



**DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL
(DRL) CAUSADA PELAS TENSÕES DE
CRESCIMENTO EM CLONES DE HÍBRIDOS
DE *Eucalyptus***

MARCOS AURÉLIO MATHIAS DE SOUZA

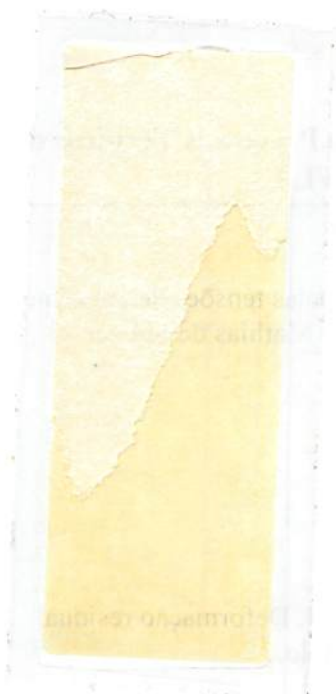
2002

53206

376864FN

MARCOS AURÉLIO MATHIAS DE SOUZA

**DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL
(DRL) CAUSADA PELAS TENSÕES DE
CRESCIMENTO EM CLONES DE HÍBRIDOS
DE *Eucalyptus***



Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Paulo Fernando Trugilho

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2002**

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

Souza, Marcos Aurélio Mathias de

Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus* / Marcos Aurélio Mathias de Souza. --
Lavras : UFLA, 2002.

72 p. : il.

Orientador: Paulo Fernando Trugilho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Eucalipto. 2. Madeira. 3. Tensão de crescimento. 4. Deformação residual longitudinal. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.97342

MARCOS AURÉLIO MATHIAS DE SOUZA

**DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL
(DRL) CAUSADA PELAS TENSÕES DE
CRESCIMENTO EM CLONES DE HÍBRIDOS
DE *Eucalyptus***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2002

Prof. Dr. José Nivaldo Garcia

ESALQ-USP

Prof. Dr. José Tarcísio Lima

UFLA


Prof. Dr. Paulo Fernando Trugilho
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

DEDICO

À DEUS;

Aos meus pais Manoel (in memorian) e

Clarice;

**Aos meus irmãos Silvia, Cristina, Mário
e Hildo (in memorian);**

Ao povo Brasileiro

AGRADECIMENTOS

Ao professor Paulo Trugilho, pela orientação e oportunidade de trabalho, à pessoa humana que representa e pela amizade formada;

Aos professores Sebastião Rosado e José Tarcísio pela paciência e ajuda no decorrer do curso;

Aos colegas de turma pelos momentos alegres e difíceis que passamos;

Aos companheiros de trabalho Adalberto e Antônio Américo pela grande ajuda e amizade formada ao longo dos anos;

Ao amigos de República Samurai e Cravícula, pela grande amizade formada nesse período;

Aos companheiros Fausto, Mano, Paulo, Júnior, Edson pela força;

A empresa Companhia Mineira de Metais pelo grande apoio;

Ao Clair, Hernani, Gilson, Chica e demais funcionários do Departamento de Ciências Florestais, pela paciência, consideração e companheirismo e;

Ao povo Brasileiro por me dar essa oportunidade.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1	1
1 Introdução Geral.....	1
2 Revisão de Literatura.....	3
2.1 Tensões de crescimento.....	3
2.2 Origem das tensões de crescimento.....	4
2.3 Distribuições das tensões de crescimento.....	6
2.4 Medições da tensão de crescimento.....	7
2.5 Relações das tensões de crescimento e propriedades da madeira.....	9
2.6 Melhoramento genético de eucalipto.....	10
3 Referências Bibliográficas.....	12
CAPÍTULO 2: Deformação residual longitudinal (DRL) e sua relação com as características de crescimento da madeira em clones de <i>Eucalyptus</i>	16
1 Resumo.....	16
2 Abstract.....	17
3 Introdução.....	18
4 Material e Método.....	20
4.1 Material experimental e local de amostragem.....	20
4.2 Seleção dos clones.....	20
4.3 Avaliação das características de crescimento.....	21
4.4 Avaliação da deformação residual longitudinal (DRL).....	22
4.5 Delineamento estatístico.....	23
5 Resultados e Discussão.....	27
6 Conclusões.....	35
7 Referências Bibliográficas.....	36
CAPÍTULO 3: Deformação residual longitudinal e sua relação com algumas propriedades da madeira de <i>Eucalyptus</i>	38
1 Resumo.....	38
2 Abstract.....	39
3 Introdução.....	40
4 Material e Método.....	43
4.1 Material experimental e local de amostragem.....	43
4.2 Amostragem.....	43
4.3 Avaliação das tensões de crescimento.....	44
4.4 Desvio de grã.....	44
4.5 Medições das rachaduras das extremidades das tábuas e índice de rachamento.....	45

