio Doce (MG). Foram utilizadas árvores de dez clones, com 30 e 35 meses de idade (Tabela 2).

Tabela 2. Registro no Ministério da Agricultura e localização dos dez clones sujeitos à ação dos ventos utilizados no presente estudo

Registro do Clone	Nº do Registro	Idade (meses)	Talhão	Localização (UTM)	
				X (W)	Y (N)
CNB017	23597	30	438	771.300	7859.400
CNB008	23582	30	438	771.300	7859.400
CNB014	23593	30	438	771.300	7859.400
CNB001	23540	30	439	770.700	7859.800
CNB010	23569	30	432	768.800	7857.300
CNB005	23544	35	009	776.800	7863.400
CNB006	23545	35	062	774.500	7863.100
CNB012	23589	30	032	773.800	7857.800
CNB1206	Não Registrado	30	042	774.050	7860.100
CNB007	23546	30	056	775.800	7856.900

As árvores foram selecionadas a partir de parcelas de 5 x 6 árvores, totalizando 30 árvores por clone. A partir do diâmetro médio na altura de 1,30 m, selecionou-se quinze árvores com os respectivos diâmetros iguais ou próximos da média entre as trinta árvores. Optou-se por árvores eretas, com boas condições fitossanitárias, sem bifurcação e fora da área de bordadura.

Das 15 árvores selecionadas, cinco foram utilizadas para a realização do teste de resistência da árvore à quebra totalizando 50 árvores. Em seguida, foram coletados três discos por árvore para as análises dos parâmetros físicos, anatômicos e químicos, conforme a Figura 5. O disco I foi retirado na altura do DAP, o disco II na parte inferior e o disco III na parte superior do ponto onde ocorreu a quebra das árvores, evitando partes do tronco que foram danificadas durante a quebra.

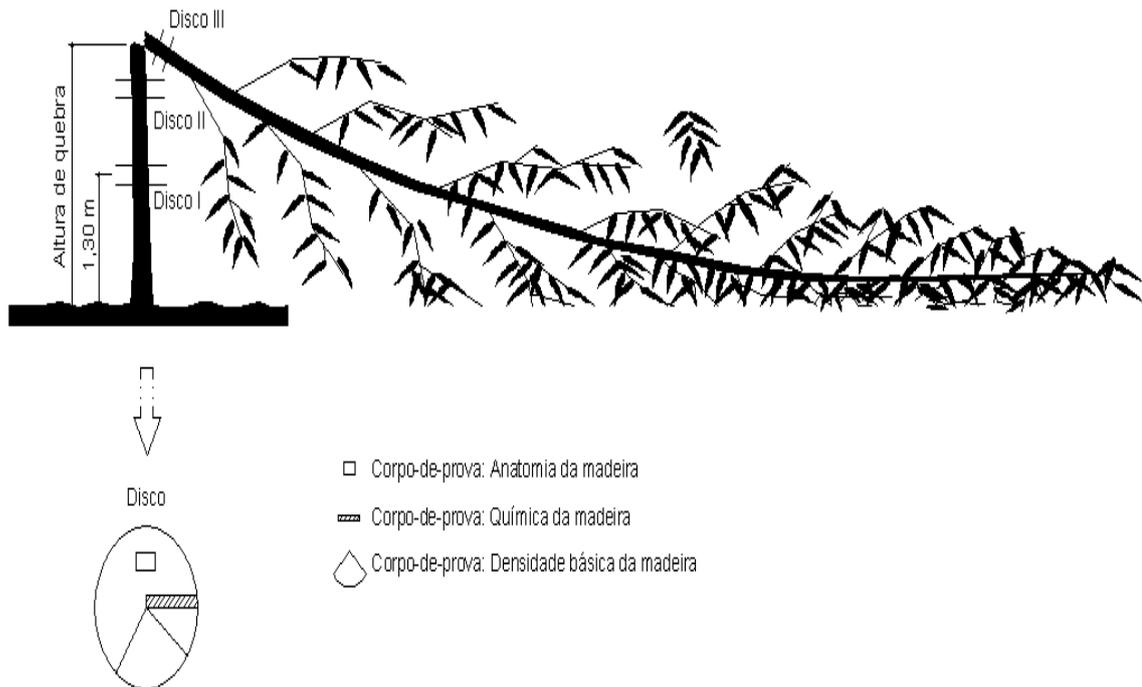


Figura 5. Esquema de amostragem dos discos nas árvores e localização dos corpos-de-prova para determinação dos parâmetros físicos, anatômicos e químicos.

As outras dez árvores foram destinadas à medição da deformação residual longitudinal (DRL). Em seguida, foram abatidas três árvores e coletadas três toras por árvores até a altura de 6 m do fuste comercial, cada uma delas com 2 m de comprimentos.

As toras foram transportadas para o Laboratório de Ciência da Madeira (LCM) do Departamento de Engenharia Florestal, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no município de Jerônimo Monteiro, e confeccionados corpos-de-prova para a determinação dos parâmetros mecânicos. O esquema de amostragem da toras nas árvores, bem como a localização dos corpos-de-prova são ilustrados na Figura 6.

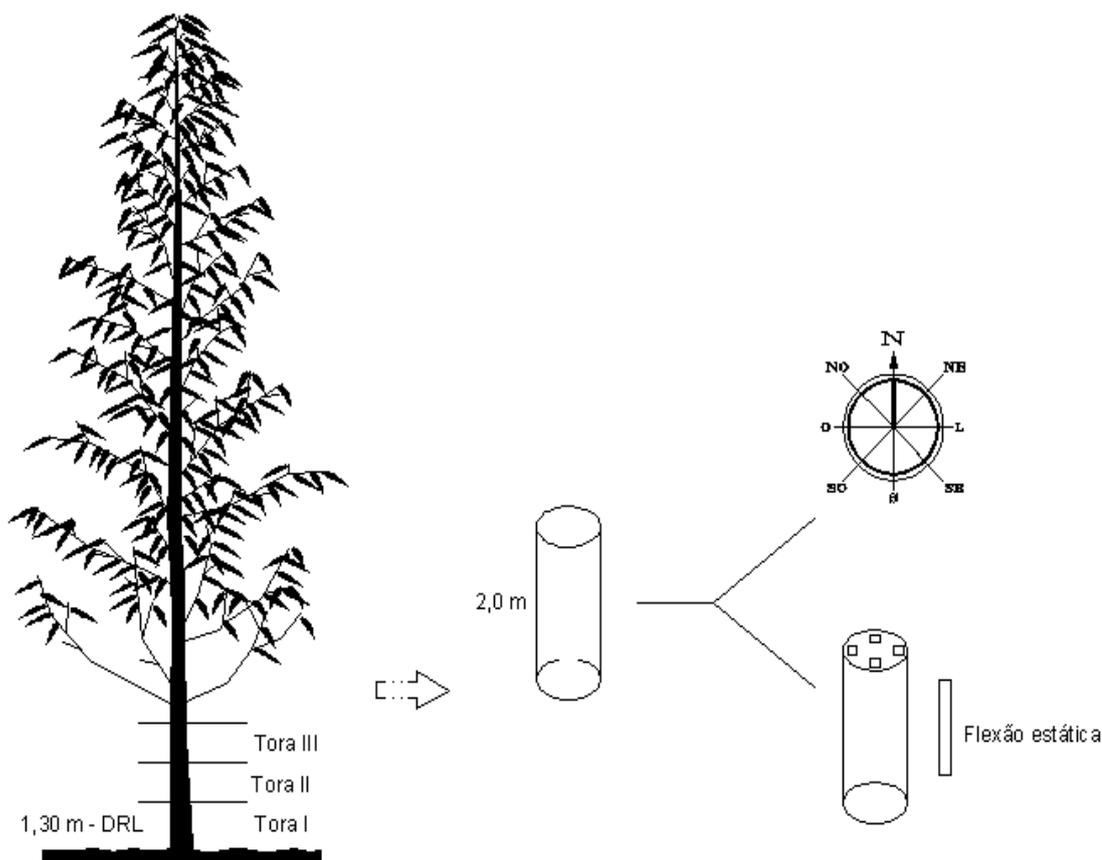


Figura 6. Esquema de amostragem e localização dos corpos-de-prova para determinação da DRL e da flexão estática da madeira.

A avaliação do material quanto às características dendrométricas, teste de resistência a quebra e a DRL foram efetuadas em campo. Já os estudos referentes aos parâmetros anatômicos, físico, mecânico e químicos foram desenvolvidos no LCM.

3.3. CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA DAS ÁRVORES

Avaliaram-se a altura total, a altura do fuste comercial e a altura da copa, o diâmetro na altura do peito (DAP-1,30 m) e o peso da copa considerando folhas e galhos das árvores amostradas com o uso de uma trena e uma balança de pesagem suspensa.

3.4. TESTE DE RESISTÊNCIA DAS ÁRVORES EM PÉ À QUEBRA

O teste de resistência das árvores em pé à quebra, procedeu nas cinco árvores devidamente selecionadas para cada clone, totalizando 50 árvores. Para a avaliação dessa resistência, adotou-se a metodologia desenvolvida pela

CENIBRA (2007), com intuito de simular o efeito do vento sobre as árvores, adquirindo assim a força máxima (kgf) relativa à resistência das árvores em pé à quebra.

Em suma, o método consiste em amarrar a copa da árvore a uma altura pré-determinada de aproximadamente 85% da altura de cada árvore, puxar a corda num ângulo fixo de 45° , com o auxílio de um guincho. A força necessária para quebrar a árvore é registrada no dinamômetro (Figura 7 e 8).

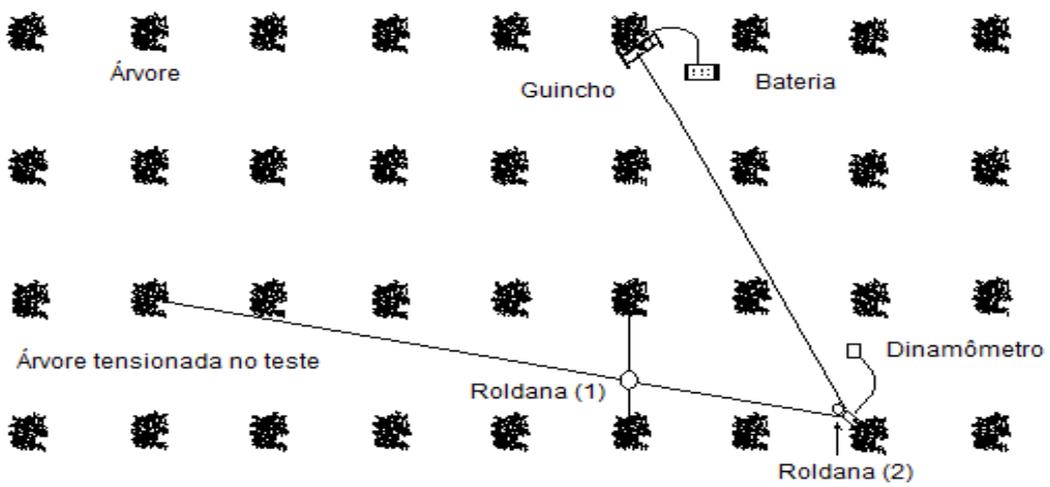


Figura 7. Vista por cima do sistema de avaliação de resistência da árvore à quebra. (Fonte: Adaptação de ROSADO, 2007)

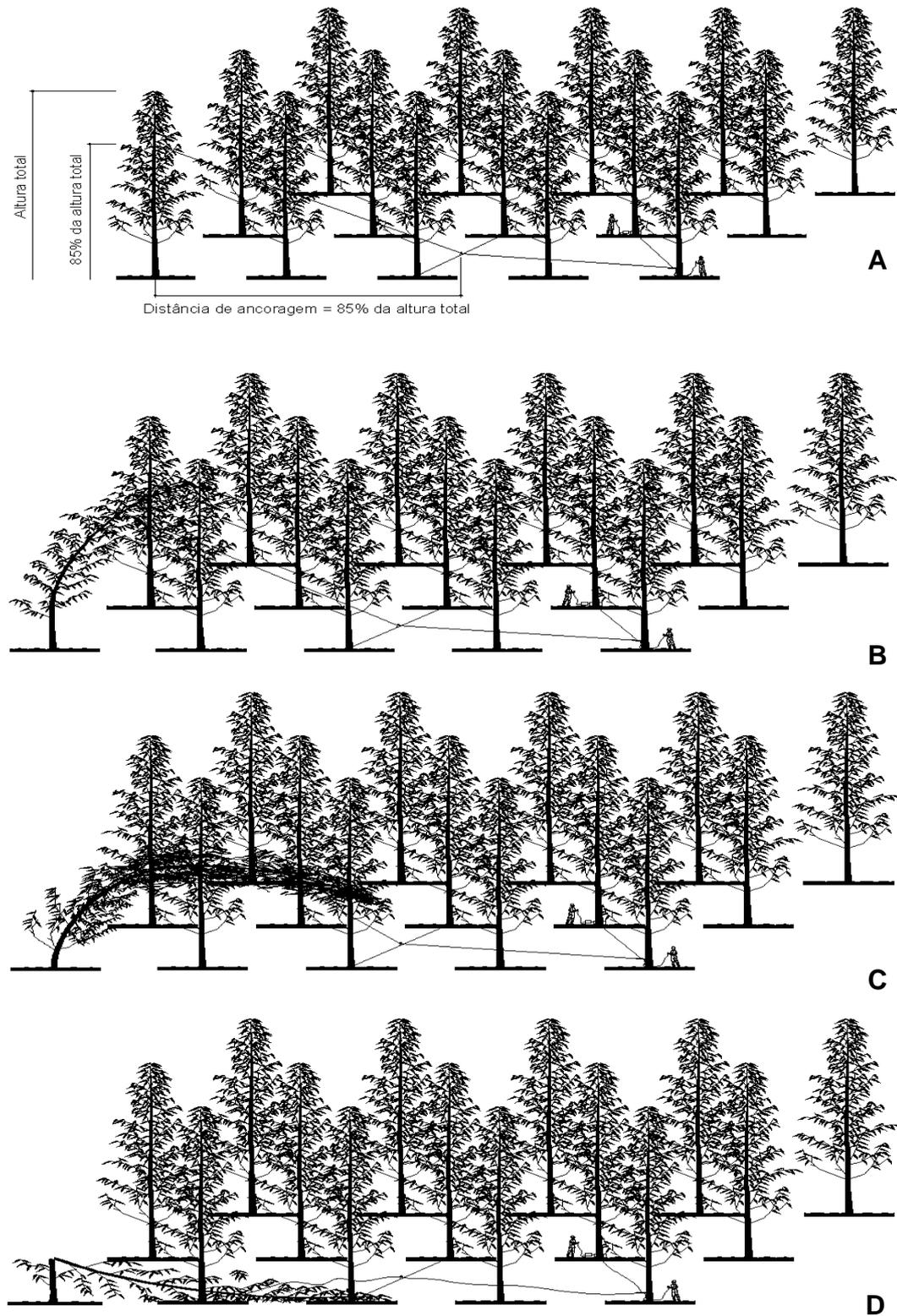


Figura 8. Avaliação do teste de resistência das árvores à quebra: A) Instalação do teste de resistência; B) Árvore curvada; C) Árvore tombada; D) Árvore quebrada.

Os passos do desenvolvimento da metodologia, que compreende de dez etapas, são descritos a seguir:

- (i) Selecionar as árvores para realização do teste e, posteriormente, puxá-las em diferentes direções (norte, sul, leste, oeste, nordeste, sudoeste, noroeste e sudoeste) ou em relação à declividade (esquerda e direita, porém, “nunca morro abaixo ou acima”). O lado para a queda das árvores foi escolhido visualmente, de acordo com a direção na qual havia a maior quantidade de árvores já quebradas no local;
- (ii) Determinar para cada árvore a posição na copa onde deverá ser amarrada, correspondente a 85% da altura total, com auxílio de uma régua milimetrada;
- (iii) Com auxílio de um estilingue, arremessar, na altura encontrada referente aos 85% da altura total da árvore, uma esfera de chumbo preso a uma linha de *nylon*;
- (iv) Amarrar na extremidade da linha de *nylon*, uma corda de polipropileno de 5 mm de espessura com aproximadamente 30 m de comprimento e transpor o mesmo galho com auxílio da linha de *nylon*. Para fixar bem o *nylon* à corda, utilizar uma fita isolante, e aproveitar o tamanho da corda para identificar a altura de amarração (altura do local amarrado na copa);
- (v) Ancorar na base de duas árvores para garantir um ângulo de 45°, com auxílio de uma corda de quatro metros e uma roldana. Esta roldana deve apresentar uma distância equivalente a do pé da árvore ao ponto de amarração na copa;
- (vi) Ancorar em uma árvore, com auxílio de uma corda de dois metros, um dinamômetro conectado a uma roldana a uma distância mínima de três metros a mais que o comprimento total da árvore;
- (vii) Amarrar em uma árvore, com auxílio de uma corda de dois metros, um guincho elétrico já com um cabo de aço, deixando-o mais próximo possível do nível do dinamômetro, para facilitar a puxada;
- (viii) Passar a corda amarrada na copa às roldanas e conectar ao o cabo de aço;

- (ix) Ajustar o dinamômetro (“zerar”) e começar a envolver o cabo de aço em ritmo constante;
- (x) Tracionar a corda até que ocorra a quebra da árvore. A força será registrada no dinamômetro;

Os dados de força foram ajustados corretamente para a amarração feita aos exatos 85% da altura total de cada árvore, uma vez que executado o teste de resistência, a altura de amarração variou entre as árvores. A força do teste de resistência foi adaptada de acordo com o modelo de equação de regressão ajustado pela CENIBRA (2009), $y = \beta_2x^2 + \beta_1x + \beta_0 + \epsilon$, com um coeficiente de determinação de $R^2 = 0,998$. O processo de estimação do modelo foi feito de forma a diminuir ao máximo possível os valores dos erros encontrados em relação à altura de amarração (Figura 9).

