

**FERRAMENTAS PARA A AVALIAÇÃO DAS  
PROPRIEDADES DA MADEIRA EM  
ÁRVORES VIVAS DE *Toona ciliata* (Roemer) E  
APLICAÇÕES NO MELHORAMENTO  
GENÉTICO**

**STELLA VILAS BOAS GONÇALVES**

**2009**

STELLA VILAS BOAS GONÇALVES

**FERRAMENTAS PARA A AVALIAÇÃO DAS  
PROPRIEDADES DA MADEIRA EM ÁRVORES VIVAS  
DE *Toona ciliata* (Roemer) E APLICAÇÕES NO  
MELHORAMENTO GENÉTICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Madeira como matéria prima, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Sebastião Carlos da Silva Rosado

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Gonçalves, Stella Vilas Boas.

Ferramentas para a avaliação das propriedades da madeira em  
árvores vivas de *Toona ciliata* (Roemer) e aplicações no  
melhoramento genético / Stella Vilas Boas Gonçalves. – Lavras :  
UFLA, 2009.

61 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Sebastião Carlos da Silva Rosado.

Bibliografia.

1. Madeira. 2. Avaliação não destrutiva. 3. Melhoramento. 4.  
Genética. 5. Qualidade. I. Universidade Federal de Lavras. II.  
Título.

CDD – 674.1

STELLA VILAS BOAS GONÇALVES

**FERRAMENTAS PARA A AVALIAÇÃO DAS  
PROPRIEDADES DA MADEIRA EM ÁRVORES VIVAS  
DE *Toona ciliata* (Roemer) E APLICAÇÕES NO  
MELHORAMENTO GENÉTICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Madeira como matéria prima, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 16 de dezembro 2009

Prof. Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva UFLA

Prof. Dr. Paulo Fernando Trugilho UFLA

Prof. Dr. Giovanni Francisco Rabelo UFLA

Prof. Dr. Sebastião Carlos da Silva Rosado  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus meu princípio e fim.

DEDICO

Aos meus pais, Antônio e Margarida, por tudo que sou hoje.

Ao meu irmão e minha cunhada, pelo companheirismo.

OFEREÇO

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter estado à frente de todos os meus caminhos me amparando.

Ao meu orientador, Sebastião Carlos da Silva Rosado, pela orientação nos trabalhos realizados e pelos ensinamentos.

Ao Viveiro Bela Vista Florestal, pela doação de material utilizado no presente trabalho.

Aos professores, Paulo Trugilho, Edvaldo Aparecido Amaral da Silva, Natalino Calegário e Giovanni Francisco Rabelo, pela colaboração na defesa.

Aos meus colegas, Lucas, Otávio e Eduardo que me auxiliaram no trabalho de campo.

Aos funcionários Ernani, Gilson (Laboratório de Usinagem) Carlos Henrique, Bernardo “Seu Vico”, José Francisco “Zé Fazenda” (serraria), e Claret (Laboratório de Tecnologia).

À Rose, Chica, Cris e Terezinha, Vanessa (Cerne) por tudo que me auxiliaram.

Aos amigos que participaram desta caminhada comigo e aos que estiveram mais presentes em minha vida, muito obrigada pela amizade

A todos que me apoiaram e me ensinaram parte do que hoje sei e dos trabalhos que realizei.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
2.1 Características da espécie <i>Toona ciliata</i> .....	6
2.2 Conceitos importantes do melhoramento genético e sua utilização para a <i>Toona ciliata</i> .....	7
2.2.1 Seleção.....	<b>7</b>
2.2.1.1 Seleção massal.....	8
2.2.1.2 Progresso de seleção e ganho genético indireto.....	8
2.3 Qualidade da madeira e potencial do uso de madeira serrada.....	9
2.4 Evolução do melhoramento genético para a <i>Toona ciliata</i> .....	10
2.5 Métodos de avaliação da qualidade da madeira.....	12
2.5.1 Métodos destrutivos.....	12
2.5.1.1 Propriedades físicas.....	12
2.5.1.1.1 Densidade.....	12
2.5.1.1.2 Retratibilidade.....	13
2.5.1.2 Qualidade da madeira.....	13
2.5.1.2.1 Defeitos pós-desdobro.....	13
2.5.1.2.2 Defeitos pós-secagem.....	13
2.5.2 Métodos não destrutivos.....	14
2.5.2.1 Stress wave timer.....	14
2.5.2.2 Extensometro.....	14
2.5.2.3 Pilodyn.....	15
2.5.2.4 Resistógrafo.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Local de experimentação.....	16
3.2 Amostragem e obtenção dos dados não destrutivos.....	16
3.2.1 Métodos não destrutivos de avaliação da qualidade da madeira....	17
3.2.1.1 Stress wave timer.....	17
3.2.1.2 Deformação residual longitudinal (DRL).....	18
3.2.1.3 Resistência a penetração na superfície da madeira através de um pino de aço.....	18
3.2.1.4 Resistência a penetração da broca de sondagem (Resistografia).....	19
3.3 Métodos destrutivos da avaliação da qualidade da madeira.....	22
3.3.1 Densidade básica.....	22
3.3.2 Avaliação dos defeitos pós-desdobro e pós-secagem.....	22
3.3.2.1 Dimensões das tábuas.....	22



3.3.2.2 Rachadura das peças.....	23
3.3.2.3 Rachadura de topo.....	23
3.3.2.4 Rachadura de superfície.....	24
3.3.2.5 Empenamentos.....	24
3.3.2.5.1 Encurvamento das tábuas.....	25
3.3.2.5.2 Arqueamento das tábuas.....	25
3.3.2.5.3 Encanoamento.....	26
3.3.2.5.4 Torção.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 Avaliação não destrutiva da madeira de <i>Toona ciliata</i> .....	28
4.1.1 Avaliação não destrutiva para seleção massal em árvores de <i>Toona ciliata</i> .....	28
4.1.1.1 Modelos para estimativa da densidade básica.....	31
4.1.1.2 Avaliação gráfica para seleção de múltiplas características da madeira de forma não destrutiva, ou seja, em árvores vivas no campo nas idades 2, 3 4 e 5 anos.....	35
4.1.2 Avaliação não destrutiva para testes genéticos em árvores de <i>Toona ciliata</i> .....	40
4.1.2.1 Modelos para estimativa da densidade básica.....	40
4.1.2.1.1 Modelos utilizando os dados de amplitude (resistógrafo).....	40
4.1.2.1.2 Modelos utilizando os dados do Pilodyn.....	41
4.1.3 Testes para verificação dos ajustes dos modelos para determinação da densidade básica.....	43
4.1.3.1 Teste para falta de ajustamento.....	43
4.1.3.2 Teste t pareado.....	44
4.2 Avaliação destrutiva da madeira de <i>Toona ciliata</i> .....	46
4.2.1 Densidade básica.....	46
4.2.2 Avaliação da qualidade da madeira segundo características consideradas defeitos para a utilização da madeira.....	47
4.2.2.1 Modelos para estimativa dos fatores de avaliação da qualidade da madeira defeitos pós-secagem e defeitos pós-desdobro.....	50
5 CONCLUSÕES.....	54
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

## RESUMO

GONÇALVES, Stella Vilas Bôas. **Ferramentas para avaliação das propriedades da madeira de árvores vivas de *Toona ciliata* (Roemer) e aplicações no melhoramento genético.** 2009. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.\*

A avaliação das características tecnológicas da madeira com vistas ao melhoramento genético, normalmente se faz por meio de métodos destrutivos. Quando se deseja avaliar grande quantidade de materiais genéticos para conduzir índices de seleção mais rigorosos e, conseqüentemente, permitir o alcance de ganhos genéticos mais expressivos, os referidos métodos destrutivos se apresentam pouco eficazes. Dentre os vários fatores envolvidos nessa ineficácia se destacam a possibilidade de morte das árvores amostradas e a conseqüente perda de materiais genéticos de interesse e o maior período de tempo e de pessoal envolvidos nos processos de avaliações e medições. Daí o motivo de desenvolver e testar métodos não destrutivos que sejam mais rápidos e funcionais nas avaliações das propriedades da madeira de árvores vivas. Os objetivos do presente estudo foram: a) avaliar métodos de estudos não destrutivos da madeira formada nas diferentes idades das árvores, em plantações comerciais do cedro australiano, *T. ciliata*, na cidade de Campo Belo, Minas Gerais; b) Constituir uma ferramenta para selecionar árvores com propriedades tecnológicas superiores; c) Promover a seleção massal de forma rápida e não destrutiva. Foram utilizadas 10 árvores por idade sendo avaliadas as idades 2, 3, 4 e 5 anos. As medições não destrutivas para seleção massal foram avaliadas por meio do resistógrafo, extensômetro, Pilodyn e stress wave timer. Para as avaliações em testes genéticos onde não pode haver danos e nem perda de materiais, utilizou-se do resistógrafo e Pilodyn que são menos danosos aos indivíduos. Para calibração do aparelho foram derrubadas 40 árvores. Após a quantificação destas características foram avaliados os defeitos da madeira pós desdobro e pós- secagem e a densidade da madeira. Verificou-se que os modelos ajustados para a densidade básica, apresentaram elevados coeficientes de determinação da ordem de 85% a 99%. A deformação residual longitudinal (DRL) apresentou uma correlação de baixa magnitude com os defeitos pós desdobro e pós-secagem da madeira, e modelos de baixo ajuste da ordem de 6 a 20%. Observou-se que ganhos genéticos indiretos para a densidade básica podem ser alcançados quando se utiliza dados de resistografia (resistógrafo) e penetração (Pilodyn) para estimar a densidade básica. Essas ferramentas mostraram-se eficientes devido a não destruição dos materiais genéticos que

---

\* Comitê orientador: Sebastião Carlos da Silva Rosado– UFLA (Orientador), José Tarcísio Lima – UFLA

permanecerão em campo para o acompanhamento da evolução da qualidade da madeira com o avanço da idade das árvores plantadas em um teste de procedências, progênies e plantas. Essas estimativas de densidade da madeira também possibilitarão a condução de programas de seleções precoces para disponibilizar materiais geneticamente selecionados em prazos mais curtos.

## ABSTRACT

GONÇALVES, Stella Vilas Bôas. **Wood properties evaluating tools for *Toona ciliata* standing trees (Roemer) and tree genetic breeding applications.** 2009. 61 p. Dissertation (Master in Science and Technology of Wood) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.\*

Most of the wood technological characteristic evaluations focusing on tree genetic breeding have been carried out by means of destructive methods. However, whenever a greater amount of genetic material evaluation is needed in order to conduct a more precise selection index, such methods have shown little efficiency. Outstanding the many factors contributing for this inefficiency are sampled trees potential death and the consequent genetic material losses, as well as the greater time expenditure and number of people involved in the process evaluations and measurements. Hence the reason for developing and testing faster and more functional non-destructive methods when evaluating standing trees wood properties. The objectives of the present paper were: a) To evaluate non-destructive study methods for wood formed at different tree ages, in *T. ciliata* commercial stands, in the city of Campo Belo, M.G., Southeast Brazil; b) To develop a tree selecting tool with superior technological properties; c) To promote a fast and non-destructive mass selection; for such, ten trees were evaluated at the ages of 2, 3, 4 and 5 years. The non-destructive measurements applied in mass selection were made by means of resistograph, extensometer, Pilodyn and stress wave timer. In the case of genetic test evaluations, where there can be neither injury nor material losses, resistograph and Pilodyn were applied for being less harmful to the individuals. In order to calibrate the apparatus, forty trees had to be cut down. After quantifying the above characteristics, post-sawing and post-drying wood defects as well as wood density were determined. It was verified that the adjusted models to determine basic density presented high determination coefficients (85% to 99%). As the longitudinal residual deformation (DRL) showed a low magnitude correlation, the post-sawing and post-drying wood defects presented low adjustment models (6% to 20%). It can be presumed that indirect genetic gains in basic density could be achieved by using resistography (resistograph) and penetration (Pilodyn) data to estimate basic density. These tools proved to be efficient for they were non-destructive to the genetic material remaining in the field. Such material will be followed up as to the wood quality evolution with the aging of

---

\* Guidance Committee: Sebastião Carlos da Silva Rosado– UFLA (Adviser), José Tarcísio Lima – UFLA.

trees planted according to a provenance, progeny and plant test. These wood density estimates will also possibilitate the elaboration of a pre-conduction selection program which would provide genetically selected material in the short run.

## 1 INTRODUÇÃO

Os países detentores de uma economia mais avançada vêm se estruturando para vencer um novo desafio tecnológico, surgido da iminente necessidade de redefinir novos processos para gerar produtos mais limpos.

Esse novo paradigma tecnológico, seja no campo da agricultura ou da indústria, colocará as condições de competitividade desses países em patamares mais elevados, uma vez que eles alcançarão ganhos de produtividade, eficiência e qualidade, permitindo o domínio do mercado interno e a conquista de mercados externos.

No setor florestal brasileiro, envolvendo principalmente as áreas de manejo e de cultivo de florestas plantadas, o referido paradigma será, ainda, mais marcante uma vez que os modelos para exploração, uso e exportação de produtos florestais cada vez mais receberam pressões internacionais de ambientalistas e de barreiras comerciais. Além disso, essas pressões provavelmente se estenderão a outros setores da economia, como por exemplo; as restrições impostas à comercialização de carne bovina, açúcar, álcool, etc provenientes da criação e cultivos que invadem os biomas amazônicos e do pantanal.

Assim, para superar as referidas pressões e colocar o Brasil, também, em condições de vanguarda, deverão ser conduzidas políticas públicas e ações para setor florestal brasileiro, fundamentalmente, voltadas para o alcance dos novos e exigentes mercados consumidores de madeira e de seus produtos e subprodutos. Para isso, notadamente, duas questões cruciais deverão fazer parte de um plano estratégico. Logicamente, a primeira delas é atender as exigências de mercado em termos de qualidade da matéria-prima e dos produtos manufaturados ou industrializados. A outra exigência, a mais complexa, é a fundamentação da produção florestal dentro da nova ordem mundial, regida sob a ótica da ecoeficácia e ecoeficiência.

Nesses casos particulares, almeja-se para a primeira exigência a produção de matéria-prima e de produtos finais com qualidade diferenciada e com alto valor agregado, enquanto que para a segunda, a madeira deve ser originada de florestas manejadas ou plantadas, em que ambas sejam conduzidas por mecanismos de desenvolvimento limpo, ou seja; com redução de impactos ambientais e do desperdício.