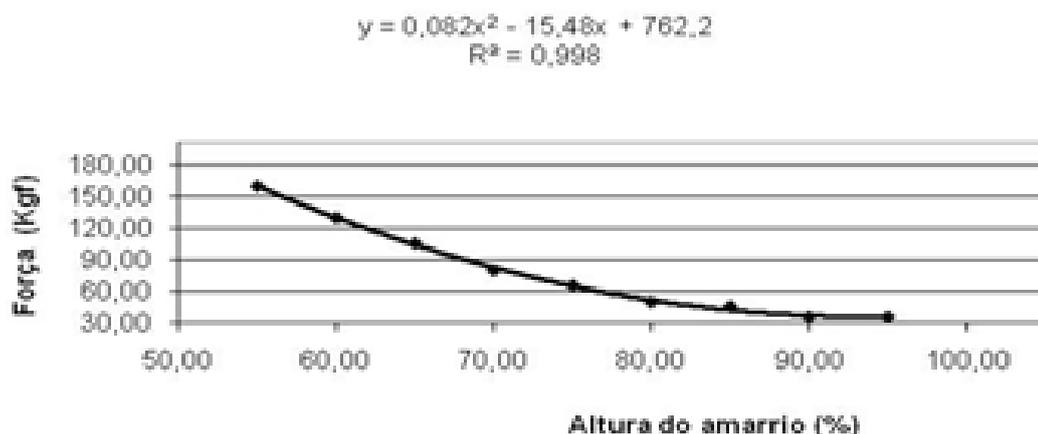


Figura 9. Diagrama de dispersão entre a força do teste de resistência à quebra e a altura de amarração. (Fonte: CENIBRA, 2009)

3.5. DETERMINAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL) E DA TENSÃO DE CRESCIMENTO

A medição referente à DRL foram realizadas na altura a 1,30 m do solo nas diferentes direções - norte, sul, leste e oeste ou nordeste, sudoeste, noroeste e sudeste, de acordo com o sentido no qual houve maior predominância da queda de árvores após a ação dos ventos.

As medições foram realizadas de acordo com o método não destrutivo do “CENTRE DE COOPERATION INTERNATIONALE EN RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT-DÉPARTEMENT FORÊT” –

CIRAD - Forêt (“*Growth Strain Gauge*”- Medidor de Deformação de Crescimento), que consiste em um relógio comparador digital – extensômetro, que tem como função informar a deformação residual longitudinal por meio da compressão das fibras, uma vez que a tensão é liberada.

Ao extensômetro são conectados dois pinos, com uma distância entre eles de 45 mm na direção da grã, fixado no tronco da árvore na altura do DAP, sem casca. Posteriormente ao ajuste do aparelho, foi feito um furo de 2 cm de diâmetro com um arco de pua, entre os pinos, a fim de liberar as tensões refletidas na contração longitudinal das fibras, obtendo assim a deformação residual longitudinal da madeira (Figura 10). Ao liberar esta tensão o valor em milímetro é registrado diretamente no visor do relógio digital.

Os valores da DRL foram tomados na ausência de vento, uma vez que os valores na presença do mesmo poderiam ser superestimados, pois com o movimento das árvores, as força de sustentação interna poderiam oscilar, influenciando assim no resultado.

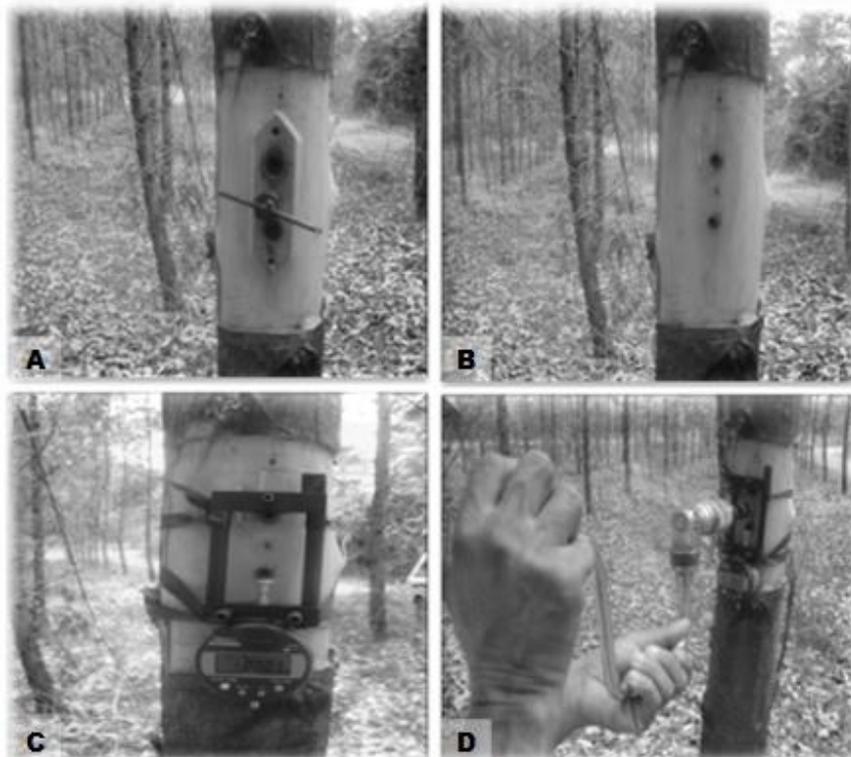


Figura 10. Aplicação do método de DRL: A) Fixação dos pinos a distância de 45 mm com o auxílio de um gabarito; B) Pinos fixados ao tronco; C) Ajuste do relógio digital apoiado nos pinos; D) Uso do arco de pua para liberar as tensões.

A partir dos valores da deformação residual longitudinal, juntamente com o módulo de elasticidade encontrado, foram determinadas as tensões de crescimento das árvores, pelo emprego da fórmula fornecida no “Manual do Equipamento” (Equação 1).

$$TCL = \frac{MOE \times DRL}{45} \quad (1)$$

em que:

TCL = Tensão de crescimento longitudinal (Kgf/cm²);

MOE = Módulo de elasticidade (Kgf/cm²);

DRL = Deformação residual longitudinal (mm);

45 = Distância entre os dois pinos (mm).

3.6. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA

A densidade básica da madeira foi determinada a partir de amostras no formato de cunha retiradas nos discos I, II e III nas cinco árvores selecionadas para cada clone (Figura 5). A determinação da densidade básica da madeira foi obtida com base no Método Brasileiro - MB-26 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1940).

As amostras foram imersas em água até que estivessem completamente saturadas, com o volume saturado das amostras determinado pelo método da balança hidrostática. Em seguida, as amostras foram secas em estufa à temperatura de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ até atingirem uma massa constante, determinando-se a massa seca do material em uma balança de precisão de 0,01g.

3.7. DESCRIÇÃO ANATÔMICA QUANTITATIVA DA MADEIRA

Para os parâmetros anatômicos, foram mensurados a frequência e o diâmetro vascular, o comprimento, largura, o diâmetro de lume e espessura das paredes das fibras.

Como material para a descrição anatômica para a mensuração dos vasos, foram retiradas amostras do cerne periférico de cada disco com dimensões aproximadamente 1,0 x 1,5 x 2,0 cm, nas direções radiais, tangenciais e longitudinais, respectivamente.

Os corpos-de-prova foram amolecidos em água à ebulição e, posteriormente, fixados em um micrótomo de deslize para a confecção de cortes histológicos do plano transversal, com uma espessura variando de 18 a 20µm.

Para a realização das mensurações dos vasos, foram obtidas fotomicrografias das lâminas histológicas preparadas pelo uso de uma câmera digital acoplada ao microscópio óptico. As mensurações foram realizadas no *software* Axiovision 4.5, específico para as análises das imagens. Para cada disco obtido de cada árvore, dentro de cada clone, efetuaram-se 40 repetições para frequência de vasos por mm² e 40 repetições para o diâmetro tangencial dos vasos.

Para a mensuração das fibras, as amostras também foram retiradas do cerne periférico, tomando finos palitos do lenho no plano na direção radial das amostras, sendo assim submetidos ao processo de maceração. Os palitos foram transferidos para um vidro de 25 mL contendo solução macerante de ácido acético/peróxido de hidrogênio em proporção de 1:1. Posteriormente, foram lacrados e transferidos para estufa à temperatura de 60° C durante 48 horas, de acordo com a metodologia proposta por Nicholls e Dadswel, descrita por Ramalho (1987).

Em seguida, a suspensão das células foi lavada com água destilada, procedendo-se, após, a coloração do material com safranina alcoólica a 1%. Lâminas temporárias foram montadas em glicerina e água na proporção de 1:1.

As mensurações de comprimento, largura e diâmetro do lume das fibras foram efetuadas a partir de fotomicrografias das lâminas temporárias obtidas com o uso de câmera digital acoplada ao microscópio óptico e suas imagens foram analisadas por meio do *software* Axiovision 4.5.

As mensurações das fibras foram realizadas segundo os procedimentos da Comissão Panamericana de Normas Técnicas - COPANT (1974), considerando 20 repetições correspondentes aos discos I, II e III

(Figura 5). A espessura da parede celular das fibras foi determinada de forma indireta a partir da diferença entre a largura da parede e o diâmetro do lume dividida por dois.

3.8. FLEXÃO ESTÁTICA

A madeira para a avaliação da flexão estática foi proveniente das toras I, II e III, referentes as três árvores selecionadas (Figura 6) após o teste de DRL.

Os corpos-de-prova foram avaliados nas diferentes direções correspondentes a avaliação da DRL. A flexão estática foi a propriedade mecânica escolhida para ser avaliada, uma vez que determina o módulos elasticidade (MOE), o módulo de ruptura (MOR) e o trabalho absorvido, que estão relacionados com a resistência e rigidez da madeira. A confecção dos corpos-de-prova e o ensaio mecânico obedeceram ao MB-26, da ABNT (1940).

Em parte do material confeccionaram-se corpos-de-prova que foram ensaiados com a madeira em condições verde, cujo teor de umidade era de 100%. O restante do material foi colocado para secar à sombra, com a umidade sendo controlada até que atingissem a umidade de equilíbrio com o ambiente, com o intuito de também realizar o ensaio com a madeira nas condições seca. Os corpos-de-prova foram condicionados em uma câmara acimatizadora, com total controle da umidade relativa até que obtivessem teor de umidade correspondente a 15%. Posteriormente, procedeu-se o ensaio de flexão estática.

Os testes mecânicos foram executados em uma máquina universal de ensaios com sistema de aquisição de dados automatizado.

3.9. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA

Para a análise química da madeira, as amostras foram retiradas dos discos II e III (Figura 5) . Na análise química, foram determinados os teores de lignina, de extrativos e, por diferença, o teor de holocelulose. Para a determinação desses parâmetros foram utilizadas as normas presentes na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros químicos analisados com as respectivas metodologias

Parâmetro	Procedimento
Amostragem e preparação do material	TAPPI 257 e TAPPI 264 om - 88
Lignina	Análise somativa (LAP 003 e 004)
Solubilidade em etanol-tolueno	TAPPI T 204 om 88

Para a preparação das amostras, retirou-se uma cunha dos disco II e III, que, em seguida, foi transformada em palitos finos, sendo misturados para compor uma única amostra. Posteriormente, essa amostra foi transferida para um moinho laboratorial do tipo *wiley* e transformada em serragem.

Foram empregadas nas análises, amostras compostas de serragem, de ambos disco, que passaram por uma peneira de malha 40 *mesh* e ficaram retidas em uma de 60 *mesh*.

Foram utilizados dois gramas de serragem seca para as amostras de cada árvore. A primeira extração foi realizada com a mistura etanol/tolueno na proporção de 1:2, por cinco horas, sendo, em seguida, extraídas em álcool por quatro horas e postas em água quente por uma hora, para a obtenção dos extrativos e pesagem, segundo a norma da *American Society to Testing and Material* – ASMT D1105.

Para a determinação da lignina insolúvel (lignina de Klason), procedeu-se as análises de acordo com Gomide e Demuner (1986). Foram pesados 0,03 g de cada amostra com precisão de 0,001 g e transferidas para um tubo de ensaio. Adicionaram-se 3 mL de ácido sulfúrico (72%) e colocados em “banho maria” na temperatura de $30 \pm 0,2^{\circ}$ C, durante uma hora, misturando-as com frequência.

Adicionaram-se 84 mL de água destilada e as amostras foram transferidas para um frasco de penicilina de 100 mL fechado hermeticamente. As amostras foram novamente transferidas para uma autoclave mantida com água a temperatura de 118° C, durante uma hora. Posteriormente, as amostras foram filtradas em cadinhos de vidro sinterizados com uma camada de óxido de alumínio em fibras. A lignina foi lavada no cadinho com água destilada até a eliminação do ácido e colocado em estufa à temperatura de $103 \pm 2^{\circ}$ C até a formação de massa constante para posterior pesagem das amostras. Pela

diferença do peso entre o cadinho vazio e com a lignina, encontrou-se o teor da lignina insolúvel.

O filtrado obtido da lignina insolúvel foi diluído em um litro de água destilada. Uma solução em branco foi preparada pela diluição de 3 mL de ácido sulfúrico para um litro de água. A lignina solúvel em ácido foi determinada por meio de um espectrofotômetro SP 2000 UV, nos comprimentos de onda de 215 e de 280 nm. Utilizaram-se cubetas de quartzo e a solução em branco preparada para ajustar o espectrofotômetro para 100% de transmitância e 0% de absorbância, também nos comprimentos de onda de 215 e 280 nm. Por fim, a leitura de absorbância para cada amostra do filtrado diluído foi efetuada, nos respectivos comprimentos de onda. O teor de lignina solúvel foi encontrado em percentagem em relação ao peso da madeira absolutamente secas (serragem) pelo emprego da Equação 2.

$$TLS = \frac{4,53 \times (A_{215} - A_{280})}{300 \times P} \times 100 \quad (2)$$

em que:

TLS= Teor de lignina solúvel (%);

A_{215} = Absorbância do filtrado a 215 nm;

A_{280} = Absorbância do filtrado a 280 nm;

P = Peso absolutamente seco da madeira (serragem) em gramas.

3.10. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Nas análises estatísticas, os dados foram dispostos e analisados, sendo encontrados os valores de média, desvio padrão e coeficiente de variação. Para avaliar o grau de significância dos parâmetros anatômicos, físico, mecânico e químicos entre os clones, bem como suas variações, foi realizada uma análise de variância e quando os parâmetros foram significativos, aplicou-se o teste *Tukey* a 5% de probabilidade para a comparação de médias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS E TESTE DE RESISTÊNCIA DAS ÁRVORES À QUEBRA

Os valores médios das características dendrométricas e da resistência das árvores à quebra para cada clone, para a altura total da árvore, a altura comercial, a altura da copa, o peso da copa (galhos e folhas), a altura do ponto de quebra e a distância de ancoragem para os dez clones encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios das características dendrométricas para os dez clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Clone	DAP (cm)	HT (m)	HFC (m)	HC (m)	PC (Kg)	HA (m)	HQ (m)	DA (m)
CNB017	12,45bcde*	17,48 b	12,17 cde	5,31 a	9,55 ab	14,47 bc	3,49 a	13,32 b
CNB008	12,13 def	15,78 c	11,04 e	4,73 ab	7,40 ab	12,23 d	3,23 a	12,13 b
CNB014	11,78 f	16,68 b	11,49 de	5,19 a	8,40 ab	12,83 cd	2,93 a	12,28 b
CNB001	10,82 g	14,89 d	11,40 de	3,49 b	10,20 a	12,10 d	3,61 a	12,31b
CNB006	12,35 cdef	17,31 b	13,00 bcd	4,31 ab	10,30 a	13,49 cd	2,05 a	13,66 b
CNB005	13,34 a	19,24 a	13,63 bc	5,62 a	7,20 ab	16,25 ab	1,46 a	15,69 a
CNB010	13,08 ab	19,66 a	14,01 bc	5,65 a	6,70 ab	16,14 ab	3,11 a	16,03 a
CNB007	11,81 ef	17,08 b	11,55 de	5,52 a	8,20 ab	13,14 cd	2,68 a	13,24 b
CNB012	12,80 abc	20,10 a	15,70 a	4,40 ab	7,20 ab	16,58 a	3,56 a	16,65 a
CNB1206	12,80 abcd	19,93 a	14,55 ab	5,38 a	5,70 b	16,33 a	3,79 a	16,45 a
Média geral	12,33	17,81	12,85	4,96	8,09	14,36	2,99	14,17

DAP = Diâmetro na altura do peito; HT = Altura total da árvore; HFC = Altura comercial; HC = Altura da copa; PC = Peso da copa; HÁ = Altura de amarração; HQ = Altura da quebra; DA = Distância da ancoragem.

*Valores médios seguidos de mesma letra, para características analisadas não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $p > 0,05$).

O diâmetro médio entre os clone foi de 12,33 cm, tendo o clone CNB005 o maior diâmetro (13,34 cm) e o clone CNB001, o menor (10,82 cm).

A altura média entre os clones foi de 17,81 m, tendo o clone CNB012 apresentando a maior altura (20,10 m) e a menor sendo observada no clone CNB008 (15,78 m).