Conceitualmente, Foelkel (2009) relata que nos processos de produção mais limpa a eficácia está associada ao “escolher certo o que deve ser feito”, enquanto que a eficiência é relativa ao “fazer bem o que deve ser feito”. Em outras palavras, esses conceitos querem dizer que se devem escolher as melhores alternativas para alcançar o sucesso almejado, mas que estas devem ser colocadas da melhor forma possível. Esse mesmo autor menciona que o planejamento florestal, fundamentado na ecoeficácia e ecoeficiência, permite diagnosticar e avaliar melhor o desperdício, a geração de resíduos, a poluição, etc., uma vez que os problemas são antecipadamente evitados ou, no pior das hipóteses; localizados onde eles poderão ocorrer ou serem gerados, evitando a adoção de medidas mitigadoras que elevam os custos da atividade florestal e evita que a empresa seja ineficiente do ponto de vista econômico, ambiental e social.

Portanto, é evidente que a indústria brasileira geradora de produtos derivados de recursos naturais está submetida à nova ordem social de proteção ao ambiente e aos padrões de qualidade aceitáveis pelos países desenvolvidos.

Inseridas nesse contexto, torna-se, também, que as indústrias de móveis e da construção civil necessitam, mais do que nunca, de madeira certificada e com alta qualidade para garantir a geração de produtos mais limpos e, portanto, mais competitivos. Assim, essa matéria-prima requer um desenvolvimento tecnológico em todas as etapas do processo de sua produção, incluindo aquelas

voltadas para a seleção genética, silvicultura, manejo, colheita, bem como aquelas ligadas ao processamento e industrialização da madeira.

Dentre as várias espécies arbóreas produtoras de madeira com qualidade superior destacam-se o mogno (*Swietenia macrophylla*) e o cedro (*Cedrela fissilis*). Essas espécies de meliáceas, com ocorrência predominante na América do Sul e Central, apresentam altas taxa de crescimento. Infelizmente, em plantações, elas são fortemente atacadas pela lagarta *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) que constroem galerias no interior dos ramos e no ápice, acarretando uma drástica redução na taxa de crescimento da árvore e a perda da dominância apical do tronco, fazendo com que ele se ramifique intensamente e tenha o seu valor comercial drasticamente reduzido. Por essas razões e pela ineficácia no controle da referida lagarta, o cultivar dessas espécies tornou-se bastante difícil e ineficiente, alcançando níveis em que os esforços para torná-las com valor comercial, em áreas reflorestadas, foram intensamente reduzidos (Newton et al., 1993).

Situações semelhantes têm sido registradas para o cedro australiano (*Toona ciliata*), outra meliaceae, com ocorrência natural na Ásia e Austrália, que também apresentam madeira com alta qualidade e às mesmas dificuldades de monocultivo impostas pelos recorrentes ataques de lagarta, só que nesse caso é a *Hypsipyla robusta* (Griffiths, 2000; Bygrave & Bygrave, 2005).

Segundo Griffiths (2000), a maior diferença conhecida entre *H. grandella* e *H. robusta* é a preferência por hospedeiros distintos; a primeira praga prefere os gêneros com ocorrências nas Américas (*Swietenia* e *Cedrela*) incluindo, dessa forma, o mogno e cedro brasileiro, enquanto que a segunda prefere os gêneros *Khaya*, *Toona* e *Chukrasia* com ocorrências fora da América.

Diante de tais fatos, hipóteses foram levantadas no sentido de que uma inversão na procedência de propágulos para condução de monocultivos dessas espécies poderia produzir árvores livres do ataque desses lepidópteros. Assim,



por exemplo, espécies dos gêneros *Swietenia* e *Cedrela* poderiam ser cultivadas fora das Américas e livres dos ataques da *H. grandela* e, por outro lado, as espécies dos gêneros *Khaya*, *Toona* e *Chukrasia* poderiam ser cultivadas nas Américas e livres dos ataques da *H. robusta*.

Grijpma (1973, 1976) em seus trabalhos apresentou as evidências para a aceitação da referida hipótese. Ele constatou que o ataque da *H. grandela* em *T. ciliata*, cultivada na América Central e do Sul, não foi tão intenso quanto o ataque em espécies de *Swietenia* e *Cedrela*. Situação semelhante também foi observada com relação ao ataque de *H. robusta* em espécies de *Cedrela* cultivadas na Austrália.

Assim, as evidências para o sucesso de cultivo da *T. ciliata* nas Américas em substituição aos cultivos de mogno e cedro foram realçadas. No Brasil, principalmente na região sudeste o crescimento e desenvolvimento da *T. ciliata* em plantios puros é bastante promissor, podendo assumir uma produtividade de 15 m<sup>3</sup>/ha/ano (Pinheiro et al., 2003). Adicionalmente, Cardoso et al. (2004) relatam que o cultivo da *T. ciliata* consorciado em sistemas agroflorestais é uma boa alternativa de renda para as pequenas e médias propriedades rurais.

Contudo, deve-se salientar que a *T. ciliata* ainda não foi geneticamente melhorada para as condições brasileiras e, por essa razão, ainda não se pode conhecer o potencial de produção florestal da referida espécie, seja em povoamentos puros quanto em consorciados.

Em 2008 a Associação de Produtores Florestais do Sudoeste de Minas Gerais (APFLOR) instalou nos municípios Mineiros de Campo Belo e João Pinheiro testes genéticos combinados de procedências, progênies e plantas com o principal objetivo de selecionar indivíduos superiores, em termos de produtividade e qualidade da madeira, para constituírem materiais genéticos para plantios comerciais em diferentes condições ecológicas de Minas Gerais.

Nas atuais condições de teste somente coletam-se os dados de crescimento e de resistência às doenças e pragas. Portanto, para o próximo ano de 2010, quando as árvores completarão três anos, será iniciada a coleta de dados referentes às propriedades da madeira, bem como os de defeitos após o desdobro e secagem.

Diante deste cronograma de coleta de dados da madeira e da impossibilidade de abate das árvores experimentais, para a coleta de amostras e posteriores análises laboratoriais destrutivas, torna-se necessário desenvolver e aprimorar métodos não destrutivos de estudo da madeira.

O ajuste de modelos de estudos não destrutivos propiciará as avaliações futuras de propriedades da madeira. Isso, do ponto de vista do melhoramento genético, se constituirá numa importante ferramenta de trabalho, pois permitirá o acompanhamento da evolução da qualidade da madeira com o avanço da idade das árvores de materiais genéticos distintos (procedências, progênie e plantas) e a condução de seleções precoces para disponibilizar materiais de cultivo em prazos mais curtos.

Outra importante função desse estudo não destrutivo é o fornecimento de dados tecnológicos da madeira em estudos de desbaste e poda.

Neste contexto os objetivos deste trabalho foram avaliar métodos de estudos não destrutivos da madeira formada em diferentes idades das árvores, em plantações comerciais do cedro australiano para gerar modelos de estudo da madeira de árvores vivas constituintes de unidades experimentais de um teste de progênie/progênie/planta; constituir uma ferramenta para selecionar árvores com propriedades tecnológicas superiores para permitir transformação de testes genéticos em pomares de produção com semente; promover a seleção massal de forma rápida e não destrutiva, permitindo a obtenção de ganhos genéticos mais expressivos pela realização de índices padronizados de seleção mais amplos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Características da espécie *Toona ciliata*

A *Toona ciliata* pertence à família Meliaceae. A sua distribuição geográfica segundo Edmonds (1993), é ampla, ocorrendo naturalmente numa grande área que engloba a Índia, o Paquistão, sul da China e a Austrália. E no Brasil apesar da *Toona ciliata* ser uma espécie exótica encontrou condições favoráveis para o seu desenvolvimento na região sudeste e no sul da Bahia.

Edmonds (1995) sugeriu que a *Toona* compreende várias espécies dentre elas (*T. sinensis* M. Roem., *T. fargesii* A. Chev., *T. sureni* Merrill, Calantas T. Merr. & Rolfe, e *T. ciliata* M. Roem.) sendo as mesmas altamente variáveis.

O porte das árvores atinge de 30 a 40 m de altura e seu diâmetro à altura do peito pode alcançar mais de 1,0 m. Exemplares com o porte máximo são raras, muitas atingem um fuste retilíneo com uma estrutura bem desenvolvida (Bygrave & Bygrave, 2005).

A madeira que é foco desse estudo, é leve apresentando densidade em torno de 450kg/m<sup>3</sup>. Apresenta madeira que é facilmente serrada e sua secagem é fácil, desde que o empilhamento seja adequado. Estima-se que sua contração seja de aproximadamente 2% no plano radial e 4% no plano tangencial.

Segundo Edmonds (1993) a madeira de *Toona* possui muitas utilizações dentre elas destacam-se: as paisagísticas, e empregos em sistemas agroflorestais.

A espécie *Toona ciliata* tem melhor desenvolvimento em margens férteis dos rios costeiros e entre o mar e as serras do leste da Austrália. Nesse país, são poucas as áreas de cultura, visto que foi intensamente substituída por pastagens e agricultura (Bygrave & Bygrave, 2005).

## **2.2 Conceitos importantes do melhoramento genético e suas utilizações para a *Toona ciliata***

A evolução do melhoramento tem mostrado que a avaliação e seleção de menor número de características propiciam maiores respostas de ganho genético, Contudo, essas poucas características devem refletir maiores ganhos econômicos e melhor estabilidade das plantas melhoradas diante das alterações ambientais. A busca dessas características para dinamizar os programas de melhoramento genético da *Toona ciliata* ainda não aconteceu, principalmente, para as condições brasileiras.

### **2.2.1 Seleção**

A seleção é o meio pelo qual os indivíduos superiores de uma população são selecionados devido às suas características desejáveis em termos de reprodução, qualidade de produtos e produtividade. Na seleção nenhum caráter de interesse é criado, só se trabalha com os já existentes e que seja geneticamente variáveis e transmissíveis aos descendentes.

Portanto, para conduzir a seleção é necessário que se conheça a variabilidade da população e quanto dessa variabilidade é devida às diferenças genéticas entre seus indivíduos. Esses fatores são fundamentalmente importantes para se conhecer o potencial da população, com vistas na sua conservação e uso nos programas de melhoramento (Ramalho et al., 1990).

A herdabilidade alta para certas características faz com que a seleção seja eficiente tanto através de índices de seleção, quanto para a seleção massal.

Contudo o objetivo do melhoramento genético é aumentar a produtividade e qualidade neste caso a madeira, a cada seleção sem alterar a base genética da população. Para evitar que ocorra perda da variabilidade genética de materiais, deve-se fazer a conservação do material genético antes de iniciar as seleções.

### **2.2.1.1 Seleção Massal**

A seleção massal é, entre os métodos de melhoramento conhecidos, um dos mais simples. Por esse método, plantas são avaliadas e selecionadas fenotipicamente, sem avaliar a descendência da população selecionada, sendo um método efetivo para caracteres que são facilmente observados ou medidos. A semente de polinização aberta das plantas selecionadas é agrupada para dar origem à próxima geração. Esse ciclo de seleção pode ser repetido várias vezes para aumentar a frequência de alelos favoráveis melhorando a característica da população. O seu principal uso é na obtenção de novas variedades em espécies vegetais que ainda não foram muito trabalhadas geneticamente ou para caracteres de alta herdabilidade (permite que se estime o ganho com a seleção antes mesmo que ela ocorra) (Oliveira et al., 2008).

A *Toona ciliata* se enquadra nesta seleção devido à mesma ainda não ter sido melhorada geneticamente e devida sua propagação via seminal.

### **2.2.1.2 Progresso de seleção e ganho genético indireto**

O ganho genético exprime o avanço da geração seguinte em relação à população original, Falconer (1987) salienta que a seleção indireta pode promover maiores ganhos que a direta se o caráter auxiliar apresentar maior herdabilidade que o principal, e se a correlação genética entre ambos for positiva e de alta magnitude.

O mesmo afirma que a correlação fenotípica, pode em seu uso ocasionar erros tendo então pouco valor prático. No estudo de correlações deve-se então ater as causas genéticas e de ambiente que se combinadas resultam na correlação fenotípica.

Sabe-se que o mercado hoje exige que se tenham as constituições genéticas mais produtivas e que estas estejam disponíveis em um curto espaço de tempo. Daí o interesse em se trabalhar com características que de forma

indireta estarão selecionando caracteres de interesse, obtendo ganhos significativos, mais baratos e de fácil operacionalização.

Em observação a estes preliminares, a avaliação de forma não destrutiva já ganha espaço nos estudos genéticos, devido à possibilidade de avaliações rápidas, baratas, facilitando a seleção de indivíduos obtendo alto ganho genético. Sabe-se, portanto que a capacidade de predição de ganhos genéticos, a partir de um processo seletivo, é considerada uma das grandes contribuições da genética quantitativa (Paula, 1995).

### **2.3 Qualidades da madeira e potencial do uso de madeira serrada**

Para Jorge & Pereira (1998), somente com o conhecimento das características físicas, mecânicas anatômicas e químicas, e a variabilidade da madeira é possível elaborar classes de utilizações confiáveis para a mesma. De acordo Busnardo et al., (1983), Teixeira et al., (1993), Oliveira (1997), Garcia (1998) e Cruz et al. (2003), a densidade da madeira é uma das propriedades mais importantes na definição de qualidade devido à mesma estar relacionada com outras características da madeira. A qualidade somente pode ser alterada durante o processo de formação da madeira. Porém através de seleção, melhoramento genético e tratos silviculturais pode-se melhorar ou minimizar fatores relacionados à qualidade (Zobel, 1981).

Quando se procura potencializar o uso de produtos normalmente a busca inicial é pelos rendimentos financeiros que este produto trará. A madeira não foge muito disso, pois a busca do referido potencial visa o rendimento e a qualidade da mesma. Por isso como ponto principal a ser tratado na busca de potencial da madeira está o estudo das tensões de crescimento uma vez que estas ocasionam os principais defeitos advindos do seu processamento, para obtenção da madeira serrada e industrializada.

Dinwoodie (1966) define as tensões de crescimento como forças que se desenvolvem no interior do tronco de árvores vivas e segundo Jacobs (1945) são características intrínsecas ao crescimento natural das árvores, ocorrendo tanto em folhosas como em coníferas. Elas ocorrem nas árvores antes da derrubada, atuando na estabilidade e equilíbrio das mesmas (Wik, 1978). As tensões de crescimento podem ocorrer nas direções longitudinal, tangencial e radial. As tensões longitudinais podem ser chamadas de tensão de tração (encurtamento) e tensão de compressão (alongamento) das fibras, já as tensões radiais aparecem em reação às tensões tangenciais. Se ocorrer o rompimento de equilíbrio dentro da árvore haverá a liberação das tensões de crescimento (Boyd, 1950; Dinwoodie, 1966; Kubler, 1987).

Segundo Lisboa (1993) as tensões de crescimento têm efeitos benéficos para as árvores vivas, entretanto oferece certa dificuldade para o desdobro, o processamento da madeira, fator este que pode levar a empenamentos e rachaduras.

Segundo Wikins (1986), as tensões de crescimento longitudinais são as mais severas e variáveis.

#### **2.4 Evolução do melhoramento genético para a *Toona ciliata***

A exploração ilegal e de maneira desenfreada da madeira de *Toona ciliata* na Austrália trouxe grandes perdas com relação a materiais genéticos visto que com o corte das árvores se perderam muitos materiais de ótima qualidade, e possivelmente, capazes para serem indicados como genótipos superiores.

As árvores remanescentes dessa exploração, além de serem fenotípicamente inferiores, com relação às inúmeras características, constituíram populações pequenas e isoladas, aumento a taxa de endogamia e, conseqüentemente, reduzindo a variação genética entre e dentro das populações.

Uma pequena base genética reduz a capacidade dos indivíduos a se adaptarem às mudanças climáticas o que poderia levar a vulnerabilidade da espécie, podendo estas chegar próximas à extinção. Por isso é necessário considerar as variações das populações como medidas de conservação da espécie e adaptar programas de melhoramento (Bygrave & Bygrave, 2005).

Os estudos na área de melhoramento genético relacionados com a espécie *Toona ciliata* tem evoluído, devido ao interesse de utilização da madeira para diversos fins, principalmente em serrarias fato que se deve atribuir qualidades a madeira, acelerando o crescimento, com isso aumentando a produtividade e obtendo madeiras homogêneas e de qualidade (Alfenas et al., 2004).

Portanto o interesse de trabalhar com as espécies introduzidas no Brasil que em sua grande parte apresentam-se variáveis, característica esta que pode ser observada em povoamentos implantados que se apresentam irregulares.

Para algumas espécies o conhecimento já é suficiente para a produção através de clonagem, já para a *Toona ciliata* a propagação comercial ainda é exclusivamente através de sementes (Lorenzi et al., 2003; Pinheiro et al., 2003).

Daí a necessidade de se mudar a forma de propagação comercial (via sementes), ou seja, iniciar um programa de melhoramento genético para a espécie, devido a fatores como a curta viabilidade das sementes e a oferta sazonal (Scocchi et al., 2006).

A clonagem é de grande interesse devido ao fato de a mesma manter as características desejadas dos indivíduos além de poder ser realizada em indivíduos com características superiores, aumentando a produtividade e os caracteres inerentes a qualidade da madeira e seus usos finais.



## **2.5 Métodos de avaliação da qualidade da madeira**

### **2.5.1 Métodos destrutivos**

O uso dos métodos destrutivos tem sido colocado em discussão devido ao fato da necessidade da representatividade dos indivíduos selecionados, o que leva tempo e custo para obtenção de resultados correndo o risco de se ter selecionado indivíduos que não representavam bem a população ou mesmo espécies de má qualidade, deixando as de ótima qualidade fora da seleção. Além do mais quando se faz este tipo de amostragem a seleção é feita com poucos indivíduos. Nestes casos a amostragem corre o risco de prejudicar a qualidade da floresta.

#### **2.5.1.1 Propriedades físicas**

Para que se possam definir fins estruturais como industriais de certas espécies há a necessidade de estar estudando a fundo e conhecendo as propriedades físicas da madeira, fator de grande importância. Neste caso as propriedades mais importantes para este estudo são a densidade básica e retratibilidade, avaliando fatores de qualidade da madeira como resistência e instabilidade dimensional.

##### **2.5.1.1.1 Densidade básica**

A densidade é uma das propriedades mais importantes relativa à qualidade da madeira, pois relaciona o peso seco de um material com seu volume é expressa em  $\text{Kg/m}^3$  ou  $\text{g/cm}^3$ . Segundo Panshin & Zeeuw (1970) essa propriedade varia em diferentes regiões, com gênero espécie e dentro do próprio indivíduo.

#### **2.5.1.1.2 Retratibilidade**

Já a retratibilidade está relacionada à movimentação de água na madeira, devido ao fato de a mesma ser um material higroscópico, à medida que a madeira adsorve água ocorre um inchamento e na medida em que perde água ela retrai, fator este que varia em relação a diferentes espécies, e com o comportamento da madeira de acordo com a secagem, ocorrendo da umidade de saturação do ar a 0% de umidade. Devem ser observados fatores relacionados ao produto final, em que alguns casos exigem madeiras de melhor estabilidade, já que a contração é um dos problemas na utilização da madeira serrada (Galvão & Jankowsky, 1985).

#### **2.5.1.2 Qualidade da madeira**

##### **2.5.1.2.1 Defeitos pós - desdobro**

Para madeiras de eucalipto os defeitos estão normalmente relacionados a tensões de crescimento e qualidade do fuste (Santos, 2008). Quando ocorre o desdobro há liberação de tensão residual, onde pode ocorrer o comprometimento de utilização da peça através de um dos piores defeitos o arqueamento (Del Menezzi, 1999). A utilização do método adequado de desdobro pode diminuir os índices de defeitos na peça (Ferreira et al., 2004). Já em relação às madeiras de cedro australiano estão sendo feitos estudos para caracterizar a origem dos defeitos em relação às características da madeira. Os defeitos podem ser rachaduras, arqueamentos, encurvamentos, encanoamentos e torções.

##### **2.5.1.2.2 Defeitos pós-secagem**

É preciso conhecer as características da espécie em estudo para então definir qual processo de secagem adequado, não comprometendo resultados posteriores a secagem e podendo também controlar ou até mesmo diminuir danos que seriam prejudiciais ao fim estrutural da peça. Segundo Brandão

(1989), a ocorrência de defeitos na madeira, entre outros aspectos, pode estar associada ao processo inicial de formação, ao desdobro e à secagem, na qual ocorre grande perda de material. Os defeitos avaliados na pós-secagem são os mesmos avaliados no pós-desdobro.

Segundo Galvão & Jankowsky (1985) as rachaduras ocorrem devido às diferentes contrações radiais e tangenciais e diferenças de umidade que ocorrem na madeira.

Os empenamentos (torção, encanoamento, encurvamento, arqueamento) ocorrem por duas causas principais: diferença entre as contrações (radial, tangencial) na mesma peça ou tensões de crescimento. Também são agravados pela presença de grã irregular ou torcida e presença de anormalidades na madeira, como lenho juvenil e lenho de reação (Simpson, 1991).

## **2.5.2 Métodos não destrutivos**

### **2.5.2.1 Stress wave timer**

É utilizado para medir a velocidade de propagação de ondas de tensão, podendo ser utilizado para árvores vivas, mas também em amostras, no laboratório. Existem vários fatores que influenciam a velocidade de propagação da onda, por exemplo, a presença de nós na madeira.

O instrumento consiste de um martelo o qual se realiza o impacto na árvore, a partir deste impacto ocorre uma vibração que vai até o receptor do impacto. Os tempos registrados em microssegundos são utilizados para o cálculo da velocidade de propagação das ondas (Schad et al., 1996; Matos, 1997).

### **2.5.2.2 Extensômetro**

Este aparelho tem sido utilizado para a determinação indireta das tensões longitudinais de crescimento de árvores vivas. O aparelho é constituído de um relógio comparador no qual em seu mostrador é registrada a liberação de

tensão, sendo o mesmo fixado no tronco da árvore por dois pinos, na direção da grã sendo a distância entre eles de 45 mm. Com um arco de pua é realizado um orifício de 20 mm de diâmetro entre os dois pinos, no ponto médio entre eles, onde ocorre então a liberação de tensão que é registrada.

### **2.5.2.3 Pilodyn**

O instrumento Pilodyn de avaliações pontuais, locais está relacionado a estabilidade de uma árvore. A utilização do Pilodyn consiste na introdução de uma agulha no tronco da árvore em estudo, sendo que a agulha pode atingir uma profundidade de até 40 mm, ou seja, a avaliação é mais superficial. A avaliação da qualidade é feita relacionada à densidade da mesma que é visível numa escala incorporada no próprio instrumento.

As principais vantagens são: a rapidez na medição, facilidade de utilização, baixo custo de avaliação e por ser um método não destrutivo da madeira, é versátil e de grande utilização nas medições em árvores vivas (Gomes, 2007).

### **2.5.2.4 Resistógrafo**

O aparelho resistógrafo, fabricado na Alemanha e introduzido nos Estados Unidos pela Instruments Materials Labor em 1995 (Dykema, 2001) é utilizado para descrever o perfil radial de variação da madeira, estando relacionada à sua dureza e densidade da mesma.

A medição da resistência à perfuração da madeira com uma broca depende da sua densidade. O resistógrafo mede a resistência da madeira à penetração de uma broca especial de 3 mm de diâmetro e comprimento variável (Gomes, 2007). Os resultados liberados pelo aparelho são de alta resolução, pois o mesmo registra amplitudes a cada mm de perfuração que a broca realiza no tronco. Fornecendo-nos as informações da sanidade e da estrutura da madeira.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local de experimentação

Para o estudo foram utilizadas árvores de Cedro Australiano (*Toona ciliata* M. Roemer), de origem australiana desconhecida. As idades avaliadas foram de dois, três, quatro e cinco anos cultivadas na fazenda Bela Vista Florestal no município de Campo Belo, Minas Gerais, a uma latitude Sul de 20° 53' 30" e longitude de 45° 16' 15" Oeste de Greenwich e uma altitude de 945 m. A temperatura média anual é de 23,5°C e precipitação média anual de 1250 mm.

#### 3.2 Amostragem e obtenção dos dados não destrutivos

Foram amostradas aleatoriamente 10 árvores em cada idade, evitando aquelas doentes (avaliação visual), atacadas por pragas e evitando o efeito de borda. Em cada árvore foi realizada a amostragem não destrutiva. Para a realização da amostragem não destrutiva foram feitos dois painéis em lados opostos dentro da linha de plantio. Esses painéis foram feitos a 1,30m do nível do solo, com altura uniforme de 48 cm e largura variável de acordo com o diâmetro da árvore. A Figura 1 mostra o esquema de abertura dos painéis.



FIGURA 1 Pannel aberto na árvore para avaliação não destrutiva

### 3.2.1 Métodos não destrutivos de avaliação da qualidade da madeira

#### 3.2.1.1 Stress wave timer

Com os tempos registrados em microssegundos é que são calculadas as velocidades de propagação da onda. Para cada amostra (árvore) foram obtidos cinco valores destes impactos e calculada suas médias. As Figuras 2 e 3 mostram a utilização do aparelho. O aparelho é constituído de um acelerômetro de partida e de chegada, e a parte registradora dos dados coletados.



FIGURA 2 e 3 Stress waver timer utilizado para a obtenção da velocidade de propagação das ondas de tensão

### 3.2.1.2 Deformação Residual Longitudinal (DRL)

O aparelho utilizado para medir a DRL foi o extensômetro. No estudo foi utilizado somente um relógio comparador o qual determinou a DRL; tensão longitudinal de crescimento. As medições foram feitas na árvore viva (em pé), no DAP (1,30m do solo), sendo coletadas duas medições: no sentido da curva de nível, ou seja; dentro da linha de plantio. A Figura 4 mostra o aparelho.



FIGURA 4 Extensômetro para a obtenção das deformações residuais longitudinais (DRL) em *Toona ciliata*

### 3.2.1.3 Resistência à penetração na superfície da madeira através de um pino de aço

Essa característica foi avaliada pelo aparelho denominado Pilodyn, o qual foi desenvolvido na Suíça. O uso desse instrumento no tronco das árvores foi feito nas mesmas posições de coleta dos dados de resistografia processada pelo resistógrafo. Segundo Oliveira (2001), o aparelho consiste de um pino de aço impulsionado por uma mola com uma força constante, cuja profundidade de penetração é, em princípio, inversamente proporcional à densidade da madeira. A Figura 5 mostra o aparelho e sua utilização na árvore.



FIGURA 5 Pilodyn utilizado para determinação da densidade, aparelho de avaliação superficial, numa escala de 40mm de profundidade

#### **3.2.1.4 Resistência á penetração da broca sondagem (resistografia)**

As medições foram feitas no DAP (1,30m do solo), entre as linhas de plantio e dentro das linhas de plantio. Após a furação da amostra, é traçado um gráfico (perfil de avanço da furação) e assim tornou-se possível analisar o andamento de penetração que nos forneceu informações relativamente às variações da densidade da madeira, propriedades mecânicas e sanidade da madeira. Estes dados variaram em amplitude de 0 a 100%, relacionados à resistência a penetração da broca. A Figura 6 mostra o aparelho e sua utilização.





FIGURA 6 Resistógrafo para obtenção de dados de resistência mecânica a penetração da broca de sondagem na madeira de *Toona ciliata*.

Após as avaliações não destrutivas realizadas nas árvores elas foram derrubadas, medidas as alturas comerciais sendo retirada, uma tora de 1,30m de comprimento para confecção das tábuas para avaliação dos defeitos pós-desdobro e pós-secagem além de dois discos (um a 1,30m do solo e o outro a 50% da altura comercial das árvores para obtenção da densidade básica). As Figuras 7 e 8 mostram a tora e os discos retirados da árvore após o abate.



FIGURA 7 Tora retirada a (1.30m do solo)



FIGURA 8 Disco retirado a 1.30m do solo para avaliação da densidade básica

Estas amostras foram levadas para a Unidade Experimental de Desdobro e Secagem de Madeira posteriormente ao Laboratório de Tecnologia da Madeira e ao Laboratório de Usinagem, no Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, onde foram confeccionadas as amostras e realizadas as análises e testes para os estudos destrutivos da madeira.

### **3.3 Métodos destrutivos de avaliação da qualidade da madeira**

#### **3.3.1 Densidade básica**

A determinação da densidade básica seguiu a norma NBR 7190/97 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1997).