Quanto à altura de amarração, a média geral foi de 14,36 m, tendo o clone CNB012 a maior altura (16,58 m) e o clone CNB001 a menor (12,10 m). A altura da quebra das árvores ocorreu, na maioria dos clones na tora II, com exceção do clone CNB005 (tora I), referente às regiões de coleta de material para a análise mecânica.

Em geral, a altura média onde ocorreu a ruptura das árvores (Figura 11) foi de 2,99 m, com o maior valor para o clone CNB1206 (3,79 m) e o menor, para o clone CNB005 (1,46 m). Ferreira (2010), ao estudar quatro clones de *Eucalyptus*, com dois anos de idade em diferentes topografias, encontrou uma altura média de quebra de 2,5 m, variando 1,9 a 3,1 m. Portanto, pode-se observar que a altura média da quebra das árvores está próximo ao encontrado na literatura, confirmando a de elevada fragilidade de quebra nesta região, quando as árvores são submetidas a esforços causados pela ação dos ventos.



Figura 11. Região de ruptura das árvores durante o teste de resistência à quebra.

A altura média geral da copa foi de 4,96 m, o clone CNB010 foi o que apresentou a maior altura (5,65 m) e o clone CNB012 a menor (4,40 m). O peso médio geral da copa foi de 8,09 kg, tendo o clone CNB006 o maior peso

(10,30 kg) e o clone CNB1206, o menor peso (5,70 kg). Espera-se que árvores com maiores copas tenham resistência maior ao vento, conseqüentemente maior será a força aplicada sobre o tronco, caracterizando o efeito “vela”, desempenhada pelas copas durante a ocorrência dos ventos.

De modo geral, observou-se que para algumas características, os clones diferenciaram significativamente entre si, podendo estas características influenciarem na resistência das árvores quando sujeitas à ação dos ventos.

Os valores médios, os desvios padrões e os coeficientes de variação obtidos para a resistência das árvores à quebra, simulando o efeito do vento para os dez clones do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5. Resistência máxima ajustada das árvores a quebra para os dez clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Clone	Força de quebra (kgf)	Clone	Força de quebra (kgf)
CNB017	98,04 b* (49,57) (50,56)**	CNB005	196,37 a (51,38) (26,17)
CNB008	65,37 b (38,89) (59,49)	CNB010	56,58 b (13,98) (24,72)
CNB014	63,21 b (21,44) (33,92)	CNB007	64,27 b (18,19) (28,31)
CNB001	39,76 b (10,32) (25,96)	CNB012	48,55 b (15,63) (32,19)
CNB006	92,23 b (39,08) (42,38)	CNB1206	65,63 b (36,63) (55,80)
Média geral		79,00 (52,26) (66,15)	

* Valores médios seguidos pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si (*Tukey*, $p > 0,05$).

** Valores entre parêntesis correspondem ao desvio-padrão (kgf) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

A força de quebra apresentou uma média geral entre os clones igual a 79,00 kgf, tendo o clone CNB005 atingindo a maior força para quebra (196,37 kgf) e a menor força sendo observada no clone CNB001 (39,76 kgf). Estatisticamente apenas o clone CNB005, diferenciou significativamente dos demais.

A ordem dos clones de maior resistência das árvores à quebra para a menor ocorreu na seguinte forma: CNB005 > CNB006 > CNB017 > CNB014 > CNB007 > CNB008 > CNB1206 > CNB010 > CNB012 > CNB001.

Ao estudar quatro clones de *Eucalyptus* com dois anos de idade e em diferentes topografias, Ferreira et al. (2010), encontram para a força de resistência à deformação ou à quebra, uma média entre clones de 69,6 kgf, variando de 59,2 a 90,0 kgf. Quando comparado ao encontrado na literatura, observa-se que a média geral do presente trabalho foi um pouco superior e com os limites de variação superior mais elevados e o inferior, um pouco mais próximo, o que pode ser justificado pela idade dos clones.

Os coeficientes de variação para a força de resistência das árvores à quebra entre os dez clones, variaram de 25,96 a 59,49%, demonstrando uma alta dispersão, podendo o material ser considerado heterogêneo.

No ano de 2010, a CENIBRA avaliou os danos de quebra das árvores no período de julho de 2009 a março de 2010, de acordo com sua idade e verificou que árvores com dois anos de idade e de regiões de baixada possuem maior vulnerabilidade ao tombamento e, conseqüentemente, à quebra (54%), por causa da baixa intensidade dos ventos climatológicos, não oferecendo resistência ao material e acarretando em danos nos povoamentos florestais (Figura 12).

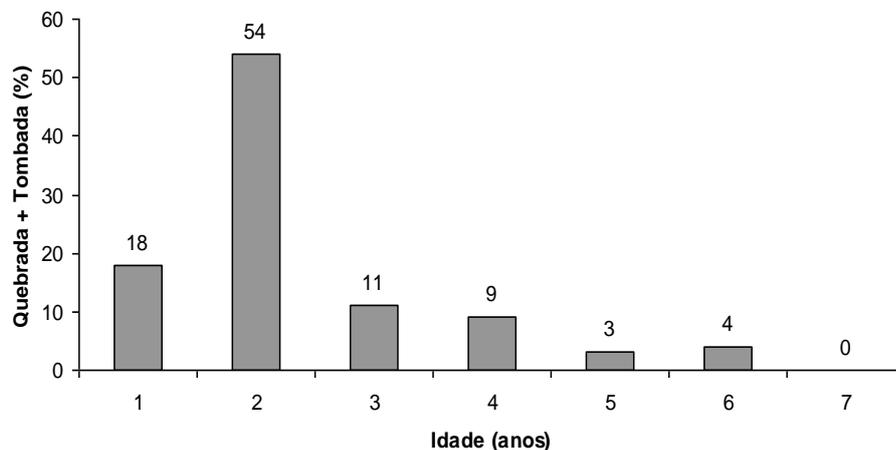


Figura 12. Danos causados por ventos em diferentes idades no período de julho de 2009 a março de 2010. (Fonte: CENIBRA, 2010)

O teste de resistência das árvores à quebra tem sido empregado como procedimento dos programas de avaliação e seleção de clones, bem como quantificar o problema e obter informações quanto à resistência do material e os locais de maior ocorrência e susceptibilidade à ação dos ventos. O clone

CNB005 diferenciou dos demais, apresentando uma maior força de resistência das árvores à quebra, portanto este clone seria o indicado na seleção de material com maior resistência para os plantios em regiões susceptíveis a ação dos ventos.

4.2. Deformação residual longitudinal (DRL) e tensão de crescimento longitudinal (TCL)

Os valores médios gerais e para cada direção (norte, sul, leste e oeste ou nordeste, sudoeste, noroeste e sudeste) das deformações residuais longitudinais (mm) para cada clone estudado estão apresentados na Figura 13.

Os resultados da deformação residual longitudinal evidenciam a existência de diferença estatística entre alguns clones. A DRL média nas árvores, decorrente das tensões de crescimento, apresentou um valor médio de 0,086 mm. A partir dos resultados da DRL, em consequência das quatro medições feita no tronco das árvores de acordo com as direções, verifica-se que o clone CNB001 foi o que apresentou o maior valor (0,116 mm), indicando uma maior deformação, enquanto os clone CNB017 e CNB005 apresentaram os menores valores (0,060 mm). Nota-se também os elevados coeficientes de variação entre os clones, o que resulta em materiais mais heterogêneos.

Os coeficientes de variação para o DRL entre os dez clones variaram de 34,14 a 129,87%, demonstrando uma alta dispersão, podendo considerar o material heterogêneos.

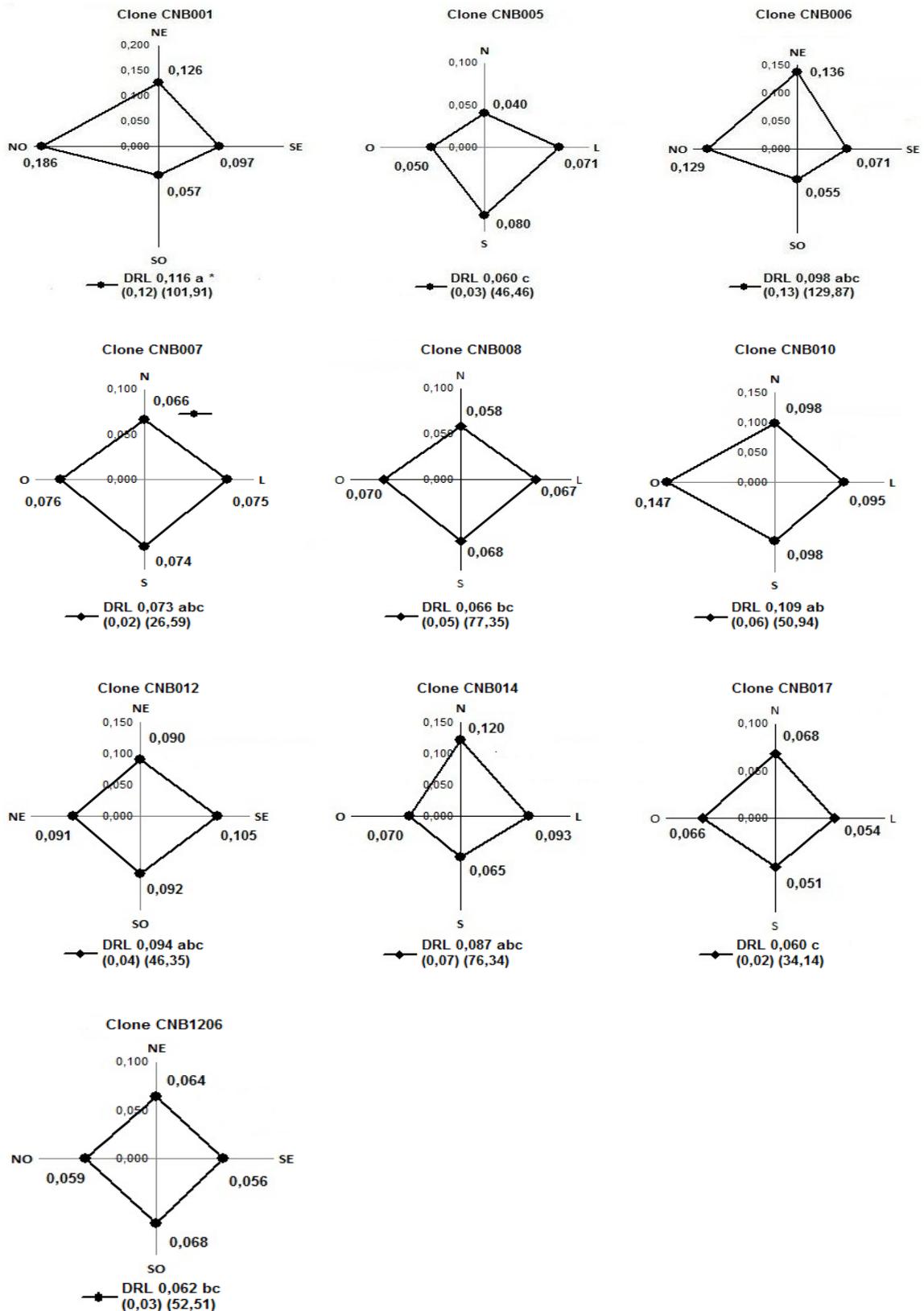


Figura 13. Representação gráfica dos valores médios (mm), valores entre parêntesis correspondem ao desvio padrão (mm) e coeficiente de variação (%) das deformações longitudinais residuais nas diferentes orientações no tronco para os dez clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

* Valores médios seguidos de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si (Tukey, $p > 0,05$)

Trugilho et al. (2006), ao avaliarem a deformação residual longitudinal em seis clones de *Eucalyptus* spp., aos 10,5 anos de idade, obtiveram resultados médios de 0,093mm. Lima et al. (2004), ao estudarem as DRLs em clones de *Eucalyptus* spp., encontraram valor médios de 0,073 mm, para o híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos 8,5 anos de idade, valor este abaixo do encontrado no presente estudo.

Souza (2002) encontrou, em clone de híbridos naturais de *Eucalyptus* com idade de seis anos, valor médio de DRL de 0,090 mm. Cardoso Júnior et al. (2005) encontraram valor médio para a DRL de 0,065mm para um clone de *Eucalyptus* com diferentes idades. Os resultados obtidos no presente estudo, apesar da procedência e o tipo do material genético diferentes dos outros estudos e idade bem inferior, foram semelhantes aos encontrados na literatura.

.Os valores da tensão de crescimento longitudinal (kgf/cm²) para cada clone estão apresentados na Figura 14. Em relação à TCL, o valor médio entre os clone foi de 115,650 kgf/cm². Verifica-se também que o clone CNB001 apresentou o maior valor para a TCL, 156,53 kgf/cm².

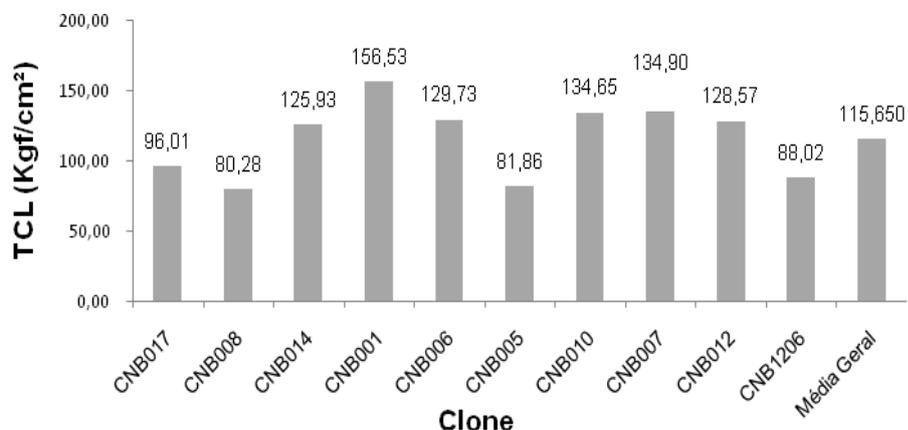


Figura 14. Representação gráfica dos valores médios da tensão de crescimento longitudinal (kgf/cm²) para cada clone.

Os clones que tiveram as menores DRLs, não foram aqueles que apresentaram os menores valores para a tensão de crescimento, uma vez que o clone CNB008 foi o que obteve o menor valor de TCL, 80,248 kgf/cm². Estes valores estão próximos aos encontrado por Melo (2004), que ao avaliar quatro clones de *Eucalyptus* com idade de 24 meses, obteve valores de tensão de

crescimento longitudinal variando de 114 a 148 kgf/cm², concluindo que os maiores níveis de tensões de crescimento das árvores, conduzem a maiores níveis de tolerância das mesmas a tempestades.

Lima et al (2004) encontraram valores variando de 81 a 175 kgf/cm² em clone de *Eucalyptus* com idades de 8,5 a 15 anos e Trugilho (2002) encontrou valores variando entre 139 e 448 kgf/cm² para diferentes clone de *Eucalyptus* com seis anos de idade.

Os valores para a tensão de crescimento foram semelhantes aos citados quando as idades eram menores, o que pode explicar os baixos valores da TCL para materiais com menores idades.

Como o interesse é selecionar clones para plantios em regiões propensas a ventos fortes, tem-se a necessidade de árvores com maior estabilidade. Portanto, deve-se optar por clones com altos níveis de DRL. Assim sendo, os clones CNB001, CNB010, CNB006, CNB012, CNB014 e CNB007, seriam os selecionados para os plantios nessas regiões, uma vez que não apresentaram diferença estatística entre si.

4.3. DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA

Os valores médios para os discos I, II e III e a média geral para a densidade básica da madeira para os dez clones estão apresentados na Tabela 6. Verifica-se que os maiores valores foram aqueles pertencentes ao disco III para a maioria dos clones. A variação da densidade básica da madeira comportou-se de modo semelhante ao encontrado na literatura.

Tabela 6. Valores médios da densidade básica da madeira para os dez clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Clone	Densidade básica (g/cm ³)			
	Disco I	Disco II	Disco III	Média Geral
CNB017	0,421 ab* A* (0,010)** (2,439)	0,432 a A (0,010) (2,327)	0,433 a A (0,007) (1,719)	0,429 a (0,010) (2,377)
CNB008	0,394 abc A (0,038) (5,492)	0,390 ab A (0,036) (9,148)	0,399 abc A (0,038) (9,439)	0,394 bc (0,034) (8,751)
CNB014	0,431 a A (0,024) (5,552)	0,424 a A (0,015) (3,590)	0,431 a A (0,010) (2,342)	0,429 a (0,016) (3,834)
CNB001	0,387 bcd A (0,021) (5,492)	0,395 ab A (0,021) (5,326)	0,363 bc A (0,018) (4,834)	0,382 c (0,023) (6,102)
CNB006	0,384 bcd A (0,007) (1,778)	0,386 ab A (0,010) (2,517)	0,419 a A (0,056) (13,389)	0,396 bc (0,035) (8,825)
CNB005	0,376 cd B (0,012) (3,159)	0,412 a A (0,017) (4,129)	0,404 ab A (0,006) (1,443)	0,397 bc (0,020) (4,992)
CNB010	0,379 cd A (0,020) (5,366)	0,3512 bc A (0,017) (4,129)	0,379 abc A (0,006) (1,443)	0,369 c (0,032) (8,690)
CNB007	0,350 d A (0,010) (2,989)	0,315 c A (0,057) (18,12)	0,349 c A (0,011) (3,201)	0,338 d (0,036) (10,611)
CNB012	0,412 abc A (0,016) (3,979)	0,433 a A (0,005) (1,188)	0,425 a A (0,021) (4,873)	0,423 ab (0,017) (4,003)
CNB1206	0,378 cd B (0,005) (1,413)	0,401 ab AB (0,004) (1,001)	0,410 ab A (0,013) (3,238)	0,396 bc (0,016) (4,011)

* Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si (*Tukey*, $p > 0,05$).