#### **3.3.2 Avaliação dos defeitos pós-desdobro e pós-secagem**

As toras de 1,30m de comprimento foram desdobradas no sentido do comprimento da peça, desdobro taper, e confeccionadas tábuas de um metro de comprimento. Destas tábuas foram retiradas todas as informações pertinentes pós-desdobro, como suas medidas (dimensões) e os defeitos encontrados em cada peça dentre eles rachaduras, torções, encurvamentos, encanoamentos, e arqueamento. Logo após a coleta destes dados as tábuas foram empilhadas à sombra de maneira a permitir a circulação de ar dentro e no entorno da pilha, favorecendo a perda de umidade e a secagem da madeira ao ar livre. O controle de umidade foi realizado com um medidor de umidade, sendo pré-estabelecidos dias para a medição da umidade, até a pilha se tornar uniforme, na umidade de equilíbrio do local, no nosso caso de aproximadamente 15% de umidade. Sendo que logo após a pilha entrar em equilíbrio foi novamente registrado as medidas necessárias, como dimensões das tábuas e os defeitos pós-secagem encontrados, para a avaliação da qualidade da madeira pós-desdobro e pós-secagem.

##### **3.3.2.1 Dimensões das tábuas**

Após a realização do desdobro, as espessuras e as larguras foram medidas em três pontos nas duas extremidades e no centro da tábua, utilizando-se um paquímetro digital. Os comprimentos das tábuas foram medidos com fita métrica graduada em milímetro.

### 3.3.2.2 Rachadura das peças

O comprimento das rachaduras de superfície e de topo em cada peça foi determinado com um paquímetro, tanto no pós-desdobro como na pós-secagem.

### 3.3.2.3 Rachadura de topo

A rachadura de topo foi medida conforme a Figura 9:

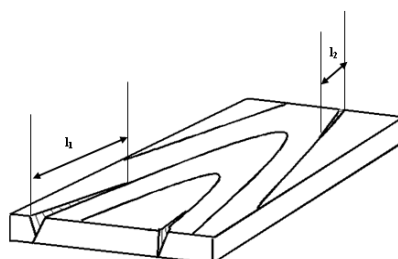


FIGURA 9 Método de medição das rachaduras de topo nas peças.  
Fonte: Rocha (2000).

E seu cálculo feito de acordo com a expressão:

Equação 1

$$Rt = \frac{(l_1 + l_2)}{L} * 100$$

em que:

$Rt$  = índice da rachadura de topo, (%);

$l_1 + l_2$  = comprimento individual da maior rachadura nas extremidades das tábuas, mm;

$L$  = comprimento total da peça, mm.

### 3.3.2.4 Rachadura de superfície

A rachadura de superfície foi medida conforme a Figura 10:

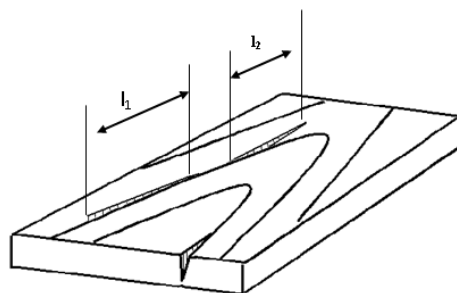


FIGURA 10 Esquema da medição da rachadura de superfície.  
Fonte: Rocha (2000).

Equação 2

$$Rs = \frac{\left( \sum_{i=1}^n l_i \right)}{L} * 100$$

em que:

$Rs$  = índice da rachadura de superfície, %;

$\left( \sum_{i=1}^n l_i \right)$  = somatório dos comprimentos das rachaduras de superfície, mm;

$L$  = comprimento total da peça, mm.

### 3.3.2.5 Empenamentos

Os empenamentos (encurvamento, encanoamento e arqueamento) das tábuas recém-desdobradas foram medidos com auxílio de um paquímetro digital

(0,01 mm) no local de maior flecha, esticando-se uma linha de náilon presa nas extremidades da tábua.

### 3.3.2.5.1 Encurvamento das tábuas

O encurvamento foi quantificado pelo comprimento da flecha em relação ao comprimento da peça.

Equação 3

$$Ev = \frac{F}{L}$$

em que:

$Ev$  = encurvamento da tábua (mm/m);

$F$  = flecha (mm);

$L$  = comprimento da peça (m).

Esse defeito nas tábuas pode ser observado pela Figura 11:

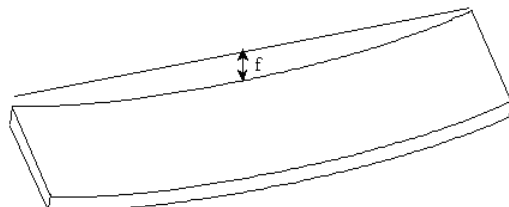


FIGURA 11 Encurvamento das tábuas.  
Fonte: Ferreira et al. (2004).

### 3.3.2.5.2 Arqueamento das tábuas

O arqueamento foi medido esticando-se uma linha ao longo da lateral da tábua e medindo-se o local de maior afastamento da linha, o valor é dado pelo comprimento da flecha em relação ao comprimento da peça.

Equação 4

$$Ar = \frac{F}{L}$$

em que:

$Ar$  = arqueamento da tábua (mm/m);

$F$  = flecha (mm);

$L$  = comprimento da peça (m).

O arqueamento das tábuas está ilustrado na Figura 12:

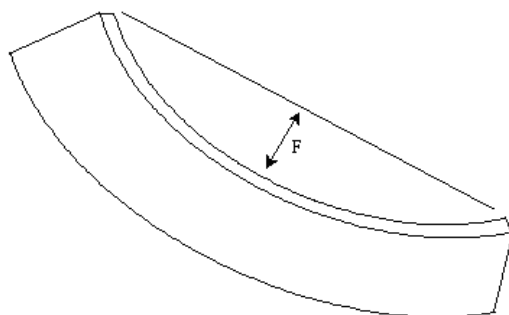


FIGURA 12 Arqueamento das tábuas.

Fonte: Ferreira et al. (2004).

### 3.3.2.5.3 Encanoamento

Os valores de encanoamento foram considerados como suas flechas máximas, em milímetros.

Equação 5

$$En = \frac{2 * F}{L}$$

em que:

$En$  = encanoamento da tábua (mm/m);

$F$  = flecha (mm);

$L$  = comprimento da peça (m).

Medidos conforme a Figura 13:

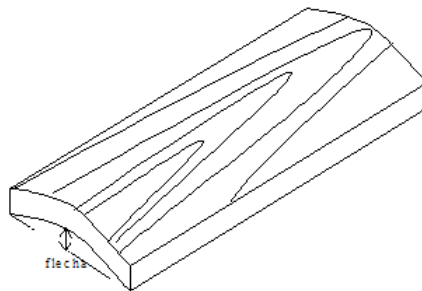


FIGURA 13 Esquema de medição do encanoamento das tábuas.  
Fonte: Rocha (2000).

#### 3.3.2.5.4 Torção

Os valores de torção foram considerados como suas flechas máximas, em milímetros.

Equação 6

$$Tr = \frac{F}{L}$$

em que:

$Tr$  = torção da tábua (mm/m);

$F$  = flecha (mm);

$L$  = comprimento da peça (m).



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O material utilizado para as avaliações destrutivas e não destrutivas da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata*) para o estudo da qualidade da madeira estão descritos na Tabela 2 onde se encontram valores médios e coeficientes de variação para cada idade avaliada. Foi observado que de acordo com a idade os valores tendem a um aumento em sua proporção, fator este verificado com um aumento do coeficiente de variação (CV). Pode-se inferir que o DAP e altura aumentam com o passar das idades, com uma tendência a estabilidade em árvores de maior idade. Na Tabela 1 estão descritos os valores referentes ao DAP e Altura das árvores.

TABELA 1 Valores médios e Coeficientes de variação (CV) do DAP e altura nas idades 2,3,4 e 5 anos

Idade/anos		DAP (cm)	Altura(m)
2	Média	7,66	7,03
	CV (%)	14,87	11,75
3	Média	10,64	8,51
	CV (%)	18,59	11,74
4	Média	14,23	10,84
	CV (%)	18,46	16,29
5	Média	17,81	11,79
	CV (%)	19,96	11,06

### 4.1 Avaliação não destrutiva da madeira de *Toona ciliata*

#### 4.1.1 Avaliação não destrutiva para seleção massal em árvores de *Toona ciliata*

Os valores médios encontrados por árvore para as características não destrutivas avaliadas nas árvores vivas para seleção massal estão descritas na Tabela 2.

TABELA 2 Valores médios para as características não destrutivas

Idade (Anos)	Árvore N°	Amplitude (%)	Pilodyn (mm)	DRL (mm)	Stress wave (m.s <sup>6</sup> )
2	1	12,27	20,5	0,038	603,1
2	2	10,69	24,0	0,042	544,4
2	3	3,63	20,5	0,064	582,2
2	4	6,31	21,0	0,066	577,9
2	5	11,31	19,5	0,033	448,8
2	6	25,80	17,0	0,045	544,0
2	7	17,45	18,0	0,079	430,0
2	8	10,94	25,5	0,033	522,8
2	9	7,47	25,0	0,029	561,9
Valor médio	Vm	11,76	21,2	0,048	535,0
3	10	3,61	32,0	0,087	1503,1
3	11	7,11	27,0	0,036	1542,3
3	12	4,43	29,5	0,092	4541,4
3	13	10,34	22,0	0,062	7607,0
3	14	6,24	31,5	0,080	1130,2
3	15	6,98	31,0	0,092	5841,3
3	16	4,83	30,0	0,065	4205,0
3	17	4,20	28,0	0,061	1622,8
3	18	4,77	27,5	0,055	573,2
Valor médio	Vm	5,83	28,7	0,070	3174,0
4	19	10,82	29,0	0,048	5821,8
4	20	10,94	26,5	0,049	3398,9
4	21	13,83	25,5	0,044	2964,3
4	22	12,95	23,0	0,087	4196,9
4	23	8,89	31,0	0,054	6147,4
4	24	13,32	23,5	0,046	1967,9
4	25	5,07	23,5	0,021	8696,8
4	26	12,07	21,5	0,037	1372,9
4	27	6,01	26,5	0,029	7650,3
4	28	24,10	21,0	0,065	1538,1
Valor médio	Vm	11,80	25,10	0,048	4375,5
5	29	19,12	23,5	0,035	5141,0
5	30	18,97	29,5	0,064	3077,1
5	31	17,34	25,5	0,055	5151,1
5	32	19,43	24,5	0,060	3790,6
5	33	17,56	26,5	0,069	3439,5
5	34	12,92	26,5	0,056	2589,2
5	35	13,24	24,5	0,057	5464,2
5	36	17,70	25,5	0,040	3102,6
5	37	10,57	27,5	0,079	2271,8
Valor médio	Vm	16,32	25,9	0,057	3780,8

Em: A resistência a perfuração (resistografia) é a amplitude que é dada em %; a resistência a penetração (Pilodyn) é dada em mm; a tensão longitudinal (Stress wave timer) é dada em tempo de propagação m.s<sup>6</sup>; e a deformação residual longitudinal (Extensômetro) é dada em mm.

Os valores encontrados para DRL foram bastante heterogêneos entre as árvores de *Toona ciliata* sendo que a média geral encontrada de 0,056mm. Para *Eucalyptus* todos os valores encontrados foram superiores ao de *Toona ciliata* como observado nos trabalhos de Cardoso Junior (2004), que obteve média de 0,084mm; Lima (2001), média de 0,071mm e Souza (2002), média de 0,090mm, todos os trabalhos foram realizados com clones de *Eucalyptus*. A partir daí é que podemos inferir que a *Toona ciliata* não apresenta tantos defeitos em relação à qualidade da madeira como o *Eucalyptus* devido ao fato de sua deformação residual ser menor que a do mesmo.

Na idade de 2 anos com espaçamento de 3x2m foi encontrada uma DRL média de 0,048mm, na idade de 3 anos com espaçamento de 2,5x3m foi encontrada uma DRL média de 0,070mm, para a idade de 4 anos com espaçamento de 2x3m foi encontrada uma DRL média de 0,048mm e já para a idade de 5 anos com espaçamento de 3,5x3m foi encontrada uma DRL média de 0,058; O espaçamento não influenciou no aumento da DRL, mas fato interessante notado é que a DRL média foi igual para as idades de 2 e 4 anos onde os espaçamentos foram iguais. Já Cardoso Júnior (2004) encontrou valores de DRL influenciados pelo espaçamento para *Eucalyptus*.

A resistência a perfuração da broca de sondagem, é obtida pelo resistógrafo, aparelho que registra as áreas de maior densidade e as de menor densidade na madeira, além defeitos internos encontrados e medulas excêntricas.

O resistógrafo foi eficiente para a estimativa do modelo na obtenção de ganhos genéticos em relação à densidade básica, podendo a mesma ser estimada através da avaliação não destrutiva de árvores de *Toona ciliata*. Fator este verificado também por Rodrigues (2007), em estudos feitos com clones de *Eucalyptus*.

Para a resistência a penetração da agulha utilizou-se do Pilodyn, que é um aparelho de obtenção rápida dos resultados, mas que apresenta certas

limitações devido o fato de o mesmo atingir apenas 40 mm de profundidade no tronco da árvore, avaliando somente características superficiais do mesmo. Daí a dificuldade de se trabalhar com este aparelho em árvores que apresentem grandes diâmetros, ou que apresentem madeiras duras. Nesse caso, o Pilodyn não apresentou grandes dificuldades na trabalhabilidade devida à espécie estudada, mas não apresentou bons resultados devida a sua análise superficial. Os valores médios de ondas sonoras registradas foram: a árvore que apresentou maior valor de stress wave timer foi a 25 da idade de 4 anos com um valor de 8696.8 m/s e a de menor valor foi a árvore 7 da idade de 2 anos com um valor de 430 m/s. Comparando o cedro australiano com o eucalipto pode se observar que : o eucalipto por ser uma espécie que possui massa específica mais elevada que o cedro australiano, torna a velocidade de propagação maior devido o mesmo possuir menos espaços vazios.

Segundo Souza (2006), às árvores em pé sofrem maior influência de ventos e o estudo está relacionado a fibras e tensões que as árvores sofrem naquele momento podendo então os resultados sofrer alterações.

Souza (2006), comparando a eficiência do extensômetro com o stress wave em trabalho realizado com *Eucalyptus dunnii* Maiden, afirma que o extensômetro se mostra com maior eficiência nas medições devido ao fato de o mesmo ser de medição direta da deformação, já o stress wave timer a medição é indireta com isso não obtendo resultados satisfatórios, apesar de o mesmo ser de grande facilidade de se trabalhar em campo.

#### **4.1.1.1 Modelo para estimativa da densidade básica**

Com o intuito de avaliar a densidade básica em árvores vivas por métodos não destrutivos foram avaliadas a aplicabilidade do resistógrafo, pilodyn, extensômetro e stress wave timer.

Foi ajustado um modelo de regressão múltipla, onde a densidade é dada como variável dependente e a amplitude (dada pelo resistógrafo), drl (dada pelo extensômetro), velocidade de propagação da onda (dada pelo stress wave timer), resistência a penetração na superfície da madeira (dada pelo pilodyn), são dadas como variáveis independentes. Para as variáveis independentes os valores registrados foram na altura de 1.30m. Foram obtidos 4 valores para amplitude, 2 valores para drl, 5 valores para a velocidade de propagação da onda e 2 valores para a resistência a penetração na superfície da madeira. De todos os valores foram retiradas suas médias para posterior análise.

Modelo e seus respectivos parâmetros da análise de regressão:

$$\begin{aligned} DB = & 0,6309 + 0,0173\text{classe} - 0,0102\text{amp} - 0,0188\text{pyl} - 4,4384\text{drl} + 0,0001\text{str} - 0,00003221842 \\ & (\text{classe}*\text{pyl}) - 0,1557 (\text{classe}*\text{drl}) + 0,1467(\text{amp}*\text{drl}) + 0,2031(\text{pyl}*\text{drl}) - \\ & 0,000008451714(\text{classe}*\text{str}) - 0,000003233842(\text{pyl}*\text{str})+0,0000005947264(\text{amp}*\text{str})+ \\ & 0,0000002707716(\text{classe}*\text{pyl}*\text{str}). \end{aligned}$$

O modelo ajustado fornece uma equação de boa precisão, apresentando valores significativos ( $p \leq 0,05$ ) e  $R^2$  de 85%.

TABELA 3 Valores médios da DB real obtidos pelo experimento e DB estimada pelo modelo

Idade	Árvore	DAP (cm)	Classe	DB observada (g/cm <sup>3</sup> )	DB estimada (g/cm <sup>3</sup> )
2	1	7,85	6	0,245	0,273
2	3	5,7	6	0,264	0,273
2	4	7,6	6	0,271	0,277
2	6	6,2	6	0,252	0,255
2	7	7,2	6	0,300	0,298
3	14	7,85	6	0,229	0,238
2	2	8,55	10	0,261	0,246
2	5	9,25	10	0,314	0,301
2	8	8,45	10	0,233	0,219
2	9	8,1	10	0,238	0,237
3	10	9,45	10	0,240	0,244
3	11	9,3	10	0,246	0,236
3	12	11,7	10	0,246	0,265
3	17	9,75	10	0,252	0,248
3	18	9	10	0,250	0,240
4	26	10,35	10	0,301	0,293
4	28	10,65	10	0,287	0,304
3	13	12,5	14	0,279	0,323
3	15	13,35	14	0,264	0,287
3	16	12,85	14	0,240	0,257
4	19	15,8	14	0,257	0,280
4	20	13,4	14	0,235	0,276
4	22	15,7	14	0,283	0,292
4	25	12,7	14	0,290	0,332
4	27	12,7	14	0,271	0,288
5	29	14	14	0,274	0,290
5	33	14,7	14	0,290	0,301
5	35	14,55	14	0,279	0,299
4	21	16,85	18	0,281	0,293
4	23	16,2	18	0,271	0,281
4	24	17,9	18	0,301	0,315
5	31	18,55	18	0,272	0,297
5	34	19,25	18	0,298	0,301
5	36	16,4	18	0,281	0,280
5	37	16,3	18	0,290	0,288
5	30	22,95	18	0,286	0,323
5	32	23,55	18	0,295	0,304

Pode ser observado que a densidade estimada pelo modelo foi aproximadamente igual à densidade real, fator este relacionado ao bom ajuste do modelo, onde foi observado um coeficiente de determinação alto, onde o modelo explica o resultado.

Pode-se verificar que para a característica DB estimada a árvores 13 na idade de 3 anos e a 25 na idade 4 anos foram as que apresentaram maior densidade, respectivamente,  $0,323\text{g/cm}^3$  e  $0,332\text{ g/cm}^3$ . A seleção destas duas árvores é indicada quando se desejar produzir materiais genéticos de indivíduos superiores para a característica em questão que neste caso é a densidade básica. E se o interesse for para indivíduos de menor densidade as árvores indicadas são a árvore 8 na idade 2 anos e a árvore 11 na idade 3 anos, apesar de as mesmas serem jovens e com o passar do tempo aumentarem a sua densidade devido ao aumento do diâmetro. No trabalho existem árvores que podem ser selecionadas tanto para aumentar quanto para diminuir a densidade. A direção dessa seleção dependerá do uso final a ser definido pelas indústrias que utilizam a madeira como matéria prima.

Após as avaliações não destrutivas tanto para seleção massal, como para testes genéticos foram selecionadas características as quais são de grande importância e valia na seleção de outras características que estejam diretamente relacionadas às mesmas. Daí o interesse da seleção de múltiplas características da madeira com base em características de mais fácil determinação.

Segundo Paula et al. (2002), a maneira mais fácil e prática de obter ganhos em relação a uma única característica é praticar a seleção diretamente sobre esta. Contudo, ao praticar a seleção visando à determinada característica, poderão ocorrer modificações em outras, cujo sentido e magnitude dependerão das características consideradas, e da associação entre estas. Outro fato, não menos importante, é que o melhoramento nem sempre visa à melhoria somente de uma característica, mas de múltiplas; e assim, deverão ser empregados outros critérios de seleção, para obter ganhos nas várias características de interesse, no sentido desejado.

A necessidade de realizar seleção com vistas a um conjunto de características de interesse para obter ganhos no sentido favorável a todas elas,

simultaneamente, fez com que critérios de seleção, que não fossem baseados em apenas uma característica ou na seleção indireta, fossem colocados. Neste sentido, Baker (1986) e Cruz (1990) comentam que o índice de seleção constitui um caráter adicional, estabelecido pela combinação ótima de vários caracteres, e que se tem mostrado eficiente quando há necessidade de considerar simultaneamente várias características de interesse para conseguir as respostas desejadas. O índice de seleção é, pois, uma combinação de todas as características em apenas um índice (número) de cada unidade seletiva, praticando-se a seleção sobre os valores do índice e avaliando as respostas indiretas esperadas nas características originais. Embora investigações teóricas demonstrem a superioridade do índice de seleção em relação a outros critérios de seleção no intuito de obter múltiplas características (Vieira, 1988), o seu uso no setor florestal é ainda incipiente (Paula et al., 2002).

Devido à dificuldade encontrada para a seleção de várias características que estejam correlacionadas a qualidade da madeira utilizando-se do melhoramento é que foram feitos estudos de seleção de múltiplas características sem que fosse preciso utilizar-se da genética, mas sim de avaliações não destrutivas que estavam diretamente correlacionadas às características de interesse, no caso a qualidade da madeira para seus diversos usos.

As Figuras 14, 15, 16 e 17 mostram a avaliação gráfica para a seleção de múltiplas características com base em três características avaliadas de forma não destrutiva na madeira nas idades de 2, 3, 4 e 5 anos.

#### **4.1.1.2 Avaliação gráfica para a seleção de múltiplas características da madeira de forma não destrutiva, ou seja, em árvores vivas no campo nas idades 2,3,4 e 5 anos.**

Os gráficos apresentados nas figuras 14, 15, 16 e 17 mostram as amplitudes e médias dos valores de DAP e da Densidade Básica da Madeira, estimada em árvores vivas com dois, três, quatro e cinco anos de idade. Essas



árvores foram previamente escolhidas quanto às suas características de qualidade do fuste, desrama natural, arquitetura de copa e estado fitossanitário.

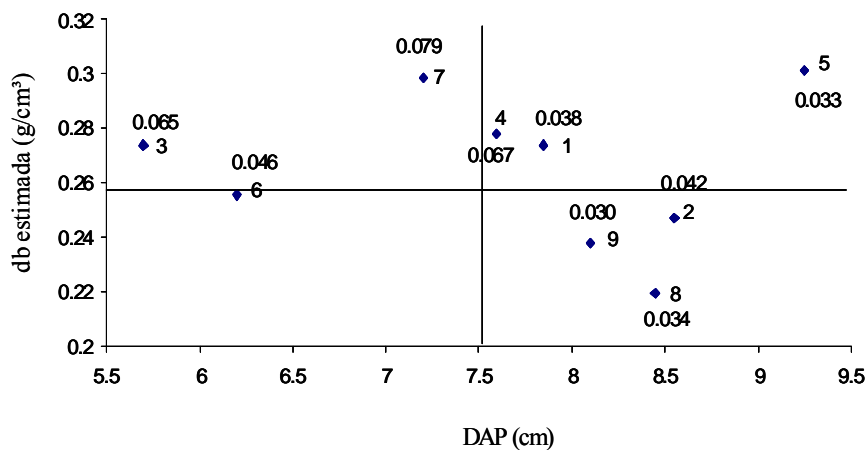


FIGURA 14 Avaliação gráfica para a seleção de indivíduos de *Toona ciliata* que se enquadram na melhor densidade estimada (DB estimada), no melhor diâmetro a altura do peito (DAP) e na menor deformação residual (DRL) para a idade de 2 anos.

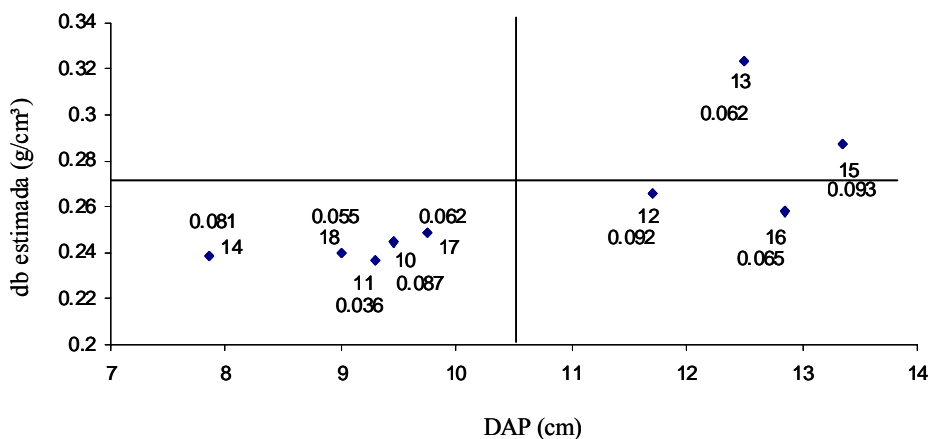


FIGURA 15 Avaliação gráfica para a seleção de indivíduos de *Toona ciliata* que se enquadram na melhor densidade estimada (DB estimada), no melhor diâmetro a altura do peito (DAP) e na menor deformação residual (DRL) para a idade de 3 anos.

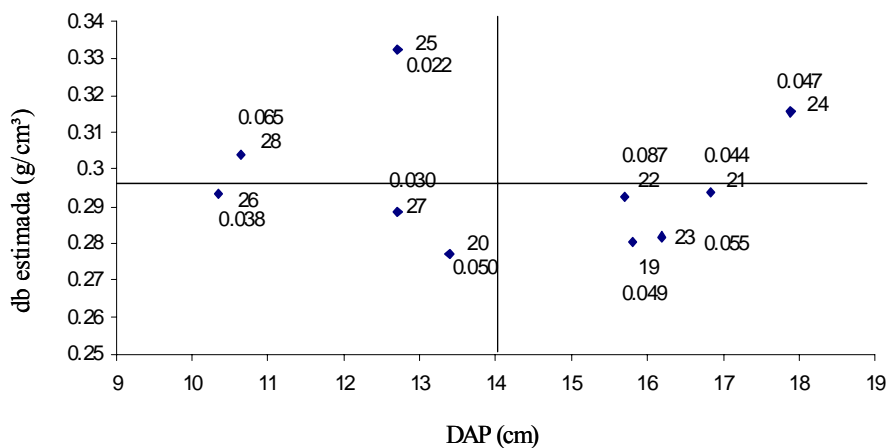


FIGURA 16 Avaliação gráfica para a seleção de indivíduos de *Toona ciliata* que se enquadram na melhor densidade estimada (DB estimada), no melhor diâmetro a altura do peito (DAP) e na menor deformação residual (DRL) para a idade de 4 anos.

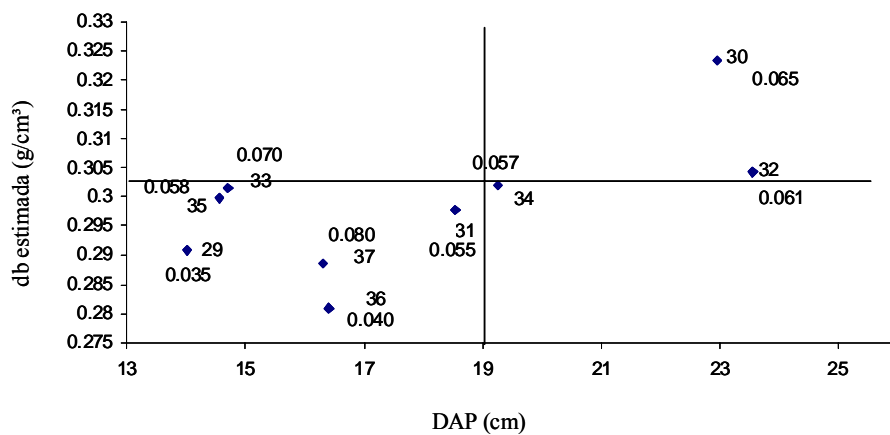


FIGURA 17 Avaliação gráfica para a seleção de indivíduos de *Toona ciliata* que se enquadram na melhor densidade estimada (DB estimada), no melhor diâmetro a altura do peito (DAP) e na menor deformação residual (DRL) para a idade de 5 anos.

Os valores médios para ambas as características estão representados pela localização de linhas paralelas que interceptam os respectivos eixos (X e Y). Para cada árvore alocada no gráfico, também, encontram-se registrados os respectivos valores de Deformação Residual Longitudinal.

O critério de seleção das árvores, em cada idade estudada, foi os seus valores de DAP e Densidade básica da madeira estimada (dB estimada) posicionados além dos respectivos valores médios.

Para o melhoramento do DAP as melhores árvores apresentam valores superiores às médias das populações, sendo árvore número 5, 13, 24, e 32, para dois, três, quatro e cinco anos respectivamente.