** Valores entre parêntesis correspondem ao desvio padrão (g/cm³) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Os valores médios da densidade básica entres os clones variaram de 0,338 g/cm³ para o clone CNB007 a 0,429 g/cm³ para os clones CNB017 e CNB014. Estatisticamente, os clones CNB017, CNB014 e o CNB012 apresentaram os maiores valores para a densidade básica da madeira.

Observou-se que, para cada clone, quando comparado os disco I, II e III, houve diferença estatística para os clones CNB005 e CNB1206, variando de 0,376 a 0,412 g/cm³ e de 0,378 a 0,410 g/cm³, respectivamente.

Já para os valores da densidade básica da madeira entre os clones, para cada disco, nota-se que no disco I apresentou uma maior diferença estatística entre os clones. Para esse disco, os valores de densidade básica variaram de 0,350 g/cm³ para o clone CNB007 a 0,421 g/cm³ para o clone CNB017. No disco II, variou de 0,315 g/cm³ para o clone CNB007 a 0,433

g/cm³, para o clone CNB012. Em relação ao disco III, variou de 0,349 a 0,433 g/cm³, para os clones CNB007 e CNB017, respectivamente.

Ferreira et al. (1979) verificaram, para o *Eucalyptus grandis* aos dois e três anos de idade, densidade básica média de 0,384 e 0,433 g/cm³, respectivamente. Ao analisar clones de *Eucalyptus saligna* aos 24 meses de idade, Lima (1995) observou densidade entre 0,433 a 0,443 g/cm³.

Lima et al. (2001) encontraram, para clones de *Eucalyptus grandis*, com idade variando de 6 meses a 7,5 anos, uma densidade de 0,347 a 0,579 g/cm³. Em clones com 2,5 anos de idade, a densidade básica da madeira encontrada variou entre 0,446 a 0,511 g/cm³. Melo (2004), ao estudar clones de *Eucalyptus* aos dois anos de idade encontrou uma densidade variando de 0,412 a 0,472 g/cm³. Mauri (2010) observou, em clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com aproximadamente seis anos de idade, uma densidade básica média variável de 0,47 a 0,48 g/cm³.

De modo geral, os valores da densidade básica da madeira foram menores que aqueles encontrados por outros autores, mas, em alguns casos, em clones com idades semelhantes, os valores foram mais próximos, o que pode ser explicado pelo material genético.

Ressalta-se que a maior tolerância a ventos se deve às árvores com maior densidade, em virtude da espessura maior das paredes das fibras, o que oferece maior resistência à madeira. Visto isso, os clones CNB017, CNB014 e o CNB012 seriam os indicados para o plantio em áreas susceptíveis à ação de ventos por apresentarem maior densidade.

Os coeficientes de variação para a densidade básica da madeira entre os dez clones, de modo geral, foram baixos, demonstrando baixa dispersão, podendo os clones serem considerados homogêneos para este parâmetro.

4.4. DESCRIÇÃO ANATÔMICA QUANTITATIVA

A partir das mensurações dos elementos anatômicos, compreendem-se a formação e estrutura das células, bem como a resistência mecânica relacionada à anatomia da madeira. Observou-se variação significativa nas dimensões dos elementos anatômicos para os dez clones avaliados no presente estudo.

As características dimensionais quantitativamente mensuradas foram o diâmetro e a frequência de vasos, o comprimento, a largura, o diâmetro do lume e a espessura da parede das fibras.

4.4.1. Vasos

Os valores médios, os desvios padrões e os coeficientes de variação, para o diâmetro tangencial e frequência dos vasos para os dez clones da madeira, estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Valores médios do diâmetro tangencial e frequência dos vasos para os dez clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Clone	Vaso	
	Diâmetro (μm)	Frequência (vasos/ mm^2)
CNB017	102,04 de* (21,21) (20,78)**	12,56 bc (2,95) (23,52)
CNB008	107,84 c (24,04) (22,29)	10,76 gh (2,66) (24,76)
CNB014	107,61 c (22,97) (21,34)	11,90 de (3,08) (25,86)
CNB001	102,69 d (20,60) (20,06)	11,15 fg (2,25) (20,13)
CNB006	118,72 a (23,59) (19,87)	12,80 b (2,71) (21,17)
CNB005	97,93 ef (21,72) (22,18)	13,52 a (2,58) (19,09)
CNB010	105,82 cd (24,60) (23,25)	10,39 h (2,19) (21,11)
CNB007	97,48 f (28,71) (29,45)	11,39 ef (4,15) (36,44)
CNB012	103,87 cd (25,12) (24,18)	12,21 cd (2,88) (23,59)
CNB1206	113,07 b (20,84) (18,43)	11,49 ef (2,37) (20,63)
Média Geral	105,71	11,82

* Valores médios seguidos de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si (*Tukey*, $p > 0,05$)

**Valores entre parêntesis correspondem ao desvio-padrão (μm) e coeficiente de variação (%), respectivamente

O valor médio geral para o diâmetro tangencial dos vasos foi de 105,71 μm , os limites foram de 97,48 μm para o clone CNB007 e 118,72 μm para o clone CNB006. Estatisticamente, o clone CNB006 apresentou o maior valor diferenciando-se dos demais.

Alzate (2004) avaliou a anatomia da madeira de clones de *Eucalyptus grandis*, com oito anos e encontrou um valor de 106,00 μm para o diâmetro

tangencial dos vasos. Veenin et al. (2005) encontraram, em clones de *Eucalyptus camaldulensis* com cinco anos de idade para o diâmetro de vaso, um valor médio de 98 μm . Oliveira (2009) analisou dois clones de *Eucalyptus grandis* em diferentes regiões, com aproximadamente 69 meses, encontrando média para os diâmetros de vaso de 99,21 e 129,56 μm . Mauri (2010) estudou dois clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com aproximadamente seis anos de idade e encontrou valor médio de 111,27 e 118,31 μm , para os diâmetros dos vasos. Os valores encontrados no presente estudo estão em concordância com a literatura.

Ao comparar os valores do diâmetro dos vasos entre os discos I, II e III (Figura 5) para cada clone, a maioria dos clones, com exceção dos clones CNB010, CNB007 e o CNB1206, apresentaram o mesmo comportamento, sendo os valores para os discos I e III superiores ao disco II. Os maiores diâmetros dos vasos foram observados no disco III. Estatisticamente, apenas o clone CNB006 não apresentou diferença entre os discos I, II e III, encontrando-se também os maiores valores para os disco I e III. O clone CNB1206 foi o que apresentou, para o disco II, o maior diâmetro de vaso (Figura 15).

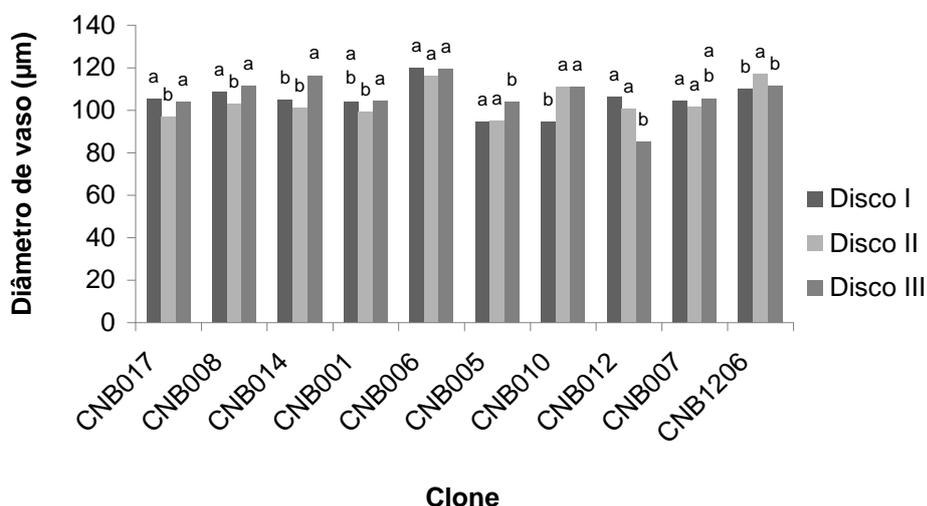


Figura 15. Representação gráfica dos valores médios (μm) do diâmetro tangencial do vaso entre os discos I, II e III, para cada clone estudado.

Para o disco I, os diâmetros dos vasos variaram de 94,66 a 110,37 μm , para os clones CNB010 e CNB1206, respectivamente. Em relação ao disco II,

variou de 95,00 μm para CNB005 a 117,16 μm para o clone CNB1206. No disco III, constatou-se que os diâmetros variaram de 85,44 μm para o clone CNB007, a 116,58 μm para o clone CNB014.

Maiores diâmetros tangenciais de vasos propiciam à madeira maior espaço poroso, conferindo à mesma menor densidade. Consequentemente, as árvores tendem a ter menor resistência mecânica. Portanto, estatisticamente, para esta característica, verificou-se que os clones CNB005 e CNB007 são os indicados para o plantio florestal em áreas expostas a ação de ventos.

O valor médio geral para a frequência dos vasos foi de 11,82 vaso/ mm^2 , os limites foram de 10,76 vaso/ mm^2 para o clone CNB008 e 13,52 vaso/ mm^2 para o clone CNB005. Estatisticamente, o clone CNB005 foi o que apresentou a maior frequência de vasos, diferenciando-se dos demais (Tabela 7).

Os valores encontrados para a frequência de vasos, no presente trabalho, estão de acordo com os encontrados na literatura. Silva (2002) encontrou valor médio, para a frequência de vasos, de 10,71 vasos/ mm^2 em *Eucalyptus grandis* de diferentes idades.

Mauri (2010) ao analisar dois clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com aproximadamente seis anos de idade, encontrou valores médios de 11,67 e 13,27 vasos/ mm^2 , respectivamente. Oliveira (2009) encontrou valores médios de 10,87 e 14,14 vasos/ mm^2 , respectivamente para dois clones de *Eucalyptus* em diferentes regiões com aproximadamente 69 meses de idade.

Para a frequência de vaso, conforme pode ser observado na Figura 16, quando se compara os discos I, II e III (Figura 5), para cada clone, todos apresentaram diferença estatística entre os discos, porém o clone CNB017 foi o que apresentou maior diferença (Figura 16).

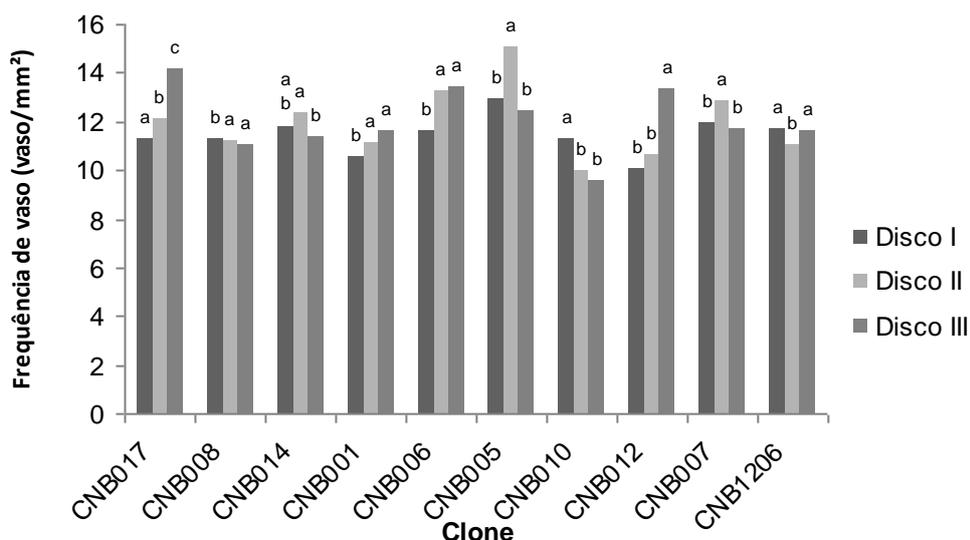


Figura 16. Representação gráfica dos valores médios (vasos/mm²) da frequência dos vasos entre os discos I, II e III, para cada clone estudado.

Para o disco I, verificou-se que a frequência dos vasos variou de 10,13 a 13,00 vasos/mm² para os clones CNB007 e CNB005 respectivamente. Em relação ao disco II, variou de 10,02 vasos/mm² para o clone CNB010 a 15,08 vasos/mm² para o clone CNB005. No disco III, constatou-se que a frequência dos vasos variou entre 9,57 vasos/mm² para o clone CNB010 e 14,21 vasos/mm² para o clone CNB017.

Os valores encontrados para a frequência de vasos no presente trabalho, apesar das diferenças estatísticas, foram muito próximos, existindo uma tendência de equilíbrio no comportamento da madeira quanto à resistência à quebra para este parâmetro.

Os coeficientes de variação para o diâmetro e frequência dos vasos entre os dez clones variaram de 18,43 a 29,45% e 19,09 a 36,44%, respectivamente, demonstrando uma dispersão média, podendo considerar os clones pouco homogêneos para este parâmetro (Tabela 7).

4.4.2. Parâmetros das Fibras

Os valores médios e os respectivos desvios padrões e os coeficientes de variação, obtidos para o comprimento, a largura, o diâmetro do lume e a

espessura de parede das fibras para os dez clones da madeira de eucalipto são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Valores médios dos parâmetros das fibras para os dez clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Clone	Fibras			
	Comprimento (µm)	Largura (µm)	Diâmetro do lume (µm)	Espessura da parede (µm)
CNB017	1021,89 bc* (127,79) (12,51)**	18,62 b (2,99) (16,04)	10,45 ef (2,69) (25,72)	4,08 a (0,91) (22,27)
CNB008	907,15 e (129,17) (14,24)	18,32 bc (3,09) (16,84)	10,62 cdef (3,06) (28,83)	3,85 bcd (0,92) (23,83)
CNB014	946,05 d (138,98) (14,69)	18,16 bc (2,96) (16,28)	10,05 f (2,81) (27,93)	4,05 ab (0,80) (19,73)
CNB001	943,71 d (123,47) (13,08)	19,87 a (3,42) (17,23)	12,06 ab (3,19) (26,45)	3,91 abc (0,86) (21,94)
CNB006	953,81 d (122,16) (12,81)	17,68 c (3,18) (17,97)	10,36 ef (3,03) (29,22)	3,66 def (0,84) (22,88)
CNB005	1009,14 c (139,23) (13,80)	18,95 b (3,56) (18,76)	11,30 bc (3,26) (28,87)	3,83 cd (0,86) (22,48)
CNB010	1011,17 c (104,68) (10,35)	18,18 bc (2,94) (16,19)	11,26 cd (2,91) (25,83)	3,46 f (0,82) (23,79)
CNB007	1044,69 b (113,33) (10,85)	19,84 a (3,19) (16,06)	12,66 a (3,26) (25,72)	3,59 ef (0,82) (22,95)
CNB012	1015,00 bc (102,55) (10,10)	18,31 bc (2,88) (15,75)	10,52 def (3,05) (29,04)	3,90 abc (0,94) (24,09)
CNB1206	1097,77 a (112,21) (10,22)	18,69 b (3,00) (16,04)	11,09 cde (2,85) (25,69)	3,80 cde (0,78) (20,41)

* Valores médios seguidos de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si (Tukey, p > 0,05)

** Valores entre parêntesis correspondem ao desvio-padrão (µm) e coeficiente de variação (%), respectivamente

Os valores para o comprimento da fibra variaram entre 907,15 a 1097,77 vasos/mm² para os clones CNB008 e CNB1206, respectivamente. Estatisticamente, o clone CNB1206 apresentou o maior comprimento de fibra, diferenciando-se dos demais (Tabela 9).

Os coeficientes de variação para o comprimento das fibras foram baixos, demonstrando uma baixa dispersão, podendo-se considerar os clones homogêneos para este parâmetro.

Quando são comparados os discos I, II e III (Figura 5), para cada clone, os clones CNB008 e CNB1206 foram os únicos que não apresentaram diferença estatística entre os discos. Já os clones CNB014, CNB001 e CNB005 foram os que apresentaram a maior diferença (Figura 17).

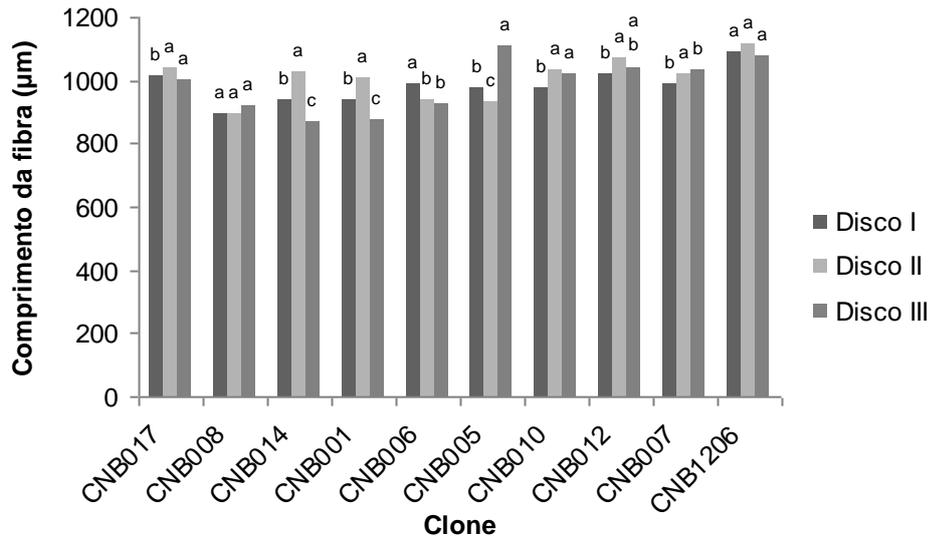


Figura 17. Representação gráfica dos valores médios (μm) do comprimento das fibras entre os discos I, II e III, para cada clone estudado.