Na idade dois anos as árvores a serem selecionadas são as de número 1,2,4,5,8 e 9; na idade três anos as árvores foram as de número 12,13,15,e 16; na idade 4 anos as de numero 19,21,22,23 e 24 e na idade de 5 anos as árvores superiores à média foram as de número 30,32 e 34.

Os diâmetros dessas árvores selecionadas refletem na maior produtividade florestal, maiores rendimentos nas operações de desdobro e com menor geração relativa de resíduos. Dentro desse conjunto de árvores com DAP superior á média pode-se selecionar aquelas com densidades da madeira, também, superiores aos valores médios. Nesse caso a seleção deve recair sobre as de número 1, 4 e 5 (dois anos de idade); 13 e 15 (três anos); 21,22 e 24 (quatro anos) e 30 e 32 (cinco anos).

Portanto, na seleção para a característica de densidade básica da madeira, cabe ressaltar que ela é de extrema importância tecnológica, uma vez que está altamente relacionada à qualidade da madeira, como por exemplo: a estabilidade dimensional, resistência mecânica e defeitos pós-desdobro e pós-secagem que são os pontos principais relacionados à qualidade e ao uso final da madeira, seja para a produção de maior biomassa, quanto para a construção civil e uso na indústria moveleira.

Dentre o conjunto de árvores que conjuntamente foram selecionadas para DAP e Densidade, as de números 1, 4, 5, 13, 15, 21, 22, 24, 30,32 apresentam valores de DRL respectivamente de 0,038; 0,067; 0,033; 0,062; 0,093; 0,044; 0,087; 0,047; 0,065; e 0,061. Desse conjunto, as árvores desejadas são aquelas que apresentam DRL abaixo valor médio idade 2 anos – 0,047mm, idade 3 anos – 0,07mm, idade 4 anos- 0,048mm, idade 5 anos – 0,057mm, sendo estas as de número 5 (2 anos de idade), 13 (3 anos), 21(4 anos)e a 34 (idade 5 anos). Essas são, portanto, as árvores a serem selecionadas dentro de um programa de seleção massal nas populações estudadas.

Esse plano de seleção foi modelado para os maiores valores de DAP, densidade da madeira e DRL de árvores previamente e fenotipicamente escolhidas apresentarem troncos retilíneos, boa desrama natural, boa arquitetura de copa e visualmente livres de pragas e doenças.

Entretanto, ressalta-se que as características para os eixos X e Y, representados nas figuras 14, 15, 16, e 17 devem ser previamente conhecidas, levando-se em conta as vantagens de estarem correlacionadas com maior número possível de propriedades tecnológica da madeira e por apresentarem parâmetros genéticos como herdabilidade e variabilidade mais expressiva.

Na presente simulação para *Toona ciliata* considerou-se as características de DAP (X) e Densidade estimada (Y) por serem de fácil, rápida e eficiência avaliação em árvores vivas e que, em regra geral e considerando várias espécies arbóreas, ambas as características apresentam valores de herdabilidade que são de médios a altos. Apesar de a DRL ser rapidamente e facilmente avaliada em árvores vivas no campo, a menor ênfase dada para essa importante característica foi devido às sua baixa correlação com as características de defeito da madeira pós-desdobro e secagem.

Por outro lado e considerando a bibliografia sobre os *Eucalyptus* cultivados no Brasil, provavelmente um dos referidos eixos seria representado

pela DRL, pois, na referida espécie ela é altamente correlacionada com os principais defeitos da madeira Rosado (1982), Trugilho et al. (1997), Lima et al. (1990), Trugilho et al. (2003), Kubler (1987 citado por Lima et al., 1990), Ferrand (1983) e apresenta altos níveis de herdabilidade e variação genética, Lopes et al. (2003).

#### **4.1.2 Avaliação não destrutiva para estudos da madeira em testes genéticos em árvores de *Toona ciliata***

Em testes genéticos onde o acompanhamento dos plantios é constante e não pode haver perda de materiais os métodos não destrutivos como stress wave timer, e extensômetro não são utilizados devida a necessidade de estar abrindo um painel na árvore que será foco de danos à mesma; O pilodyn necessita também que uma pequena retirada da casca seja feita, fato que também se torna prejudicial à árvore experimental. Estudos para a obtenção de dados com o pilodyn, sem a remoção da casca, devem ser feitos para que modelos possam ser desenvolvidos para melhor estimar a densidade da madeira em árvores vivas e com o mínimo de dano possível.

No presente momento e entre os métodos não destrutivos aqui testados, a melhor aplicabilidade e viabilidade é o resistógrafo, pois este ocasiona muito pouco dano às árvores que devem continuar nos testes genéticos.

##### **4.1.2.1 Modelos para estimativa da densidade básica**

###### **4.1.2.1.1 Modelo utilizando os dados de amplitude (resistografo)**

Foi ajustado um modelo, onde a densidade é a variável dependente e a amplitude (obtida pelo resistógrafo), e o DAP são variáveis independentes as quais foram obtidas de dados registrados no fuste à uma altura de 1,3m. Foram obtidos 4 valores para amplitude, 2 valores para DAP. De todos os valores foram retiradas suas respectivas médias aritméticas.

O modelo de melhor ajuste foi:

$$DB1 = 0,224578 + (DAP* 0,00107503) + (amp*0,00276718)$$
$$R^2 = 0,827426$$

#### **4.1.2.1.2 Modelo utilizando os dados do pilodyn**

Foi ajustado um modelo, onde a densidade é a variável dependente e a resistência a penetração na madeira (obtida pelo pilodyn), e o DAP foram às variáveis independentes. Para as variáveis independentes os valores registrados foram na altura de 1.30m. Foram obtidos 2 valores para a resistência a penetração na superfície da madeira e 2 medidas de DAP para então serem retiradas as respectivas médias aritméticas.

O modelo de melhor ajuste foi:

$$DB2 = 0,311280 + (DAP*0,0037591) - (py1*0,00351903)$$
$$r^2 = 0,985821$$

TABELA 4 Valores médios da DB real obtida pelo experimento e DB estimada pelos modelos, ajustados com os dados de resistografia (DB1) e dados de pilodyn (DB2)

Idade	Árvore	DAP (cm)	Classe DAP(cm)	AMP (%)	PYL (mm)	DBOBS (g/cm <sup>3</sup> )	DB1 (g/cm <sup>3</sup> )	DB2 (g/cm <sup>3</sup> )
2	1	7,85	6	12,27	20,50	0,246	0,267	0,269
2	3	5,70	6	3,64	20,50	0,265	0,241	0,261
2	4	7,60	6	6,32	21,00	0,271	0,250	0,266
2	6	6,20	6	25,80	17,00	0,253	0,303	0,275
2	7	7,20	6	17,46	18,00	0,301	0,281	0,275
2	2	8,55	10	10,69	24,00	0,261	0,263	0,259
2	5	9,25	10	11,32	19,50	0,315	0,266	0,277
2	8	8,45	10	10,95	25,50	0,233	0,264	0,253
2	9	8,10	10	7,47	25,00	0,238	0,254	0,254
3	14	7,85	6	6,24	31,50	0,229	0,250	0,230
3	10	9,45	10	3,61	32,00	0,241	0,245	0,234
3	11	9,30	10	7,11	27,00	0,247	0,254	0,251
3	12	11,70	10	4,43	29,50	0,246	0,249	0,251
3	17	9,75	10	4,20	28,00	0,253	0,247	0,249
3	18	9,00	10	4,78	27,50	0,250	0,247	0,248
3	13	12,50	14	10,35	22,00	0,279	0,267	0,281
3	15	13,35	14	6,99	31,00	0,264	0,258	0,252
3	16	12,85	14	4,83	30,00	0,240	0,252	0,254
4	26	10,35	10	12,07	21,50	0,302	0,269	0,275
4	28	10,65	10	24,11	21,00	0,287	0,303	0,277
4	19	15,80	14	10,83	29,00	0,257	0,272	0,269
4	20	13,40	14	10,95	26,50	0,236	0,269	0,268
4	22	15,70	14	12,95	23,00	0,283	0,277	0,289
4	25	12,70	14	5,08	23,50	0,290	0,252	0,276
4	27	12,70	14	6,02	26,50	0,271	0,255	0,266
4	21	16,85	18	13,83	25,50	0,282	0,281	0,285
4	23	16,20	18	8,89	31,00	0,271	0,267	0,263
4	24	17,90	18	13,33	23,50	0,302	0,281	0,296
5	29	14,00	14	19,12	23,50	0,275	0,293	0,281
5	33	14,70	14	17,56	26,50	0,290	0,289	0,273
5	35	14,55	14	13,25	24,50	0,280	0,277	0,280
5	31	18,55	18	17,35	25,50	0,273	0,293	0,291
5	34	19,25	18	12,92	26,50	0,299	0,281	0,290
5	36	16,40	18	17,70	25,50	0,281	0,291	0,283
5	37	16,30	18	10,57	27,50	0,291	0,271	0,276
5	30	22,95	18	18,97	29,50	0,287	0,302	0,294
5	32	23,55	18	19,44	24,50	0,296	0,304	0,314

Pode ser observado que foram ajustados dois modelos para a estimativa da densidade básica onde DB1 equivale à densidade básica estimada pelo modelo ajustado para DAP e amplitude; DB2 equivale à densidade básica estimada pelo

modelo ajustado para DAP e pilodyn. A estimativa de modelos utilizando-se das médias de cada idade apresentou um coeficiente de determinação alto, DB1 83% e DB2 98%.

Portanto os valores de densidade observada não variam muito dos valores das densidades estimadas pelos modelos dados por DB1, DB2, como observado na Tabela 5, podendo concluir que os modelos foram bem ajustados e que as densidades estimadas por ele correspondem quase que na totalidade a densidade observada através de dados laboratoriais.

#### 4.1.3 Testes para verificação dos ajustes dos modelos para a determinação da densidade básica

##### 4.1.3.1 Teste para falta de ajustamento

O teste F para a falta de ajustamento indica que o modelo de regressão adotado se ajusta bem aos dados; sendo que os dados observados são semelhantes aos estimados pelo modelo.

A análise de variância do teste F, para falta de ajustamento do modelo de regressão, para a densidade básica em relação à amplitude está colocada na Tabela 5.

TABELA 5 Anava do teste F – Resistografo

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
REGRESSÃO	2	0.00577972		
RESÍDUOS DA REGRESSÃO	34	0.0131826		
FALTA DE AJUSTAMENTO	1	0.0003736	0.000374	0.962511 <sup>ns</sup>
RESÍDUOS	33	0.012809	0.000388	
TOTAL	36			

<sup>ns</sup> não significativo a 5%



A análise de variância do teste F, para falta de ajustamento do modelo de regressão, para a densidade básica em relação ao pilodyn está na Tabela 6

TABELA 6 Anava do teste F – Pilodyn

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
REGRESSÃO	2	0.01121789		
RESÍDUOS DA REGRESSÃO	34	0.00774444		
FALTA DE AJUSTAMENTO	1	0.00050646	0.000506	1.30479 <sup>ns</sup>
RESÍDUOS	33	0.012809	0.000388	
TOTAL	36			

<sup>ns</sup> não significativo a 5%

É sempre desejável que o teste para falta de ajustamento do modelo dê um resultado não significativo; porque nos em que a falta de ajustamento é significativa pode-se concluir que o modelo não é apropriado.

Como no nosso caso ambos foram não significativos os modelos são apropriados para estimativa da densidade básica, tanto em relação com a amplitude (resistografo) e a relação com o pilodyn.

#### **4.1.3.2 Teste t pareado**

O teste t pareado é utilizado para comparar a diferença média entre duas populações quando existe uma dependência entre elas.

O teste é chamado pareado porque sobre a mesma amostra (árvore) é obtida a medida da mesma variável (densidade) após diferentes procedimentos. Densidade básica observada, dados obtidos com trabalhos de laboratórios e densidade básica estimada, por um modelo que possui variáveis independentes como amplitude e pilodyn, que se correlacionam com a variável dependente que é a densidade.

TABELA 7 Teste T pareado 2 ANOS

<b>VARIAVÉIS</b>	<b>DADOS</b>	<b>MÉDIAS</b>	<b>DESVIOS</b>	<b>T</b>	<b>GL</b>	<b>PROB</b>
Dobs		0.2648	0.0276			
DIFERENÇA	9	-0.0001	0.277	-0.012	8	0.4953
Dest amp		0.2649	0.007			
Dobs		0.2648	0.0276			
DIFERENÇA	9	-0.0034	0.0212	-0.487	8	0.3196
Dest pil		0.2682	0.0109			

Em que: Dobs é a densidade observada obtida em laboratório; Dest amp é a densidade estimada pela amplitude com o aparelho resistografo; Dest pil é a densidade estimada com o pilodyn

TABELA 8 Teste T pareado 3 ANOS

<b>VARIAVÉIS</b>	<b>DADOS</b>	<b>MÉDIAS</b>	<b>DESVIOS</b>	<b>T</b>	<b>GL</b>	<b>PROB</b>
Dobs		0.2499	0.0145			
DIFERENÇA	9	-0.0128	0.0116	-3.291	8	0.0055
Dest amp		0.2627	0.0042			
Dobs		0.2499	0.0145			
DIFERENÇA	9	0.0014	0.008	0.545	8	0.3004
Dest pil		0.2484	0.0157			

Em que: Dobs é a densidade observada obtida em laboratório; Dest amp é a densidade estimada pela amplitude com o aparelho resistografo; Dest pil é a densidade estimada com o pilodyn

TABELA 9 Teste T pareado 4 ANOS

<b>VARIAVÉIS</b>	<b>DADOS</b>	<b>MÉDIAS</b>	<b>DESVIOS</b>	<b>T</b>	<b>GL</b>	<b>PROB</b>
Dobs		0.2781	0.0203			
DIFERENÇA	10	0.0035	0.0203	0.544	9	0.2998
Dest amp		0.2746	0.0065			
Dobs		0.2781	0.0203			
DIFERENÇA	10	0.002	0.0153	0.413	9	0.3448
Dest pil		0.2761	0.0119			

Em que: Dobs é a densidade observada obtida em laboratório; Dest amp é a densidade estimada pela amplitude com o aparelho resistografo; Dest pil é a densidade estimada com o pilodyn

TABELA 10 Teste T pareado 5 ANOS

VARIAVÉIS	DADOS	MÉDIAS	DESVIOS	T	GL	PROB
Dobs		0.2858	0.0091			
DIFERENÇA	9	0.0009	0.0105	0.254	8	0.403
Dest amp		0.2849	0.0074			
Dobs		0.2858	0.0091			
DIFERENÇA	9	0.0003	0.0129	0.077	8	0.4701
Dest pil		0.2854	0.0118			

Em que: Dobs é a densidade observada obtida em laboratório; Dest amp é a densidade estimada pela amplitude com o aparelho resistografo; DESTP é a densidade estimada com o pilodyn

A aplicação do teste t pareado para ambas as idades 2,3,4 e 5, avaliando a densidade estimada pelo resistografo (Dest amp) e a densidade estimada pelo pilodyn (Dest pil) apresentaram com o teste dados não significativos com exceção para a idade de 3 anos em que o Dest amp foi significativo fator ocorrido devida a grande variação dos dados, tendo pontos muito extremos de valores.

Visto que o teste apresentou dados não significativos podemos afirmar que não existe diferença significativa entre os valores de densidade básica observada e os valores de densidade básica estimadas pelos modelos ajustados.

## 4.2 Avaliação destrutiva da madeira de *Toona ciliata*

### 4.2.1 Densidade básica

A Tabela 11 mostra os valores de densidade básica encontrada para a *Toona ciliata* nas idades 2,3,4, e 5 anos, foi observado que há uma tendência de aumento da densidade básica em relação a idade do povoamento.

TABELA 11 Valores médios de densidade básica (DB)

Idade (anos)	DB média (g/cm <sup>3</sup> )
2	0,265
3	0,250
4	0,278
5	0,286

A densidade básica média encontrada foi de 0,270 g/cm<sup>3</sup>, para as idades 2,3,4 e 5 anos (plantio de Campo Belo –MG). Já em um trabalho realizado com *Toona ciliata* aos 18 anos (plantio do Espírito Santo-ES) a DB média encontrada foi de 0.323 g/cm<sup>3</sup>.

Pereyra et al. (2006) encontrou densidade básica para a *Toona ciliata* de 0,337 g/cm<sup>3</sup>, já Ziech (2008) encontrou densidade básica de 0,306 g/cm<sup>3</sup>, como pode ser verificado os valores encontrados neste trabalho se encontram um pouco abaixo dos encontrados na literatura, mas deve-se ater ao fato de que as árvores analisadas são jovens ainda podendo até mesmo com o aumento da idade obterem maior densidade que as encontradas. E a partir desta densidade a madeira de *Toona ciliata* segundo a classificação proposta por Melo et al. (1990) se enquadra como madeira leve por possuir densidade menor que 0,50 g/cm<sup>3</sup>.

#### **4.2.2 Avaliação da qualidade da madeira segundo características consideradas defeitos para a utilização da madeira**

Os defeitos avaliados e que os valores se encontram nas Tabelas 13 e 14 são defeitos relacionados a qualidade da madeira, defeitos estes que dificultam a utilização da madeira em determinados fins. Dentre todos os defeitos avaliados o que causa maior dano a peça é o arqueamento, devido o fato de o mesmo ser extremamente danoso e quase irreversível, só sendo possível retirá-lo se fizer o corte da peça, diminuindo suas dimensões e perdendo então a sua finalidade. As Tabelas 12 e 13 mostram os valores encontrados para os defeitos avaliados.

TABELA 12 Valores médios encontrados para as características utilizadas na avaliação da qualidade da madeira, (Rachaduras de topo Rt, Rachaduras de superfície Rs, Encurvamento Ev, Encanamento En, Arqueamentos Ar, e Torções Tr), pós-desdobro que são de grande importância para o fim estrutural que a madeira possa vir a ser destinada.

Classe	Idade	Árvore	Rt (%)	RS (%)	Ev (mm/m)	En (mm/m)	Ar (mm/m)	Tr (mm/m)
6	2	1	0,00	0,00	9,57	0,00	2,63	1,02
6	2	3	0,00	0,00	4,36	0,00	0,00	0,00
6	2	4	0,00	0,00	7,54	0,00	4,59	2,01
6	2	6	0,00	0,00	7,00	0,00	0,00	0,00
6	2	7	0,00	0,00	5,78	0,00	8,33	0,64
6	3	14	0,00	0,00	0,00	0,00	7,79	0,00
10	2	2	0,00	0,00	9,57	0,00	1,59	0,67
10	2	5	0,00	0,00	6,11	0,00	10,18	0,00
10	2	8	0,00	0,00	5,32	0,00	18,41	0,00
10	2	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90
10	3	12	0,00	0,00	5,58	0,00	4,80	0,00
10	3	17	3,41	0,00	0,00	0,00	4,05	1,42
10	3	18	0,00	0,00	0,00	0,00	4,25	0,00
10	4	26	0,00	0,00	5,19	0,00	0,00	0,00
10	4	28	0,00	0,00	3,40	0,00	2,10	2,78
14	3	13	0,00	0,00	4,38	0,00	8,02	0,00
14	3	15	3,75	0,00	7,17	0,00	0,00	0,00
14	3	16	0,00	0,00	0,00	0,00	5,10	0,00
14	4	19	0,00	0,00	4,78	0,00	7,29	0,63
14	4	20	0,00	0,00	4,39	0,00	6,26	0,00
14	4	22	5,82	0,00	1,26	0,00	5,88	2,24
14	4	25	0,00	0,00	7,24	0,00	2,70	0,00
14	4	27	0,00	0,00	2,13	0,00	6,61	0,00
14	5	29	0,27	0,00	4,85	0,00	2,75	1,47
14	5	33	0,00	0,00	1,74	0,00	0,66	0,37
14	5	35	0,00	0,00	3,60	0,00	3,35	2,66
18	4	21	0,00	0,00	4,20	0,00	0,00	0,21
18	4	23	0,00	0,00	1,17	0,00	1,92	0,92
18	4	24	0,20	0,00	6,01	0,00	3,98	1,67
18	5	31	3,13	0,00	7,45	0,00	3,52	0,32
18	5	34	1,73	0,00	8,89	0,00	9,06	1,80
18	5	36	0,00	0,00	3,09	0,00	6,03	1,23
18	5	37	3,58	0,00	3,16	0,00	4,04	0,85
18	5	30	9,00	0,00	3,35	0,00	6,59	1,88
18	5	32	0,28	0,00	6,06	0,00	5,82	1,41

TABELA 13 Valores médios encontrados para as características utilizadas na avaliação da qualidade da madeira, (Rachaduras de topo Rt, Rachaduras de superfície Rs, Encurvamento Ev, Encanamento En, Arqueamentos Ar, e Torções Tr), pós-secagem que são de grande importância para o fim estrutural que a madeira possa vir a ser destinada.

Classe	Idade	Árvore	Rt (%)	RS (%)	Ev (mm/m)	En (mm)	Ar (mm/m)	Tr (m/m)
6	2	1	0,00	0,00	18,48	0,00	0,00	0,00
6	2	3	18,85	0,00	12,52	0,00	11,52	3,21
6	2	4	0,00	0,00	2,95	0,00	7,43	2,34
6	2	6	0,00	0,00	7,98	0,00	9,24	0,00
6	2	7	0,00	4,21	10,96	0,00	5,45	3,31
6	3	14	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	4,03
10	2	2	13,67	7,08	7,97	0,00	6,36	3,33
10	2	5	10,05	7,50	5,20	0,00	7,25	0,00
10	2	8	0,00	0,00	1,85	0,00	9,77	0,00
10	2	9	0,00	0,00	9,73	0,30	4,52	1,72
10	3	12	3,23	17,08	0,00	0,59	3,09	5,37
10	3	17	5,82	0,00	0,00	0,00	6,65	3,30
10	3	18	0,00	0,00	0,00	0,00	8,56	0,66
10	4	26	1,73	0,00	5,48	1,06	6,82	2,47
10	4	28	0,00	0,00	7,21	0,75	4,16	0,00
14	3	13	4,76	28,68	0,00	0,57	6,87	3,45
14	3	15	7,23	25,27	0,00	1,27	2,91	5,42
14	3	16	0,00	3,82	0,00	0,41	3,88	2,64
14	4	19	3,10	1,36	5,25	1,03	9,12	2,84
14	4	20	0,00	0,00	4,65	0,88	3,05	4,74
14	4	22	2,10	3,72	4,74	1,53	3,87	3,23
14	4	25	5,19	0,00	5,99	0,75	1,80	3,41
14	4	27	0,63	0,00	7,01	2,00	5,66	3,70
14	5	29	4,59	0,50	6,06	0,89	4,03	1,03
14	5	33	2,20	5,66	4,39	1,14	1,63	0,90
14	5	35	3,86	0,00	3,89	0,87	5,01	4,70
18	4	21	4,63	1,14	4,42	1,39	5,24	4,39
18	4	23	3,71	5,92	4,39	1,33	7,41	2,59
18	4	24	3,58	0,00	6,83	0,93	3,83	3,15
18	5	31	6,69	0,00	6,99	1,33	4,16	0,50
18	5	34	6,69	1,50	7,65	1,12	5,20	7,57
18	5	36	0,42	2,15	2,67	0,98	5,41	1,75
18	5	37	3,36	5,01	5,15	1,01	5,22	3,04
18	5	30	5,63	0,00	3,83	0,91	9,38	2,56
18	5	32	2,01	0,47	3,90	1,03	6,05	3,00

Como a finalidade é estar selecionando árvores de melhor qualidade quanto aos defeitos às melhores encontradas foram as que apresentaram uma maior uniformidade, ou seja, menor quantidade de defeitos. A escolha da melhor

árvore, a que apresentou menores defeitos foi feita em relação ao arqueamento devido este defeito ser o pior de todos e quase irreversível. As árvores então selecionadas neste plantio foram na idade de 2 anos - árvore 1; idade de 3 anos - árvore 15; idade 4 anos - árvore 25; idade 5 anos - árvore 33.

#### **4.2.2.1 Modelos para estimativa dos fatores de avaliação da qualidade da madeira (defeitos pós-secagem e defeitos pós-desdobro)**

Defeitos pós-desdobro estão correlacionados a tensão de crescimento principal característica avaliada por métodos não destrutivos e que permite de forma rápida, confiável e de baixo custo a seleção de árvores com madeira de melhor qualidade. Sendo assim foram elaborados modelos para a avaliação da qualidade da madeira, utilizando-se a regressão polinomial individual, onde a DRL é a variável independente a seleção é feita com base nela, e as demais características, como rachaduras, encurvamentos, encanoamentos, arqueamentos pós-desdobro e pós-secagem são as variáveis dependentes. Na Tabela 14 pode ser observados ajustes de modelos para cada variável avaliada como defeito, tendo sido ajustado modelos lineares e quadráticos para a seleção do melhor ajuste.

TABELA 14 Modelos lineares e quadráticos para estimar defeitos da madeira em relação à DRL

Defeitos		Modelo Ajustado	F	R <sup>2</sup> (%)
RTPD	LINEAR	RTPD=-1,5500+43,7433*DRL	6,1026+	13,4298
	QUADRÁTICA	RTPD=-0,731 +12,4843 <sup>ns</sup> DRL+268,7576 <sup>ns</sup> DRL <sup>2</sup>	0,0962 <sup>ns</sup>	10,9922
RTPS	LINEAR	RTPS=3,403+2,3652 <sup>ns</sup> DRL	0,0035 <sup>ns</sup>	-3,0190
	QUADRÁTICA	RTPS=2,208+47,9976 <sup>ns</sup> DRL -392,3374 <sup>ns</sup> DRL <sup>2</sup>	0,4007 <sup>ns</sup>	-6,1050
RSPD		Xx		
RSPS	LINEAR	RSPS=-5,476+160,1984**DRL	8,2637++	16,2229
	QUADRÁTICA	RSPS=11,046 - 470,7481 <sup>ns</sup> DRL+5424,7493 <sup>ns</sup> DRL <sup>2</sup>	3,9580 <sup>ns</sup>	23,1146
EVPD	LINEAR	EVPD=5,969-27,9742 <sup>ns</sup> DRL	11,4720 <sup>ns</sup>	0,5036
	QUADRÁTICA	EVPD=8,096 -109,1945 <sup>ns</sup> DRL+698,3156 <sup>ns</sup> DRL <sup>2</sup>	0,2986 <sup>ns</sup>	-1,6570
EVPS	LINEAR	EVPS=9,321-75,8857*DRL	4,5201+	9,7097
	QUADRÁTICA	EVPS=8,334-38,1840 <sup>ns</sup> DRL -324,1515 <sup>ns</sup> DRL <sup>2</sup>	0,0344 <sup>ns</sup>	6,9883
ENPD		Xx		
ENPS	LINEAR	ENPS=0,629+1,03979 <sup>ns</sup> DRL	0,0377 <sup>ns</sup>	-2,9101
	QUADRÁTICA	ENPD=1,101 -16,9907 <sup>ns</sup> DRL+155,0226 <sup>ns</sup> DRL <sup>2</sup>	0,3507 <sup>ns</sup>	-4,9756
ARPD	LINEAR	ARPD=4,932-7,3510 <sup>ns</sup> DRL	0,0417 <sup>ns</sup>	-2,8962
	QUADRÁTICA	ARPD=5,321 -22,2001 <sup>ns</sup> DRL+127,6698 <sup>ns</sup> DRL <sup>2</sup>	0,0052 <sup>ns</sup>	-6,0943
ARPS	LINEAR	ARPS=6,296-13,1311 <sup>ns</sup> DRL	0,3510 <sup>ns</sup>	-2,8100
	QUADRÁTICA	ARPS=-1,635+289,7599*DRL -2604,1947*DRL <sup>2</sup>	5,7667+	10,8028
TRPD	LINEAR	TRPD=0,399+6,7217 <sup>ns</sup> DRL	0,7498 <sup>ns</sup>	-0,8823
	QUADRÁTICA	TRPD=-1,676+85,9588 <sup>ns</sup> DRL -681,2644 <sup>ns</sup> DRL <sup>2</sup>	3,2175 <sup>ns</sup>	5,4698
TRPS	LINEAR	TRPS=0,665+36,3999*DRL	5,3687+	11,4951
	QUADRÁTICA	TRPS=2,641 -39,0632 <sup>ns</sup> DRL+648,8165 <sup>ns</sup> DRL <sup>2</sup>	0,7124 <sup>ns</sup>	10,7172

Em que: \*\*, significativo pelo teste t, a probabilidade de (p≤0,01) e \*, significativo pelo teste t, a probabilidade de (p≤0,05); ++, significativo pelo teste F, a probabilidade de (p≤0,01) e +, significativo pelo teste F, a probabilidade de (p≤0,05); ns = não significativo; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação. Xx = não apresentou defeito.