No disco I, o comprimento das fibras variou de 897,62 a 1095,37 μm , para os clones CNB008 e CNB1206, respectivamente. Para o disco II, variou de 899,84 μm para o clone CNB008 a 1115,31 μm para o clone CNB1206. No disco III, constatou-se que o comprimento das fibras variaram de 869,50 a 1110,87, para os clones CNB014 e CNB005, respectivamente.

Tomazello Filho (1987) ao pesquisar *E. globulus*, *E. pellita* e *E. acmenioides*, com 10 anos de idade cada, obteve valores médios do comprimento de fibra variando de 590 a 1290 μm no sentido medula-casca. Mori (2003) ao estudar *Eucalyptus* spp de teste clonais com 7,5 a 13,5 anos, encontrou valores entre 880 a 1090 μm para o eucalipto. O comprimento médio das fibras apresentado por Melo (2004), para quatro clones de *Eucalyptus* com 24 meses de idade, foi de 1040 μm . Embora a idade seja próxima dos clones do presente estudo, verificou-se que apenas um clone foi superior, os demais ficaram abaixo do valor encontrado.

Venni et al. (2005) , ao avaliarem clones de *Eucalyptus camaldulensis* com 5 anos de idade, encontraram valores médios que variaram de 690 a 1070 μm para o comprimento de fibras. Silva et al. (2007) encontraram valores médios de 1120 μm para o *Eucalyptus grandis* Hill ex.Maiden, com diferentes idades. Os valores obtidos no presente estudo estão coerentes com os

encontrados na literatura, apesar do material avaliado apresentar uma idade inferior.

Fibras com maiores comprimento, mais finas e com os lumes mais estreitos conferem à madeira maior resistência e flexibilidade. Melo (2004), ao estudar quatro clones de *Eucalyptus* com 24 meses de idade, verificou que árvores que produzem fibras mais longas são consideradas mais tolerantes à ação dos ventos. Deste modo, em relação ao comprimento das fibras, estatisticamente, o clone CNB1206 foi o que apresentou o maior valor e deve ser o indicado para os plantios florestais nas áreas expostas a ação do vento.

Verifica-se na Tabela 8, para a largura das fibras, os valores médios entre os clones variando de 17,68 μm para o clone CNB001 a 19,84 μm para o clone CNB007. Estatisticamente, o clone CNB001 apresentou a maior largura para as fibras, diferenciando-se dos demais.

Os coeficientes de variação para a largura das fibras variaram de 16,04 a 17,23%, demonstrando baixa a média dispersão, podendo-se considerar pouco homogêneos, para este parâmetro, os clones.

Conforme pode ser observado na Figura 18, quando comparado os discos I, II e III (Figura 5), para cada clone, os clones CNB008 e CNB007 foram os únicos que não apresentaram diferença estatística entre os discos.

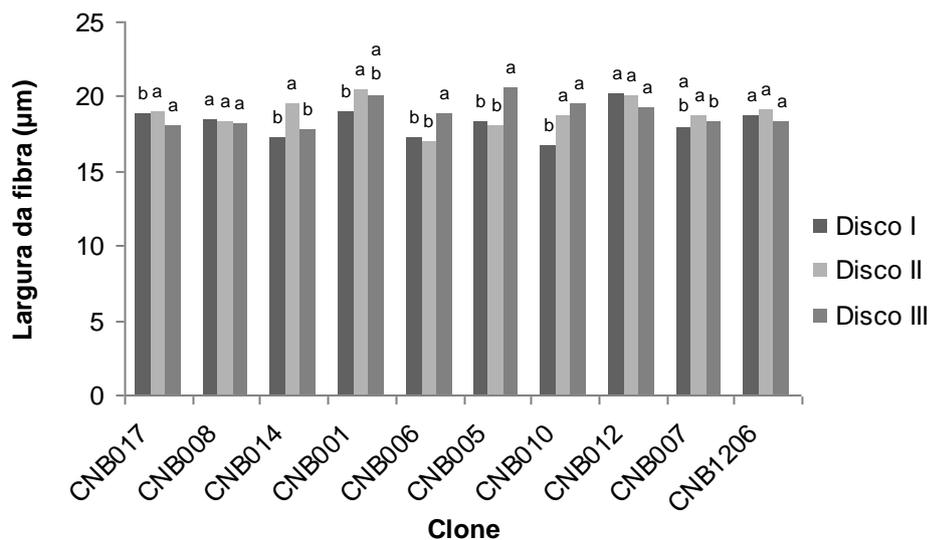


Figura 18. Representação gráfica dos valores médios (μm) da largura das fibras entre os discos I, II e III, para cada clone estudado.

Para o disco I, a largura das fibras variou de 16,67 a 20,20 μm , para os clones CNB010 e CNB007, respectivamente. Para o disco II, variou de 16,96 μm para o clone CNB006 a 20,05 μm para o clone CNB007. No disco III, constatou-se uma variação de 17,73 a 20,59 μm , para os clones CNB014 e CNB005, respectivamente.

A média obtida por Silva (2002) foi de 19,77 μm para o *Eucalyptus grandis* com diferentes idades. A largura média encontrada por Melo (2004), que avaliou quatro clones de *Eucalyptus* com 24 meses de idade, variou de 15,97 a 19,27 μm . Oliveira (2009) obteve valores médios de 18,46 e 18,68 μm , para a largura da fibra, para dois clones de *Eucalyptus* em diferentes regiões e com aproximadamente 69 meses de idade. Mauri (2010), ao analisar dois clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com aproximadamente seis anos de idade, encontrou larguras média de 16,95 μm e 17,25 μm . Os valores encontrados para a largura das fibras no presente trabalho estão próximos aos encontrados na literatura.

Para conferir maior resistência ao material, necessita-se que as larguras médias das fibras sejam mais finas, sendo observado, estatisticamente, que o clone CNB001 apresentou a maior média, apesar de que os valores médios entre os clones foram muito próximos. Portanto, este clone seria o indicado para os plantios florestais em regiões susceptíveis a ventos fortes.

Nota-se na Tabela 8, que os valores médios entre os discos para cada clone variaram de 10,05 μm para o clone CNB014 a 12,66 μm para o clone CNB007. Estatisticamente, os clones CNB007 e o CNB001 foram os que apresentaram o maior diâmetro para o lume.

Os coeficientes de variação para a largura das fibras variaram de 25,72 a 29,22%, demonstrando média dispersão, podendo-se considerar pouco homogêneos os clones para este parâmetro.

Conforme pode ser observado na Figura 19, quando comparado os discos I, II e III (Figura 5), para cada clone, os clones CNB008 e CNB007 foram os únicos que não apresentaram diferença estatística entre os discos. Já os clones CNB017 e CNB010 apresentaram maior diferença estatística.

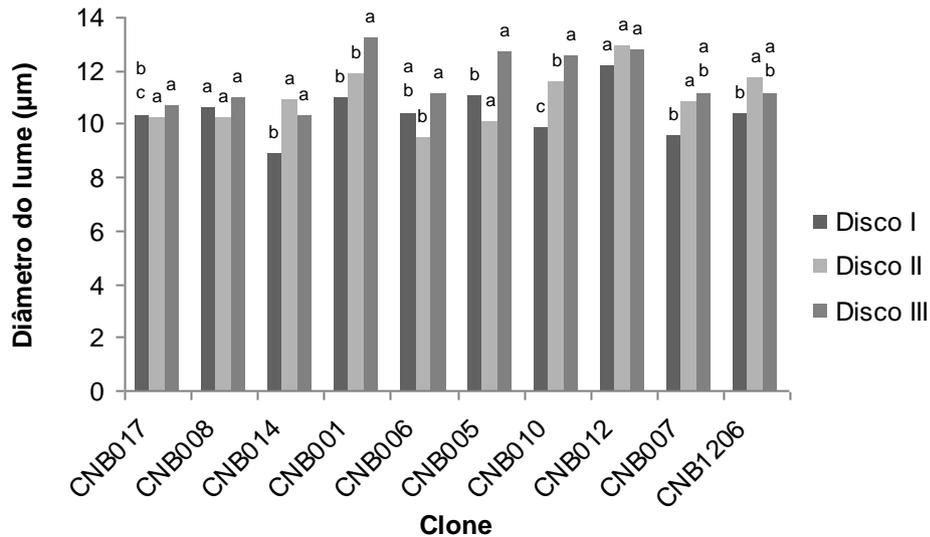


Figura 19. Representação gráfica dos valores médios (μm) do diâmetro do lume das fibras entre os discos I, II e III, para cada clone estudado.

Para o disco I, os diâmetros do lume variaram de 8,90 a 12,24 μm , para os clones CNB014 e CNB007, respectivamente. No disco II, variou de 9,52 μm para o clone CNB006 a 12,93 μm para o clone CNB007. Constatou-se no disco III uma variação de 10,73 a 12,82 μm , para os clones CNB017 e CNB007, respectivamente.

O diâmetro do lume encontrado por Souza (2004), ao avaliar a madeira de um híbrido natural de *Eucalyptus grandis*, ao 4,5 anos de idade, apresentou valor médio de 7,71 μm . Os valores obtidos por Melo (2004), avaliando quatro clones de *Eucalyptus* com 24 meses de idade, foram de 8,03 a 11,16 μm . Oliveira (2009) encontrou média de 11,30 e 9,97 μm para os dois clones analisados de *Eucalyptus* em diferentes regiões e com aproximadamente 69 meses de idade. Barrichelo e Brito (1976) encontraram valores de diâmetro de lume de 9,58, 12,20 e 10,30 μm , respectivamente, para madeiras de idades entre oito e dez anos .

A presença de lumes mais estreitos confere à madeira uma maior resistência mecânica. Desta forma, o clone CNB007, deve ser o indicado para os plantios florestais em regiões expostas a ventos fortes.

Os valores médios encontrados para a espessura de parede das fibras entre os clones variaram de 3,46 μm para o clone CNB010 a 4,08 μm para o clone CNB017 (Tabela 8). Estatisticamente, o clone CNB017, seguido pelos

clones CNB014 e CNB012 apresentaram a maior espessura de parede das fibras.

Os coeficientes de variação para a espessura de parede das fibras variaram de 19,73 a 24,09%, demonstrando média dispersão, podendo-se considerar pouco homogêneos os clones para este parâmetro.

Conforme pode ser observado na Figura 20, ao comparar os discos I, II e III (Figura 5), para cada clone, o clone CNB010 foi o único que não apresentou diferença estatística entre o disco. Já o clone CNB007, foi que apresentou maior diferença estatística.

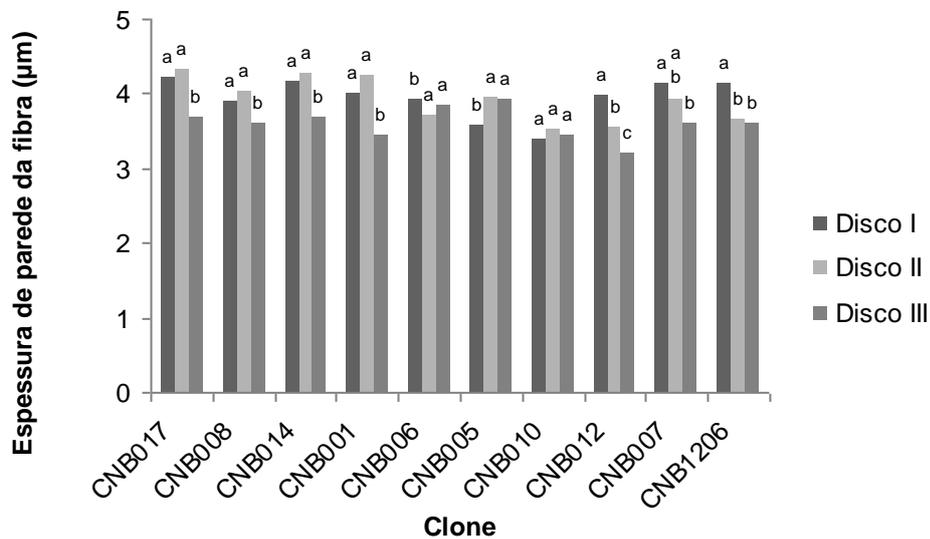


Figura 20. Representação gráfica dos valores médios (μm) da espessura da parede das fibras entre os discos I, II e III, para cada clone estudado.

No disco I, a espessura da parede das fibras, variou de 3,39 a 4,23 μm para os clones CNB010 e CNB017, respectivamente. No disco II, variou de 3,54 μm para o clone CNB010 a 4,34 μm para o clone CNB017. No disco III, constatou-se variação de 3,22 a 3,84 μm , para os clones CNB007 e CNB006, respectivamente.

A espessura média encontrada por Barrichelo e Brito (1976), que avaliaram a madeira de diversas espécies do gênero *Eucalyptus*, variou de 2,5 a 6,0 μm . O valor médio obtidos por Silva (2002), que estudou o *Eucalyptus grandis* com diferentes idades foi de 3,76 μm . Melo (2004) que avaliou quatro

clones de *Eucalyptus* com 24 meses de idade, encontrou valores variando de 3,2 a 3,5 μm para a espessura de parede.

Oliveira (2009) que analisou dois clones de *Eucalyptus* obteve valores médios para espessura de parede de 3,58 e 4,37 μm . Mauri (2010), que estudou dois clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com aproximadamente seis anos de idade, encontrou valores médios de 3,11 e 2,95 μm , respectivamente. Os valores encontrados para a espessura de parede das fibras são similares aos encontrados na literatura

De forma geral, quanto maior a espessura de parede, maior a densidade básica da madeira, conseqüentemente o material terá maior rigidez e resistência mecânica. Assim os clones CNB017, CNB014 e CNB012 são os indicados para os plantios florestais em regiões expostas à ação dos ventos fortes.

4.5. FLEXÃO ESTÁTICA

4.5.1. Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR)

Para os dez clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, determinaram-se os valores médios, os desvios padrões e os coeficientes de variação das características mecânicas do ensaio de flexão estática da madeira, para as toras I, II e III (Figura 6) para determinação do módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR) e do trabalho absorvido para madeira verde e seca com os teores de umidade de 100 e 15%, respectivamente.

O módulo de elasticidade (MOE) expressa a capacidade que a madeira tem em voltar a sua condição original, sem alterar suas propriedades, após ser submetida a uma força. Assim sendo, verificou-se o comportamento do módulo de elasticidade em árvores sujeitas à ação de vento.

Os valores médios e o respectivos desvios padrões e os coeficientes de variação, obtidos para o módulo de elasticidade, módulo de ruptura para os dez clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com madeiras ensaiadas nas condições verde (100% umidade) e seca (15% de umidade), estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Valores médios do MOE e MOR para os dez clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com a madeira nas condições verde e seca

Clone	MOE (Kgf/cm ²)		MOR (Kgf/cm ²)	
	Condição verde	Condição seca	Condição verde	Condição seca
CNB017	71382 a* (9707,60) (13,60)**	82155 a (13748,58) (16,74)	637 a (94,06) (14,77)	798 a (120,96) (15,16)
CNB008	55136 c (8130,28) (14,75)	65203 cd (13803,94) (21,17)	488 de (69,09) (14,17)	632 bcd (115,90) (18,33)
CNB014	65063 ab (7593,73) (11,67)	78823 ab (12385,95) (15,71)	602 ab (71,14) (11,83)	772 a (82,82) (10,74)
CNB001	60513 bc (9062,44) (14,98)	70395 bcd (13761,30) (19,55)	560 bc (91,61) (16,36)	672 bc (135,99) (20,24)
CNB006	59785 bc (7652,32) (12,80)	68851 cd (10941,07) (15,89)	530 cd (67,03) (12,65)	633 bcd (66,63) (10,52)
CNB005	60936 bc (9229,02) (15,15)	67248 cd (12311,97) (18,31)	561 bc (63,21) (11,26)	641 bc (96,38) (15,04)
CNB010	55438 c (11804,26) (21,29)	69794 cd (9839,36) (14,10)	467 e (67,73) (14,52)	614 cd (92,90) (15,13)
CNB007	55541 c (7264,06) (13,08)	63715 d (8918,65) (14,00)	500 de (53,89) (10,77)	569 d (92,06) (16,17)
CNB012	61730 b (11313,54) (18,33)	73357 abc (17905,02) (24,41)	524 cd (75,13) (14,35)	660 bc (121,95) (18,49)
CNB1206	64122 b (9296,95) (14,50)	73082 abc (12171,92) (16,66)	567 bc (65,45) (11,53)	696 b (70,12) (10,08)

* Valores médios seguidos de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si (*Tukey*, $p > 0,05$)

** Valores entre parêntesis correspondem ao desvio-padrão (kgf/cm²) e coeficiente de variação (%), respectivamente

Os valores médios para o módulo de elasticidade da madeira para os dez clones na condição de verde variaram de 55541 kgf/cm² para o clone CNB007 a 71382 kgf/cm² para o clone CNB017. Estatisticamente o clone CNB017 apresentou o maior módulo de elasticidade diferindo-se dos demais clones, com exceção do clone CNB014 (Tabela 9)

Os valores médios para o módulo de elasticidade da madeira na condição seca variaram de 65203 kgf/cm² para o clone CNB008 a 82155 kgf/cm² para o clone CNB017. Estatisticamente, o clone CNB008 apresentou o maior valor para o MOE, seguido pelos clones CNB014, CNB012 e CNB1206, diferindo-se dos demais clones (Tabela 9).

De modo geral, a madeira do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, para todos os clones, apresentaram valores baixos para o MOE, classificando como de baixa resistência mecânica à flexão estática da madeira para o módulo de elasticidade, o que pode ser justificado pela idade das árvores ensaiadas.

Os coeficientes de variação para o MOE, para a madeira verde e seca, variaram de 11,67 a 18,33% e de 14,00 a 24,41%, respectivamente, demonstrando para madeira verde uma baixa dispersão e para a madeira seca uma baixa a média dispersão, podendo-se considerar homogêneo para a madeira verde e pouco homogêneo para a madeira seca, para este parâmetro analisado.

Conforme pode ser observado na Figura 21, quando comparada as toras I, II e III (Figura 6) para cada clone, na condição de madeira verde, os clones CNB017, CNB008, CNB001 e o CNB1206 apresentaram diferença estatística entre as toras.

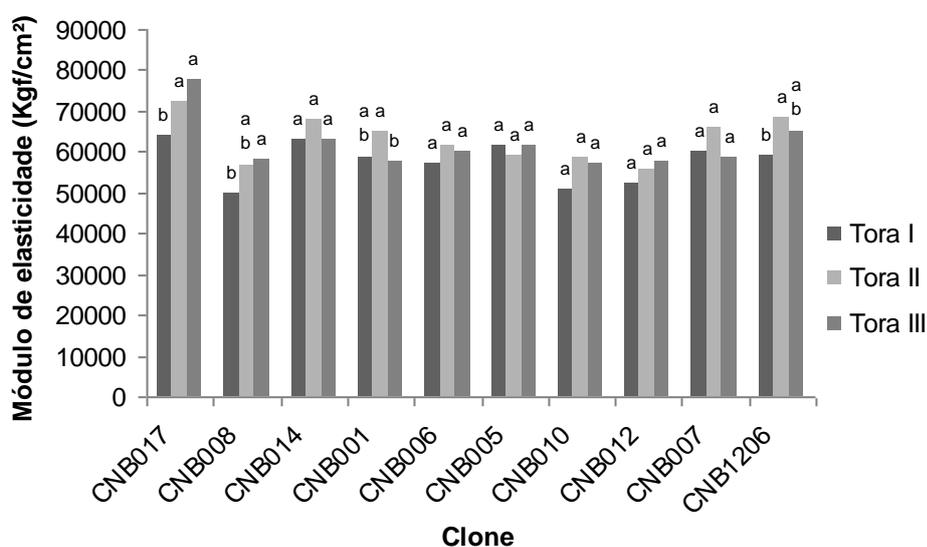


Figura 21. Representação gráfica dos valores médios (kgf/cm²) do MOE entre as toras I, II e III, para cada clone estudado com a madeira na condição verde.

Para a madeira na condição de verde na tora I, os valores do MOE variaram de 49669 a 64277 kgf/cm², para os clones CNB008 e CNB017, respectivamente. Na tora II, os valores variaram de 55943 kgf/cm² para o clone CNB007 a 72521 kgf/cm² para o clone CNB017. Para a tora III, os valores

variaram de 57065 a 78539 kgf/cm², para os clones CNB010 e CNB017, respectivamente.

Os valores do MOE para a madeira na condição seca, quando comparada as toras I, II e III (Figura 6), os clones CNB017, CNB014, CNB005 e o CNB1206, apresentaram diferença estatística entre as toras (Figura 22).

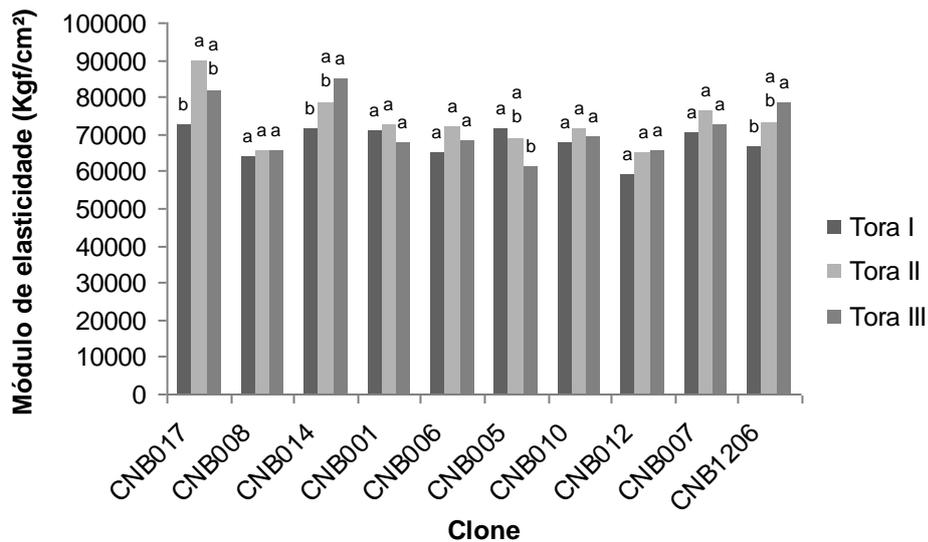


Figura 22. Representação gráfica dos valores médios (kgf/cm²) do MOE entre as toras I, II e III, para cada clone estudado, com a madeira na condição seca.

Para a tora I, os valores do MOE variaram de 59379 a 71695 kgf/cm², para os clones CNB007 e CNB005, respectivamente. Na tora II, os valores variaram de 65090 kgf/cm² para o clone CNB007 a 78405 kgf/cm² para o clone CNB014. Para a tora III, os valores variaram de 61314 a 84872 kgf/cm², para os clones CNB005 e CNB014, respectivamente.

A madeira com menores teores de umidade apresentaram maiores valores de módulo de elasticidade. De acordo com Haselein et al. (2002) abaixo da umidade de saturação das fibras, a resistência mecânica aumenta com a diminuição do teor de umidade. Segundo Rodrigues (2004) quando o teor de umidade aumenta, significa que irá existir maior quantidade de água na parede, diminuindo assim a resistência do módulo de elasticidade. Ainda segundo o mesmo autor, a resistência à flexão depois da resistência a compressão é a mais influenciada pelo teor de umidade.

Ferreira (2007), ao avaliar quatro clones de *Eucalyptus*, três híbridos de *E. grandis* × *E. urophylla* e um clone do *Eucalyptus grandis* com dois anos de idade, encontrou valores médios para o módulo de elasticidade, que variou de 36597,6 kgf/cm² a 44094,6 kgf/cm². Evangelista (2007), ao estudar clones de *Eucalyptus urophylla* ao seis e oito anos de idade, encontrou, para o módulo de elasticidade, valores médios 102031 e 139899 Kgf/cm², respectivamente.

Haselein et al. (2002) verificaram para o clone de *Eucalyptus saligna* para madeira úmida e a 12% de umidade, valores médios de 72900 e 94500 kgf/cm², respectivamente. O valor médio para o MOE encontrado por Silva (2002) para o *Eucalyptus grandis* com diferentes idades, foi de 129230 kgf/cm². A média obtida por Lobão et al. (2004), para a madeira de eucalipto, foi de 159079,2 kgf/cm² a 12% de umidade.

Os valores observados por Scanavaca Junior (2004) para o *Eucalyptus urophylla*, tiveram uma amplitude de 96811,84 a 258396,03 Kgf/cm², Gonçalves (2006), ao analisar um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* encontrou para madeira na condição verde e seca a 12% de umidade, valores variando de 93959 a 95256 e 113533 a 133334 kgf/cm², respectivamente.

Os valores observados no presente estudo foram menores que os encontrados na literatura. Essa diferença pode ser justificada pela variação da idade, uma vez que Melo (2004) observou valores para o MOE variando de 55426,8 a 70563,6 kgf/cm² para clones de *Eucalyptus* com 24 meses de idade, portanto, mais próximos aos valores apresentados neste estudo.

O módulo de elasticidade, quando elevado, indica um corpo rígido, capaz de suportar maiores esforços. Desta forma, devem-se selecionar clones para áreas expostas à ação de ventos fortes, clones que apresentaram os maiores valores para MOE, pois conferem uma elevada resistência e rigidez ao material. Visto isso, os clones CNB017 e CNB014 seriam os selecionados para o plantio nas áreas expostas aos ventos fortes.

O módulo de ruptura demonstra os esforços mais elevados nas fibras de madeira sob influência de uma carga, justificando-o em árvores sujeita à ação de ventos.

Os valores médios para o módulo de ruptura para os dez clones estudados, para a madeira na condição de verde, variaram de 467 kgf/cm² para o clone CNB010 a 637 kgf/cm² para o clone CNB017. Estatisticamente, o clone CNB017 apresentou o maior módulo de elasticidade, diferindo-se dos demais clones, com exceção do clone CNB014 (Tabela 9).

Já para as madeiras ensaiadas na condição seca, os valores médios para o módulo de ruptura variaram de 569 kgf/cm² para o clone CNB007 a 798 kgf/cm² para o clone CNB017. Estatisticamente, os clones CNB017 e CNB014, não apresentaram diferenças significativas, apresentando maiores valores para MOR.

Os coeficientes de variação para o MOR, para as madeiras verde e seca, variaram de 11,26 a 16,36% e de 10,08 a 18,49%, respectivamente, demonstrando para madeira verde baixa dispersão e para a madeira seca baixa a média dispersão, podendo considerar homogêneos para madeira verde e pouco homogêneo para a madeira seca os clones para este parâmetro analisado.

Os valores do MOR para a madeira na condição verde, quando comparado as toras I, II e III (Figura 6), para cada clone, observam-se diferenças estatísticas entre as toras apenas para o clone CNB017 (Figura 23).

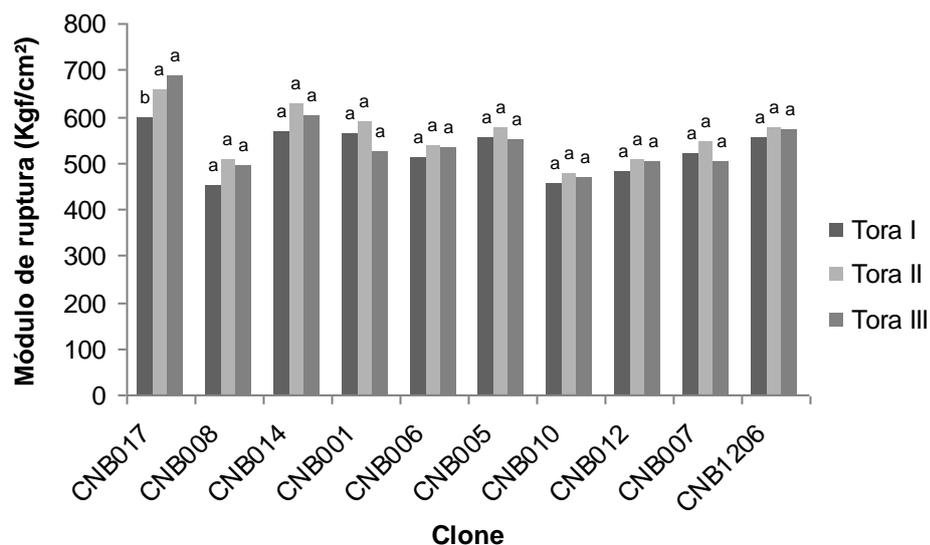


Figura 23. Representação gráfica dos valores médios (kgf/cm²) do MOR entre as toras I, II e III, para cada clone estudado, com a madeira na condição verde.

Na tora I, os valores do MOR variaram de 454 a 600 Kgf/cm² para os clones CNB008 e CNB017, respectivamente. Na tora II, os valores variaram de 478 kgf/cm² para o clone CNB010 a 658 kgf/cm² para o clone CNB017. Para a tora III, os valores variaram de 468 a 642 kgf/cm², para os clones CNB010 e CNB017, respectivamente.

A figura 24 apresenta os valores do MOR para a madeira na condição seca, quando comparado as toras I, II e III para cada clone. Conforme apresentado, houve diferença estatística entre as toras apenas para o clone CNB005.

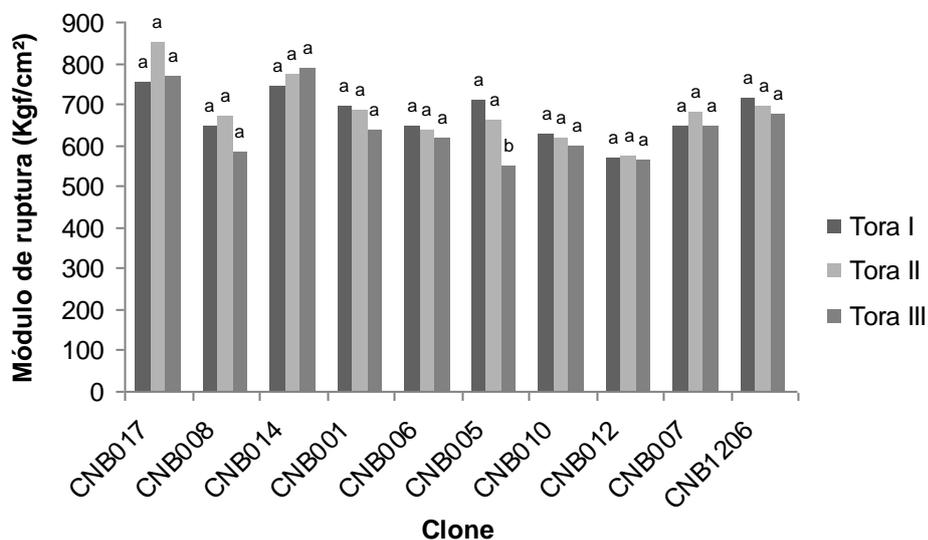


Figura 24. Representação gráfica dos valores médios (kgf/cm²) do MOR entre as toras I, II e III, para cada clone estudado, com a madeira na condição seca.

Na tora I, os valores do MOR variaram de 569 a 744 Kgf/cm², para os clones CNB007 e CNB014, respectivamente. Na tora II, os valores variaram de 575 kgf/cm² para o clone CNB007 a 774 kgf/cm² para o clone CNB014. Para a tora III, os valores variaram de 549 a 790 kgf/cm², para os clones CNB005 e CNB014, respectivamente.

Haselein et al. (2002) encontraram valores referentes ao módulo de ruptura de 525 kgf/cm² para madeira verde e 736 525 kgf/cm² para madeira a 12% de umidade (seca). Ferreira et al. (2010), ao avaliarem quatro clones de *Eucalyptus*, três híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* e um do *Eucalyptus*

grandis com dois anos de idade, encontrou valores médios para o módulo de ruptura variando de 296,6 kgf/cm² a 567,6 kgf/cm².

Evangelista (2007) obteve para clones de *Eucalyptus urophylla* ao seis e oito anos de idade, valores médios do módulo de ruptura de 776 e 994 Kgf/cm², respectivamente.. O valor médio obtido por Cruz et al. (2003), em híbrido de *Eucalyptus*, foi de 958,8 kgf/cm² para o MOR .Os valores médios obtidos por Melo (2004), para quatro clones de *Eucalyptus* com 24 meses de idade, variaram de 846,6 a 1071 kgf/cm². Gonçalves (2006) encontrou, para um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, valores para madeira na condição verde variando de 646 a 709 Kgf/cm² e para madeira seca, a 12% de umidade, variando de 865 a 1076 Kgf/cm². Em geral, os valores encontrados para o módulo de ruptura foram inferiores aos observados na literatura.

Devem ser selecionados clones que possuem árvores com maiores valores para o módulo de ruptura, pois confere à madeira maior resistência, evitando que o material se rompa com facilidade. Estatisticamente, os clones CNB017 e CNB014 devem ser os indicados para os plantios em regiões exposta a ação de ventos fortes.

Embora os valores do módulo de elasticidade e de ruptura na resistência à flexão estática da madeira na tora II sejam os mais elevados em relação às toras I e III para a maioria dos clones, tanto para a madeira na condição verde quanto para a seca, foi na região da tora II, onde ocorreu grande parte da quebra das árvores durante o teste de resistência, com uma altura média de quebra de aproximadamente 3,00 m.

4.5.2. Trabalho Absorvido

O trabalho absorvido no ensaio de flexão fornece uma idéia sobre de a facilidade (maior ou menor) com a qual o material irá sofrer ruptura. Maiores valores de trabalho absorvido indicam que madeira é mais tenaz. Esta característica desejável para que as árvores tenham maiores condições de suportar os esforços causados pelo vento.