RTPD e RTPS rachadura de topo pós-desdobro e pós-secagem; RSPD e RSPS rachadura de superfície pós-desdobro e rachadura de superfície pós-secagem; EVPD e EVPS encurvamento pós-desdobro e pós-secagem; ENPD e ENPS encanoamento pós-desdobro e pós-secagem; ARPS e ARPD arqueamento pós-desdobro e pós-secagem; TrPD e TrPS torção pós-desdobro e pós-secagem; DRL deformação residual longitudinal.

Comparando-se os coeficientes de determinação observa-se que o modelo linear e o modelo quadrático diferem na maioria dos casos salvo alguns



em que a correlação dos defeitos com a deformação residual longitudinal foi significativa, como é o caso da deformação residual longitudinal, com os seguintes defeitos Rachadura de Topo pós-desdobro; Rachadura de Superfície pós-secagem; Encurvamento pós-secagem; Torção pós-secagem.

Analisando os ajustes dos modelos pode ser observado que a deformação residual longitudinal com relação à rachadura de superfície pós-secagem foi a que melhor apresentou resultados com valor de  $R^2 = 23\%$ .

Como pode ser observada acima a seleção da DRL melhora em poucas características devido o cedro australiano ter poucos defeitos (nas idades e populações avaliadas). Já para outras espécies esta seleção poderia ser mais vantajosa, como para o eucalipto, pois a correlação é alta devido ao fato de o mesmo apresentar altos índices de defeitos.

No trabalho de Crêspo (2000), em que a autora estudou a relação dos defeitos da madeira antes e depois da secagem, observou-se que as tábuas possuem alta correlação pós-desdobro e pós-secagem, mostrando que as tábuas que racham mais durante o desdobro, também racham mais durante a secagem. Os valores de correlação foram altos ( $R=0,93$ ), vale ressaltar que este trabalho foi realizado com eucalipto. Pois para a *Toona ciliata* estas características são muito variáveis, chegando até mesmo a diminuir a rachadura pós-secagem, em uma mesma peça que apresentava maior rachadura pós-desdobro. Este fato foi possível devido as peças ao secarem diminuírem suas dimensões e com isso as rachaduras.

Apesar de não ter ocorrido rachaduras superficiais pós-desdobro o mesmo não pode ser observado em relação às rachaduras de topo, que ocorreram, exceto para as tábuas na idade de 2 anos que permaneceram sem rachaduras pós-desdobro.

Miranda & Nahuz (1999), estudando a influência do espaçamento sobre rachaduras pós- desdobro e pós-secagem em *E. saligna*, concluíram que o

espaçamento tem influência sobre as rachaduras, no entanto não foi possível estabelecer a relação entre o espaçamento e as rachaduras das tábuas pós-desdobro e pós-secagem.

As rachaduras encontradas nas tabuas são características altamente herdáveis segundo Crêspo (2000), e também são indicativos das tensões de crescimento que existiam nas árvores.

Pode-se deduzir que a espécie *Toona ciliata* aos dois anos ainda sofre menos com as tensões de crescimento que ocasionam os defeitos, como as rachaduras.

Devida à alta herdabilidade destas características elas podem ser utilizadas nos programas de melhoramento florestal como indicativas de produtividade e de qualidade da madeira serrada para eucalipto (Schacht, 1998). Este autor ainda comenta que o melhoramento de qualquer tipo de rachadura, favorecerá o melhoramento para outras características, que estejam positiva e significativamente correlacionadas geneticamente.

Portanto, o conhecimento da madeira e técnicas de secagem permite exercer um controle mais efetivo sobre o processo, enquanto a identificação das causas dos defeitos de secagem possibilita a adoção das medidas necessárias para prevenir os efeitos desfavoráveis sobre a qualidade da madeira (Santini, 1992).

## 5 CONCLUSÕES

Os Métodos não destrutivos foram viáveis, se aplicados em testes para seleção massal.

Para testes genéticos os métodos não destrutivos (stress wave timer e extensômetro) não foram viáveis Já os métodos utilizando o resistografo e o pilodyn foram viáveis.

Os modelos ajustados para estimar a densidade básica através de pilodyn e do resistografo respondem bem aos valores de densidade básica observada em laboratório.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 442 p.

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

BAKER, R. J. **Selection indices in breeding**. Boca Raton: CRC, 1986. 218 p.

BOYD, J. D. Tree growth stresses: I. growth stresses evaluation. **Australian Journal Science Research**, Australian, v. 3, p. 270-293, 1950.

BRANDÃO, A. de O. **Determinação de metodologia para a identificação de programas de secagem de madeiras**. 1989. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

BUSNARDO, C. A.; GONZAGA, J. V.; FOELKEL, C. E. B. Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para produção de celulose: II. inter-relações entre propriedades das árvores e de suas madeiras. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3., 1983, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1983. v. 1, p. 31-47.

BYGRAVE, F. L.; BYGRAVE, P. L. **Growing Australian Red Cedar and other Meliaceae species in plantation**. Canberra: RIRDC, 2005. 69 p.

CARDOSO, I. M.; SOUZA, H. N.; BONFIM, V. R.; SOUTO, R. L.; OLIVEIRA, G. B. Experimentação participativa com sistemas agroflorestais por agricultores familiares: espécies arbóreas utilizadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2., 2004, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2004. 1 CD-ROM.

CARDOSO JÚNIOR, A. A. **Tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas relações com espaçamento idade e material genético**. 2004. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CRÊSPO, E. A. **Tensão de crescimento e suas conseqüências, controláveis e não controláveis, no desdobro e secagem do *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. Muell.** 2000. 119 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

CRUZ, C. D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas.** 1990. 188 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1, 480 p.

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

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

DYKEMA, P. **The resistograph.** 2001. Disponível em: <<http://www.urban-forestry.com/citytrees/v37n1a18.html>>. Acesso em: 13 nov. 2001.

EDMONDS, J. M. The potential value of *Toona* species (Meliaceae) as multipurpose and plantation trees in Southeast Asia. **Commonwealth Forestry Review**, Oxford, v. 72, n. 3, p. 181-186, 1993.

EDMONDS, J. M. *Toona*, M. Roem. In: MABBERLEY, D. J.; PANNELL, C. M.; SING, A. M. (Ed.). **Meliaceae**. The Netherlands: Rijksherbarium/Hortus Botanicus - Leiden, 1995. p. 358-371. (Series Spermatophyta, Flowering Plants, 12).

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa.** Viçosa, MG: UFV - Imprensa Universitária, 1987. 279 p.

FERRAND, J. C. Growth stresses and silviculture of *Eucalyptus*. **Australian Forest Research**, Collingwood, v. 13, n. 1, p. 75-81, 1983.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. da S.; TRUGILHO, P. F. Influência de método de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 10-21, 2004.

FOELKEL, C. Propriedades papeleiras das árvores, madeiras e fibras celulósicas dos eucaliptos. In: **Eucalyptus Online Book & Newsletter**. Rio Grande do Sul, 2009. cap. 14, 111 p. Disponível em: <[http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT14\\_PropPapeleiras.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT14_PropPapeleiras.pdf)>. Acesso em: 08 dez. 2009.

GALVÃO, A. P.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111 p.

GARCIA, S. L. R. **Importância de características de crescimento, de qualidade da madeira e da polpa na diversidade genética de clones de eucalipto**. 1998. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GOMES, A. F. **Avaliação das características da madeira e da polpa de *Eucalyptus* mediante a aplicação de métodos não destrutivos na árvore viva**. 2007. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GRIFFITHS, M. W. The biology and host relations of the red cedar tip moth, *Hypsipyla robusta* in Australia. In: AUSTRALIAN FOREST GROWERS 2000 CONFERENCE, 9., 2000, Australia. **Proceedings...** Australia: ACIAR, 2000. p. 135-140.

GRIJPMA, P. Immunity of *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. v. M.) C. D. C. and *Khaya ivorensis* A. Chev. to attacks of *Hypsipyla grandella* (Zeller) in Turrialba, Costa Rica. In: GRIJPMA, P. (Ed.). **Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae**. Turrialba, Costa Rica: Zeller, 1973. v. 1, p. 18-25. (CA Misc. Publ., 101 II CA.).

GRIJPMA, P. Resistance of Meliaceae against the shoot borer *Hypsipyla* with particular eference to *Toona ciliata* M. J. Roem., var. *australis* (F. V. Muell.) C. D. C. In: BURLEY, J.; STYLES, B. T. (Ed.). **Tropical trees: variation, breeding and conservation**. London: Linnean Society, 1976. p. 69-78.

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

JORGE, F.; PEREIRA, H. Influência da silvicultura na qualidade da madeira. **Revista Florestal**, Lisboa, v. 11, n. 2, p. 27-31, jul./dez. 1998.

KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forestry Abstracts**, Oxford, v. 48, n. 3, p. 131-189, 1987.

LIMA, J. T. **Resistência à perfuração da madeira de *Eucalyptus* com o resistrógrafo e sua relação com outras propriedades**. 2001. 42 p. Relatório Técnico.

LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. da S.; OLIVEIRA, A. D. Évaluation précoce de la densité du bois de clones de *Eucalyptus grandis*. In: WORD CONGRESS/IUFRO, 19., 1990, Montreal, Canadá. **Proceedings...** Montreal: [s.n.], 1990. v. 5, p. 347-352.

LISBOA, C. D. J. Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill, ex Maidan. **Floresta**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 1/2, p. 82-83, 1993.

LOPES, F. C. da C.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R. Genetic control of cowpea seed sizes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 315-318, 2003.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

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

MELO, J. E.; CORADIN, V. T. R.; MENDES, J. C. Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. v. 3, p. 695-699.

MIRANDA, M. J. A. C.; NAHUZ, M. A. R. Estudo da influência do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* Smith nos índices de rachamento após o desdobro e após a secagem. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 55, p. 107-116, 1999.

NEWTON, A. C.; BAKER, P.; RAMNARINE, S.; MESEN, J. F.; LEAKEY, R. R. B. The mahogany shoot-borer, prospects for control. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 57, p. 301-328, 1993.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 426 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, L. J. R. **Uso do pilodyn para a estimativa da densidade básica e de propriedades mecânicas da madeira de eucalipto**. 2001. 65 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

OLIVEIRA, R. A. de; DAROS, E.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; RESENDE, M. D. V. de; ZAMBON, J. L. C.; IDO, O. T.; WEBER, H.; ZENI-NETO, H. Seleção via procedimento blupis versus seleção massal em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 9., 2008, Maceió. **Anais...** [S.l.]: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 2008. p. 537-541.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. de. **Textbook of wood technology**. 3. ed. New York: McGraw-Hill Book, 1970. 705 p.

PAULA, R. C. de. **Variabilidade genética para densidade básica da madeira e para características de crescimento e de eficiência nutricional em famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn**. 1995. 126 p. (Dissertação – Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PAULA, R. C.; PIRES, I. E.; BORGES, R. C. G.; CRUZ, C. D. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 159-165, 2002.

PEREYRA, O.; SUIREZS, T. M.; PITSCH, C.; BAÉZ, R. Estudio de las propiedades físico-mecánicas y comportamiento em procesos industriales de la madera de Kiri, Gravillea, Paraíso y Toona. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 2, p. 3-19, maio/ago. 2006.

PINHEIRO, A. L.; LANI, L. L.; COUTO, L. **Cultura do cedro australiano para produção de madeira serrada**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 42 p.

RAMALHO, M.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. B. **Genética na agropecuária**. 2. ed. São Paulo: Globo, 1990. 359 p.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias**. 2000. 185 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.



RODRIGUES, E. A. C. **Estimativa de parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais para a qualidade da madeira de *Eucalyptus* em árvores vivas.** 2007. 83 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROSADO, S. C. S. **Avaliação da densidade básica de madeira com um novo aparelho e correlação entre caracteres em diferentes idades em *Eucalyptus spp.*** 1982. 79 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SANTINI, E. J. Métodos usuais de secagem de madeiras. In: SEMINÁRIO SOBRE SECAGEM DE MADEIRA, 1., 1992, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. p. 47-59.

SANTOS, I. S. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus sp.* para a produção de piso a partir de toras de pequenos diâmetros.** 2008. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SCHACHT, L.; GARCIA, J. N.; VENCOSKY, R. Variação genética de indicadores de tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 54, p. 55-68, 1998.

SCHAD, K. C.; SCHMOLDT, D. L.; ROSS, R. J. Nondestructive methods for detecting defects in softwood logs. **Research Paper FPL**, Madison, n. 546, Feb. 1996. Disponível em: <<http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplrp/fplrp546.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2009.

SCOCCHI, A.; DIERINGER, E.; MROGINSKI, E.; MROGINSKI, L. Conservación de semillas de cedro australiano (*Toona ciliata*). **Plant Genetic Resources Newsletter**, Roma, n. 137, p. 22-25, 2006.

SIMPSON, W. T. **Dry kiln operator's manual.** Madison: USDA/FS/FPL, 1991. 274 p.

SOUZA, M. A. M. **Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus*.** 2002. 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SOUZA, M. A. M. de. **Metodologias não destrutivas para avaliação das tensões de crescimento em *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2006. 80 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

TEIXEIRA, M. L.; SOUZA, A. N.; SOUZA, M. A. M. Avaliação da qualidade da madeira de seringueira *Hevea sp* para produção de celulose e carvão vegetal. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1993. v. 2, p. 588-590.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, T. J.; SILVA, S. C. da S. Relação entre as rachaduras de toras e tábuas com a tensão de crescimento. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBS, 2003. 1 CD-ROM.

TRUGILHO, P. F.; MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M. da. Influência da idade nas características físicas, químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA/IPEF/SIF/SEAGRI-DDF, 1997. v. 3, p. 269-275.

VIEIRA, J. V. **Herdabilidades, correlações e índice de seleção em populações de cenoura (*Daucus carota* L.)**. 1988. 86 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

WIKINS, A. P. Nature and origin of growth stresses in trees. **Australian Forestry**, Australia, v. 49, n. 1, p. 56-62, 1986.

WYK, J. L. van. Hardwood sawmilling can have a bright future in South Africa. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 107, p. 47-53, 1978.

ZIECH, R. Q. S. **Características tecnológicas da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem) produzida no sul do estado de Minas Gerais**. 2008. 65 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ZOBEL, B. Wood quality from fast-grown plantations. **Tappi**, Atlanta, v. 64, n. 1, p. 17-74, 1981.