Os valores médios, os desvios padrões e os coeficientes de variação obtidos para o trabalho absorvido para os dez clones da madeira do híbrido de

Eucalyptus urophylla x *Eucalyptus grandis*, com madeiras ensaiadas nas condições verde (100% umidade) e seca (15% de umidade), estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Trabalho absorvido médio para os dez clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com a madeira nas condições verde e seca

Clone	Trabalho absorvido (J)	
	Condição verde	Condição seca
CNB017	11 ab (3,94) (35,77)	11 a (3,13) (28,44)
CNB008	7 d (2,17) (31,67)	7 cde (2,97) (40,05)
CNB014	11 ab (3,33) (30,69)	10 ab (2,75) (27,78)
CNB001	10 bc (4,61) (46,81)	9 abc (3,54) (38,62)
CNB006	10 bc (3,27) (31,44)	7 cde (2,70) (36,90)
CNB005	11 ab (4,81) (42,86)	8 bcd (2,97) (36,15)
CNB010	7 d (2,66) (38,09)	7 de (2,54) (37,69)
CNB007	8 cd (3,38) (40,93)	6 e (1,82) (21,61)
CNB012	9 bcd (2,86) (32,04)	8 bcd (2,83) (33,77)
CNB1206	13 a (3,99) (30,76)	9 abc (2,72) (29,51)

* Valores médios seguidos de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si (Tukey, $p > 0,05$)

** Valores entre parêntesis correspondem ao desvio padrão (J) e coeficiente de variação (%), respectivamente

Os valores médios para o trabalho absorvido para os dez clones estudados, para a madeira na condição verde, variaram de 7J para os clones CNB008 e CNB010 a 13J para o clone CNB1206. O clone CNB1206 apresentou o maior valor para o trabalho absorvido, seguido pelos clones CNB017, CNB005 e CNB014, diferindo-se estatisticamente do demais (Tabela 10).

Para as madeiras ensaiadas na condição seca, os valores médios para o trabalho absorvido variaram de 7J para o clone CNB008 a 11J para o clone CNB017. O clone CNB017 apresentou o maior valor para o trabalho absorvido, seguido pelos clones CNB014, CNB001 e CNB1206, que não apresentaram diferenças significativas entre si.

Os coeficientes de variação para o MOR, para as madeiras verde e seca, variaram de 30,69 a 46,81% e de 21,61 a 40,05%, respectivamente, demonstrando para madeira verde uma alta dispersão e para a madeira seca média a alta dispersão, podendo-se considerar heterogêneos a madeira verde e pouco homogêneos a heterogêneos para a madeira seca os clones para este parâmetro analisado.

Na Figura 25, são apresentados os valores do trabalho absorvido para a madeira na condição verde, quando comparado as toras I, II e III (Figura 6) para cada clone. Conforme apresentado, não houve diferença estatística entre as toras, para os dez clones avaliados.

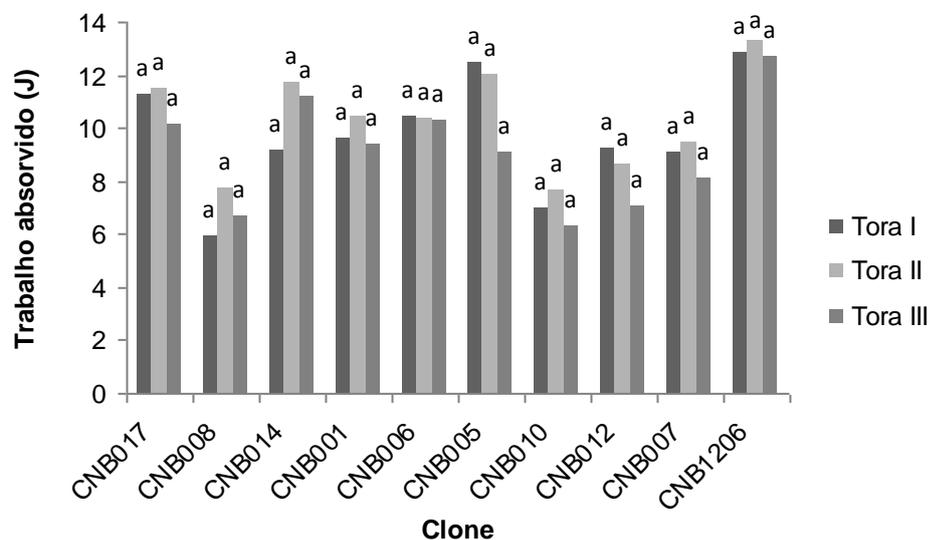


Figura 25. Representação gráfica dos valores médios (J) do trabalho absorvido entre as toras I, II e III, para cada clone estudado com a madeira na condição verde.

Na tora I, os valores do trabalho absorvido variaram de 6 a 13 J para os clones CNB008 e CNB005, respectivamente. Na tora II, os valores variaram de 8 J para o clone CNB008 a 12 J para o clone CNB014. Para a tora III, os valores variaram de 7 a 11 J, para os clones CNB008 e CNB014, respectivamente.

Na Figura 26, constam os valores do trabalho absorvido para a madeira na condição seca, quando comparada as toras I, II e III (Figura 6), para cada clone. Conforme apresentado, houve diferença estatística entre as toras apenas para o clone CNB005.

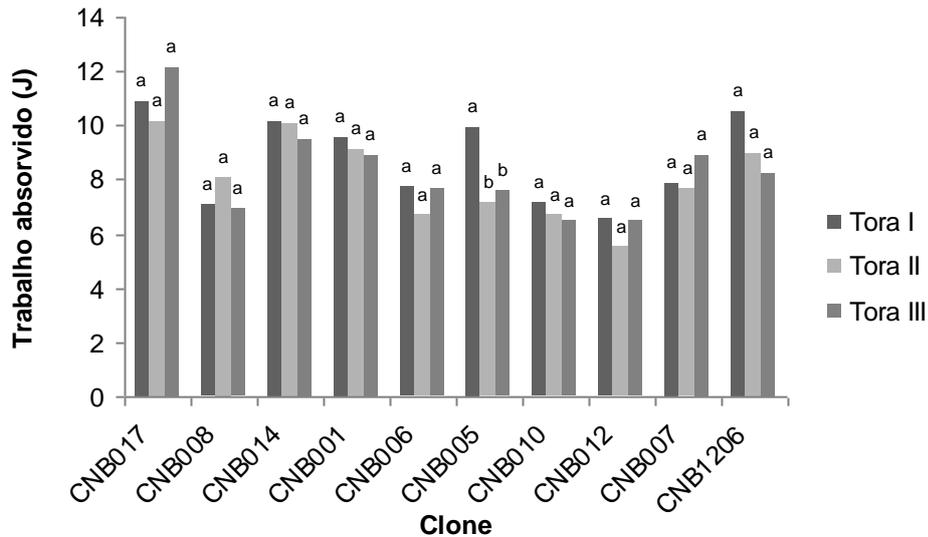


Figura 26. Representação gráfica dos valores médios (J) do trabalho absorvido entre as toras I, II e III, para cada clone estudado, com a madeira na condição seca.

Para a tora I, os valores do trabalho absorvido variaram de 7 a 11J, para os clones CNB007 e CNB017, respectivamente. Na tora II, os valores variaram de 6 J para o clone CNB007 a 10J para o clone CNB017. Para a tora III, os valores variaram de 7 a 12 J, para os clones CNB010 e CNB017, respectivamente.

Embora os valores do trabalho absorvido na resistência a flexão estática na tora II sejam os mais elevados em relação às toras I e III para a maioria dos clones, tanto para a madeira na condição verde quanto para a seca, foi na região da tora II, onde ocorreu grande parte da quebra das árvores durante o teste de resistência, com uma altura média de quebra de aproximadamente de 3,0 m.

Para a seleção de clone susceptível a vento, os clones CNB017 e CNB005, são os indicados para os plantios florestais nessas regiões, uma vez que apresentaram os maiores valores para o trabalho absorvido, indicando que a madeira é mais tenaz, absorvendo uma maior quantidade de energia antes da ruptura e, conseqüentemente, com maiores condições de suportar os esforços causados pelos ventos.

4.6. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA

Os valores médios, os desvios padrões e os coeficientes de variação obtidos para os teores de extrativos, lignina total e holocelulose para os dez clones da madeira do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Valores médios dos teores de extrativos, lignina total e holocelulose para os dez clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Clone	Teores (%)		
	Extrativos	Lignina total	Holocelulose
CNB017	1,06 a* (0,37) (34,82) **	32,86 a (0,71) (2,15)	66,08 b (0,54) (0,82)
CNB008	0,79 a (0,14) (18,25)	31,45 ab (1,91) (6,09)	67,76 ab (1,94) (2,86)
CNB014	0,99 a (0,29) (29,43)	32,87 a (0,67) (2,02)	66,14 b (0,55) (0,84)
CNB001	0,70 a (0,16) (23,10)	33,21 a (0,54) (1,63)	66,09 b (0,69) (1,05)
CNB006	0,84 a (0,23) (27,23)	30,05 b (0,82) (2,72)	69,11 a (0,65) (0,95)
CNB005	0,97 a (0,27) (27,40)	30,47 b (0,86) (2,81)	68,57 a (0,71) (1,03)
CNB010	1,07 a (0,46) (42,82)	31,38 ab (1,55) (4,95)	67,55 ab (1,77) (2,63)
CNB007	0,88 a (0,18) (20,29)	30,94 ab (1,43) (4,62)	68,18 ab (1,50) (2,21)
CNB012	0,88 a (0,19) (21,57)	29,89 b (0,94) (3,13)	69,23 a (0,86) (1,24)
CNB1206	0,89 a (0,26) (29,42)	30,20 b (0,37) (1,23)	68,91 a (0,51) (0,74)
Média geral	0,91 (0,12) (12,92)	31,33 (1,25) (4,00)	67,76 (1,27) (1,87)

* Valores médios seguidos de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si (Tukey, $p > 0,05$)

** Valores entre parêntesis correspondem ao desvio-padrão (%) e coeficiente de variação (%), respectivamente

A média geral para o teor de extrativo entre os clone foi de 0,91%, tendo o clone CNB010 apresentado o maior valor (1,07%) e o clone CNB001 o menor valor (0,70%). Os teores de extrativos entre os clones não apresentaram diferenças estatísticas significativas quando submetidos à análise de variância a 5% de significância, indicando uniformidade no material utilizado no presente estudo.

Em geral, os valores para o teor de extrativo são baixos, fato que também pode ser explicado pela idade das plantas e presença da madeira juvenil. Souza et al. (1983), ao estudarem o comportamento dos extrativos da madeira no processo kraft de deslignificação, afirmaram que em árvores com 6-8 anos de idade, com conteúdo de extrativos relativamente baixo, é um dos fatores relevantes da matéria-prima para a obtenção de polpas com baixo conteúdo de resinas. Segundo Silva (2002), diversos autores admitiram, em seus trabalhos, aumento sistemático do teor de extrativos da madeira com a idade da árvore, tendendo a estabilização após certa idade.

Silva (2010) descreve que os teores de extrativos são responsáveis por diferentes características que as madeiras de diferentes espécies apresentam, tais como a durabilidade natural e podem influenciar no desgaste de ferramentas, na colagem e o acabamento final da madeira para algumas utilizações, como, por exemplo, na elaboração de painéis de aglomerados de partículas, entre outros. Para Vasconcelos e Silva, (1985); Wehr e Barrichelo, (1992), um dos principais problemas que os extrativos apresentam na produção de celulose é o consumo de reagentes químicos para a sua remoção.

O teor de lignina total se refere à soma dos teores de lignina insolúvel e da lignina solúvel. O valor médio do teor de lignina total entre os clones foi de 31,33%, tendo o clone CNB001 apresentado o maior teor (33,21%) e o clone CNB006 o menor teor (30,05%) de lignina total.

O resultado encontrado para o teor de lignina total no presente trabalho foi superior aos observados na literatura, em que Silva (2002) encontrou valores de 27,22% e 30,70% para *Eucalyptus grandis* com idade de 10 e 20 anos, respectivamente. Souza (2004) obteve, para a madeira de um híbrido natural de *Eucalyptus grandis* (Rio Claro) com idade de 4,5 anos para árvores que foram atingidas e curvadas por vento, um valor de 29,72% para lignina total.

Bassa et al. (2007) observaram um valor de 28,5 % de lignina total em um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos sete anos de idade. Andrade (2010) obteve para o híbrido natural de *Eucalyptus urophylla*, aos sete anos de idade, um valor médio para o teor de lignina de 28,2%. Tais diferenças podem ser explicadas pela diferença entre as idades dos materiais

em estudo. Segundo Trugilho et al. (2005), o teor de lignina tende a diminuir com o aumento da idade, pois as espécies mais jovens possuem maior proporção de madeira juvenil, que é mais rica em lignina que a madeira adulta.

Apesar dos valores do teor de lignina muitos próximos entre os clones, houve diferença estatística a 5% de significância. Os clones CNB017, CNB014, CNB001, CNB008, CNB010 e CNB007 apresentaram os maiores valores, não diferindo entre si.

Portanto estes clones seriam os indicados para o plantio em regiões susceptível a ventos fortes. Maiores teores de lignina conferem maior resistência ao material, sendo a lignina o componente mais hidrofóbico, conferindo dureza e rigidez à parede celular (PETTERSEN, 1984). Por outro lado, os elevados teores de lignina vão influenciar no processo de produção de celulose, visto que são recomendáveis árvores com baixo teor desse componente químico.

Zobel e Van Buijtenen, (1989) afirmaram que quanto maior o teor de lignina, maior será a resistência da madeira ao esmagamento, porém as mesmas serão mais quebradiças. Por outro lado, a resistência à tração, à ruptura e ao choque reduz com o aumento do teor de lignina.

Para o teor de holocelulose, a média geral foi de 67,76% entre os clones, com o maior teor de holocelulose para o CNB012 (69,23%), e menor teor para o clone CNB017 (66,08%). Gomide et al. (2005) encontraram um teor de holocelulose variando de 64,5 a 70,2% para clones de *Eucalyptus*. Silva et al (2005), ao estudarem *Eucalyptus grandis*, com 20 e 14 anos de idade, procedentes do Estado do Paraná, encontraram um teor médio para a holocelulose de 68,69 e 73,11%, respectivamente. Segundo Wallis et al. (1996), um bom clone a ser destinado à produção de celulose e papel é aquele que apresenta um elevado teor de celulose.

A holocelulose corresponde a soma da hemiceluloses e celulose e de acordo com Tsoumis (1991), a celulose, em função da sua estrutura e arranjo nas microfibrilas, é responsável pela elevada resistência axial da madeira à tração. Ainda o mesmo autor relata que as hemiceluloses e a lignina agregadas às moléculas de celulose dão consistência à parede celular, conferindo à madeira elasticidade e resistência à compressão.

. Os coeficientes de variação para o teor de extrativo demonstraram média dispersão, podendo-se considerar os clones pouco homogêneos para este parâmetro. Já para os teores de lignina e de holocelulose, os valores para o coeficiente de variação foram baixos, demonstrando baixa dispersão, podendo-se considerar os clones homogêneos para estes parâmetros avaliados

O conhecimento das características dos componentes químicos da madeira contribui para a utilização mais adequada e, principalmente, na seleção de materiais genéticos com maior qualidade para a produção de celulose e papel.

5. CONCLUSÕES

- O clone CNB017 seria o mais indicado para o plantio em áreas susceptíveis à ação dos ventos, porque foi um dos que apresentou os melhores resultados, principalmente, no teste de resistência a quebra e para as características físicas e mecânicas avaliadas;

- De maneira geral, houve grande variação entre os clones que apresentaram os melhores resultados para cada parâmetro analisado, principalmente para a análise anatômica, o que poderá ser utilizado como ferramenta para o melhoramento genético;

- Para a composição química da madeira, os clones apresentaram valores próximos para os teores de extrativo, lignina e holocelulose, não servindo como parâmetro para a classificação dos clones quanto à susceptibilidade à ação dos ventos, mas apenas como indicativo para a produção e rendimento de celulose;

- O teste de resistência a quebra e as características físicas e mecânicas se destacam como os parâmetros mais adequados para a avaliação e classificação dos clones susceptíveis a ação dos ventos, visto que os clones que apresentaram os melhores resultados para estes parâmetros foram os mesmos; e

- Novos estudos devem ser implementados com intuito de ampliar a base de informações que podem complementar os fatores que implicam na quebra das árvores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS STANDARDS. Standard test method for preparation of extractive-free wood. **Annual Book of ASTM Standards: wood**. ASTM D-1105. Philadelphia: v.0410, p.185-186, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ensaio físicos e mecânicos da madeira**: MB-26/40. Rio de Janeiro: 16p.,1940.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF**: Ano base 2009. Brasília: 2010, 140 p.

AMBIENTE BRASIL. Disponível em: http://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/industrializacao/caracteristicas_requeridas_para_os_diferentes_usos_da_madeira.html>. Acesso em: 20 nov. 2010.

ALMEIDA, J. M.; SILVA, D. J. Inclusão de um novo e importante parâmetro potencial de seleção de eucalipto para produção de polpa kraft. In: CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTO. v.3, 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: 1997, p.228-233.

ALMEIDA, R. R. **Potencial da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para a produção de lâminas e manufatura de painéis de compensado**. 2002. 80f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ALZATE, S. B. A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E.grandis* x *E.urophylla***. 2004. 133f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

ANDRADE, C. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.;QUINHONES, R.; LIMA, J. T. Calibrações NIRS para três propriedades químicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, Lavras, v.16, Suplemento, p. 9-14, 2010.

ARGANBRIGHT, D. G. Influence of extractives on bending strength of redwood (*Sequoia sempervirens*). **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 2, n. 4, p. 367-372, 1971.

BAENA, E. S. **A utilização de *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus grandis* Hill juvenesna confecções de sarrafos**. 1982. 74f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura de Luíz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

BARRICHELO, L. E.G.; BRITO J. O. **Madeira de Eucalyptus como matéria prima para indústria de celulose e papel.** v. 13 Brasília: PRODEPEF, 1976. 145p.

BARRICHELO, L.E.G.; BRITO J.O. Potencialidade de espécies tropicais de eucalipto para a produção de celulose sulfato branqueada. **IPEF**, Piracicaba, n.13, p.9-38, 1976.

BASSA, A.; SILVA JUNIOR, F. G.; SACON. V. M. Misturas de madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Pinus taeda* para produção de celulose kraft através do Processo Lo-Solids®. **Scientia Florestalis**, Piracicaba v.51, n. 75, p. 19-29, 2007.

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

BENJAMIN, C. A. **Estudo da estrutura anatômica e das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Corymbia (Eucalyptus) citriodora* e *Eucalyptus grandis*.** 2006. 158f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilização.** 2000. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira.** São Paulo: Editora Nobel, 1991. 154p.

CARDOSO JUNIOR, A A.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S.; MENDES, L. M. Deformação residual longitudinal em diferentes espaçamentos e idade em clones de híbridos de *Eucalyptus*. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 218-224, 2005.

CARUZZO, A.; ITO, E.R.K.; IDE, F.; MOREIRA, D.S.; ROCHA, H.R. Danos provocados por ventos em florestas plantadas – Identificação de alternativas para mitigação de efeitos. WM7 Meteorologia & Laboratório de clima e biosfera USP. **Relatório Climático**: Belo Oriente, 2004, 131p.

CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *eucalyptus grandis* x *eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha.** 2000. 138f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

CARVALHO, A. M.; GONÇALVES, M. P. M.; AMPARADO, K. F.; LATORRACA, J. V. F.; GARCIA, R. A. Correlações da altura e diâmetro com tensões de crescimento em árvores de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.2, p.323-331, 2010.

CARVALHO, H. G.; OLIVEIRA, R.C.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. Efeito da idade de corte da madeira e de variáveis de refino nas propriedades da celulose Kraft branqueada de eucalipto. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL DA ABTCP, 31.,1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 1998. p.367-381.

CENIBRA. Avaliação dos danos por vento. Pesquisa e Desenvolvimento Florestal. **Relatório Técnico**: Belo Oriente, 2007.

CENIBRA. Avaliação dos danos por vento. Pesquisa e Desenvolvimento Florestal. **Relatório Técnico**: Belo Oriente, 2009.

CENIBRA. Avaliação dos danos por vento. Pesquisa e Desenvolvimento Florestal. **Relatório Técnico**: Belo Oriente, 2010.

COLODETTE, J. L. Tecnologia de Celulose e Papel. Viçosa, 2001. (Apostila)

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Método para la descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledóneas**. Santiago. v.30, p. 1-19, 1974.

CRUZ, C.R.; LIMA, J.T.; MUNIZ, G.I.B. Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 33-47, 2003.

D'Almeida, M.L. O. **Celulose e papel**: Tecnologia de fabricação de pasta celulósica. São Paulo: SENAI-IPT, 1981, 492p.

DEL MENEZZI, C. H. **Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden e *E.cloesiana* F. Muell.** 1999. 77f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

DINWOODIE, J. M. Growth stresses in timber: a review of literature. **Forestry**, Oxford, v. 39, n. 2, p. 162-170, 1966.

EUCALIPTO, a madeira do futuro. **Revista da Madeira**, n.59, p.114, set. 2001. Edição especial. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=25&subject=Qualidade&title=Qualidade%20da%20Madeira%20de%20Eucalipto>. Acesso em: 20 nov. 2010.

EUCALIPTO, pesquisa amplia usos. **Revista da Madeira**, n.75, p.138, ago. 2003. Edição especial. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=403&subject=Melhoramento%20Gen%20E9tico&title=Melhoramento%20gen%20E9tico%20para%20a%20qualidade%20da%20madeira>. Acesso em: 20 nov. 2010.

EVANGELISTA, W. V. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, oriunda do consórcio agrossilvipastoril.** 2007. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood chemistry, ultrastructure, reactions.** Berlin: Walter de Gruyter, 1989. 610p.

FERREIRA, C. A.; FREITAS, M.; FERREIRA, M. Densidade básica da madeira de plantações comerciais de eucaliptos, na região de Mogi-Guaçu (SP). **IPEF** n.18, p.106-117, 1979.

FERREIRA, C. R.; FANTINI Junior, M.; COLODETTE, J. L.; GOMIDE, J. L.; CARVAL, A. M. M. L. Avaliação tecnológica de clones de eucalipto: parte 1 - qualidade da madeira para produção de celulose Kraft. **Scientia Forestalis**, n. 70, p. 161-170, 2006.

FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira em povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. **IPEF**, Piracicaba, v.4, p. 65-89, 1972.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T. TRUGILHO, P. F. SILVA, J. R. M. ROSADO, A. M.; MONTEIRO, T. C. Resistência mecânica de caules de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias. **Cerne**, Lavras, v. 16, p. 133-140, 2010.

FLORSHEIM, S. M. B. **Variações da estrutura anatômica e densidade básica da madeira de árvore de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão (ANACARDIACEAE).** 1992. 252f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

FOELKEL, C.E.B. Processo kraft. In: ____**Química dos processos de produção de celulose.** Belo Oriente: CENIBRA/UFV, 1977. 73 p.

FREDERICO, P.G.U. **Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal.** 2009. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

FUJITA, T.T. Downbursts: Meteorological features and wind field characteristics. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, Holanda, v.36, p.75-86, 1990b.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. S.; MUDADO, C. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p. 129-137, 2005.

GOMIDE, J. L. DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso. Método Klason modificado. **O Papel**, v. 47, n. 8, p. 36-38, 1986.

GONÇALVES, F. G. **Efeito da taxa de crescimento na qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* para produtos sólidos.** 2006. 167f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

GOUVÊA, C. A.; MORI, E. S.; BRASIL, M. A. M. Seleção fenotípica por padrão de proporção de casca rugosapersistente em árvores de *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake, visando formação de população base de melho-ramento genético: qualidade da madeira. In: IUFROCONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, Salvador. v.1, 1997, Colombo. **Anais...** Colombo: EMBRAPA, 1997. p.355-360.

HASELEIN, C. R. et al. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 123% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n. 2, p. 147-152, 2002.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalyptus for wood production.** Melbourne: CSIRO, 1978. 434p.

JACOBS, M. R. The growth of woody stems. **Bulletin Commonwealth Forests Bureau**, Canberra, v. 28, p. 67, 1945.

KELLOMÄKI, S. **Silvicultural strategies for managing wind and snow-induced risks in forestry.** Univ. of Joensuu, Joensuu. Disponível em: <<http://www.sunare.helsinki.fi/eng/index.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2010.

KIBBLEWHITE, R. P. Effects of beating on radiata pine kraft properties. Effects of beaters. **Appita Journal**, Carlton, v. 27, n. 6, p. 418-23, 1974.

KIBBLEWHITE, R.P., RIDDELL, M.J.C., SHELBOURNE, C.J.A. Kraft fibre and pulp qualities of 29 trees of New Zealand grown *Eucalyptus nitens*. **Appita Journal**, Carlton, v. 51, n. 2, p. 114-121, 1998.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira.** 3. Ed. Curitiba: FUPEF, 2005. 85f.

KOGA, M. E. T. Matérias-primas fibrosas. In: PHILIPP, P.; D'ALMEIDA, M. L. O.(Eds.) **Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica.** São Paulo: IPT, 1988, p.15-44.

KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology.** New York: Springer-Verlag, 1968. 592p.

KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forest Products Abstracts**, Oxford, v. 10, n. 3, p. 61-119, 1987.

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

LELIS, A.; SILVA, D. J. Análise comparativa entre três métodos de determinação de densidade básica da madeira: medição direta de volume, medição indireta de volume - balança hidrostática e máximo teor de umidade. **Relatório Técnico**: Viçosa, 1993, 20p.

LIMA, J.T.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F. Assessment of wood density of seven clones of *Eucalyptus grandis*. **Southern African Forestry Journal**, Pretoria, n. 191, p.21-27, 2001.

LIMA, J.T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. Z.; CRUZ, C.R. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tenções de crescimento em *Eucalyptus* e suas associação com outras propriedades. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 107-116, 2004.

LIMA, T. G. **Variações no sentido radial e longitudinal de algumas propriedades das madeiras de *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Eucalyptus pilularis* Sm.** 1995. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

LOBÃO, M. S.; DELLA LÚCIA, R. M.; MOREIRA, M.S.S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 889-894, 2004.

MALAN, F. S. Eucalyptus improvements for lumber production. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria, 1., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 1995. p. 1-19.

MAURI, R. **Anatomia e densidade do lenho de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com variação de altitude e de topografia, no Estado de Minas Gerais.** 2010.117f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

MELO, V.M. **Variação nas produtividades da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias e sujeitas a tempestade.** 2004. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

MENDES, R. **Agrometeorologia.** Brasília: FTB, 2009. 102f.

MILAGRES, F. R. **Avaliação da madeira de híbridos *Eucalyptus globulus* com *E. grandis* e *E. urophylla*, para a produção de celulose, utilizando espectroscopia NIR.** 2009. 142f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

MOKFIENSKI, A. **Importância relativa da densidade básica e da constituição química de madeira de *Eucalyptus* spp. No rendimento, branqueabilidade e qualidade da polpa Kraft.** 2004. 153f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

- MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira.** 1999. 107f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- MORI, C. L. O. **Variabilidade de cores em madeiras de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp.** 2003. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons: Wood Structure and conclusion of the general introduction.** 2 ed. v. 2. New York: Oxford, 1989. 297p.
- MUNHOR, F. C.; GARCIA, A. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava–SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n.1, p.30-34, 2008.
- OLIVEIRA, J. T. S.; BRAZ, R. L.; MOTA, J. P.; DUARTE, A. P. C.; ROSADO, A. M.. Ações de ventos em povoamentos florestais. In: CHICHORRO, J. F.; GARCIA, G. O.; CALDEIRA, M. V. W.; BAUER, M. O. (Org.). **Tópicos em Ciências Florestais.** Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2010, p. 443-476.
- OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil.** 1997. 2v. 439f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- OLIVEIRA, J. T. S. **Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da Pindaíba (*Xylopiá sericea* St. Hill.).** 1988. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.
- OLIVEIRA; J.G L. **Propriedades anatômicas da madeira de dois clones de eucalipto implantados em diferentes localidades.** 2009. 84f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2009.
- OLIVEIRA, J. T. S. Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira. In: José Tarcísio da Silva Oliveira; Nilton César Fiedler; Marcelo Nogueira. (Org.). **Tecnologias Aplicadas ao Setor Madeireiro II.** Vitória: Gráfica Aquarius Ltda, 2007, p. 129-164.
- OPIE, J. E.; CURTIN, R. A.; INCOLL, W. D. Stand management. In. HILLIS, W.E.; BROWN, A. G. (Eds.) **Eucalypts for wood production.** Sydney: CSIRO/Academic Press, 1984. p. 179-197.
- PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology.** 4 ed. New York: 1980. 722p.

- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: *Embrapa Florestas*, 2000. 113p.
- PETTERSEN, C. The chemical Wood composition. In: Rowell, R. **The chemistry of solid wood**. Madison: 1984. p. 57-126.
- PHILIPP, P.; D'ALMEIDA, M. L.O. **Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. 2 ed. São Paulo: IPT, 1988. 964 p.
- QUEIROZ, L. R. S.; BARRICHELO, L. E. G. **O eucalipto: um século no Brasil**. São Paulo: Antônio Bellini Editora & Cultura, 2007. 127p.
- RAMALHO, R. S. **O uso de macerado no estudo anatômico de madeiras**. Viçosa: UFV, 1987. 4p.
- RECH, C.; SILVA, J. C. Melhoramento genético para a qualidade da madeira. **Revista da Madeira**, (Edição Especial), São Paulo, p.48-54, 2001a.
- RECH, C.; SILVA, J. C. Características intrínsecas da madeira. **Revista da Madeira**, (Edição Especial), São Paulo, p. 60-65, 2001b.
- 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.1/2, p. 147-162, 1988.
- RODRIGUES, R.A.D. **Variabilidade de propriedades físico-mecânicas em lotes de madeira serrada de eucalipto para a construção civil**. 2002. 84f Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- ROSADO, A. M. **Avaliação da tolerância de árvores de eucalipto a quebra por vento**. 2006. 43f. Monografia (Pós graduação em Tecnologia de Celulose e Papel) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- ROWELL, R. M.; PETTERSEN, R.; HAN, J. S.; ROWELL, J. S.; TSHABALALA, M. A. Cell wall chemistry. In: ROWELL, R. M. (Ed.). **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Boca Raton: CRC, 2005. p. 35-74.
- RUY, O.R; FERREIRA, M.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação da qualidade da madeira entre grupos fenotípicos de clones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, n. 60, p. 21-27, 2001.
- RUY, O. F. **Variação da qualidade da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia**. 1998. 69f. Dissertação

(Mestrado Ciência e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

SANTOS, I. D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose extrativos na densidade básica, contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado.** 2008. 57f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SANTOS, S. R. **Influência da qualidade da madeira de híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo Kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada.** 2005. 160f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SCANAVA JUNIOR, L. **Caracterização, silvicultural, Botânica e tecnológica de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e de seu potencial para uso em serraria.** 2001. 108f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J.N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, n. 65, p. 120-129, 2004.

SHIMOYAMA, V. R. S.; BARRICHELO, L. E. G. Densidade básica da madeira, melhoramento e manejo florestal. **IPEF**, v. 6, n. 20, p. 1-22, 1989.

SHIMOYAMA, V. R. S.; BARRICHELO, L. E. G. Importância da adubação na qualidade da madeira e celulose. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO E QUALIDADE DE PRODUTOS AGRÍCOLAS, 1., 1989 Ilha Solteira. **Anais ... Ilha Solteira**, 1989. p.61-76.

SHIMOYAMA, V. R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp.** 1990. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

SHIMOYAMA, V.R.S.; BARRICHELLO, L.E.G. Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24. São Paulo, 1991. **Anais...** São Paulo, 1991. p.178-183.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 2002. 160f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2002.

SILVA, J. C; MATOS, J. L. M.; OLIVEIRA, JTS; EVANGELISTA, W. V. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira

de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p.455-460, 2005.

SILVA, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; OLIVEIRA, J.T. S.; CASTRO, V. R. – Influência de idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden Wood. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.6, p.1081-1090, 2007.

SILVA, J. C.; XAVIER, B. A. **Eucalipto: manual prático do fazendeiro florestal, produzindo madeira com qualidade**. Viçosa, 2006. 65 p.

SILVA, M. E. C. M. **Composição química da madeira**. Vila real: 2010.18p. (Apostila)

SJÖSTRÖN, E. **Wood chemistry**. Nova York: Academic Press, 1981, 223p.

SOUZA, C.; MOREIRA, J. E.; SANTOS, G. G.; CLAUDIO-DA-SILVA JUNIOR, E.; DIAS, R. L. V. Uma análise do comportamento dos extrativos de madeira no cozimento kraft. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CELULOSE E PAPEL. v.2, 1983, São Paulo. **Anais...**São Paulo, 1983. p.347-357.

SOUZA, L. C. **Caracterização da madeira de tração em *Eucalyptus grandis* e sua influência na produção de polpa celulósica**. 2004. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SOUZA, M. A. M. **Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus***. 2002. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **Tappi test methods**: Atlanta, 1992.

THOMAZ, A. F. **Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna***. 1995. 35f. Monografia (Trabalho acadêmico em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

TOMAZELLO FILHO, M. **Formação e anatomia da madeira**. Piracicaba, 2002. 76 p. (Apostila)

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenoides*. **IPEF**, Piracicaba, v.36, p.35-42, 1987.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-química e anatômicas da madeira de *Eucalyptus Saligna*. **Cerne**, Lavras, v.2, n.2, p.94-111, 1996.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; PÁDUA, F. A.; SORAGI, L. C.; ANDRADE, C.R. Deformação residual longitudinal (DRL) e tangencial (DRT) em seis clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras, v. 12, n.3, p. 279-286, 2006.

TRUGILHO, P. F. **Tensão de crescimento em árvores vivas de clones de *Eucalyptus* spp. e de *Eucalyptus dunnii* maiden e propriedades da sua madeira.** 167p. Tese (Pós Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características do eucalipto. **Revista de Madeira**, Curitiba, n.92, p.82-88, 2005.

TSOUMIS, G. **Science and Technology of Wood:** structure, properties, utilization. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 494p.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. C. I. **Meteorologia descritiva:** fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 1984. 374p.

VALERA, F.P., KAGEYAMA, P.Y. Interação genótipo x espaçamento em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba, v.39, p.5-16, 1988.

VAN WYK, J.L., Hardwood sawmilling can have a bright future in South Africa. **Southern African Forestry Journal**, Pretoria, n.109, p. 47-53, 1978.

VASCONCELOS, R. L. D.; SILVA JUNIOR C., E. A influência da densidade básica da madeira de híbrido de *Eucalyptus grandis* em suas características químicas, e propriedades de polpação e do papel. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP, 18., 1985, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1985. p.31-56.

VEENIN, T.; FUJITA, M.; NOBUCHI, T.; SIRIPATANADILOK, S. Radial variations of anatomical characteristics and specific gravity in *Eucalyptus camaldulensis* clones. **Iawa Journal**, Leiden, v. 26, n. 3, p. 353-361, 2005.

WALLIS, A.; WERNE, R.; WRIGHT, P. Chemical analysis of polysaccharides in plantation eucalypt woods and pulps. **Appita Journal**, Carton, v.49, p.427-432, 1996.

WEHR, T.R.; BARRICHELO, L. E. G. Cozimentos kraft com madeira de *Eucalyptus grandis* de diferentes densidades básicas e dimensões de cavaco. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 25., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1992. 161p

ZOBEL, B.J., VAN BUIJTENEN, J.P. **Wood variation:** its causes and control. New York: Springer-Verlag, 1989. 363p.