4.6 Características da madeira avaliadas no laboratório.....	46
4.6.1 Características físicas.....	47
4.6.2 Características mecânicas.....	48
4.6.3 Características químicas.....	49
4.7 Delineamento estatístico.....	50
4.7.1 Índice de rachamento nas tábuas (IR).....	50
4.7.2 Características físicas, químicas e mecânicas da madeira.....	52
5 Resultados e Discussão.....	54
5.1 Características físicas da madeira.....	54
5.1.1 Deformação residual longitudinal (DRL).....	54
5.1.2 Índice de rachamento nas tábuas (IR).....	54
5.1.3 Densidade da madeira.....	58
5.1.4 Desvio da grã.....	59
5.1.5 Retratibilidade da madeira.....	60
5.2 Características mecânicas da madeira.....	62
5.3 Características químicas.....	64
5.4 Correlação entre as DRL e as outras propriedades da madeira.....	66
6 Conclusões.....	69
7 Referências Bibliográficas.....	70

RESUMO GERAL

SOUZA, M. A. M. de. Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus*, 2002. 72p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras¹

Os objetivos do presente estudo foram: a) verificar a funcionalidade de um extensômetro usado para medir deformações causadas pelas tensões de crescimento em árvores de *Eucalyptus*; b) a variação da deformação residual longitudinal (DRL) tanto entre clones quanto entre duas posições longitudinais (DAP e 3m de altura); c) correlacionar a DRL tanto com características de crescimento da árvore quanto com propriedades da madeira e d) estimar seus parâmetros genéticos e fenotípicos. Para isso, foram usados 11 clones, híbridos naturais de *Eucalyptus*, provenientes da fazenda Riacho, que pertence à Companhia Mineira de Metais (VMM-AGRO) do Grupo Votorantim, localizada no município de Paracatu, região noroeste do estado de Minas Gerais. Como resultados pôde-se constatar que o extensômetro foi eficiente e rápido para a medição da DRL, tornando-se uma ferramenta útil para identificar árvores com diferentes níveis de tensões. A deformação residual longitudinal apresentou diferença estatística significativa entre clones, mas não foi significativa entre as posições longitudinais do tronco. Não houve correlação entre a DRL e as características de crescimento. Tanto a DRL, quanto as características de crescimento apresentaram altos valores de herdabilidade, indicando com isso um alto controle genético na expressão dessas características, sendo passíveis de melhoramento genético. O valor médio da DRL foi de 0,090 mm. Pela análise de variância, foi observado que o efeito da posição longitudinal (DAP e 3 m) foi significativo para desvio da grã, densidade seca, contração volumétrica e tangencial, coeficiente de anisotropia e teor de lignina solúvel. Da mesma forma, a interação clone-posição longitudinal foi significativa, mas somente para a contração tangencial. A exemplo do que foi encontrado para DRL e características de crescimento das árvores, os coeficientes de herdabilidade foram também elevados para as características químicas, físicas e mecânicas das madeiras avaliadas. A correlação entre a DRL e o índice de rachamento foi elevada (0,68), o que indica a possibilidade de utilizar esta variável como uma ferramenta confiável para seleção de genótipos menos propensos ao desenvolvimento de rachaduras em tábuas. A DRL apresentou correlação positiva e significativa com as densidades básica e seca, desvio da grã, contração volumétrica, radial e tangencial e resistência ao fendilhamento. Não foi observada correlação com os teores de lignina insolúvel, solúvel e total.

¹ Comitê Orientador: Paulo Fernando Trugilho – UFLA (Orientador), Sebastião Carlos da Silva Rosado – UFLA (Co-orientador), José Tarcísio Lima – UFLA (Co-orientador).

GENERAL ABSTRACT

SOUZA, M. A. M. de. **Longitudinal residual strain (DRL) caused by growth stresses in clones of *Eucalyptus* hybrids**, 2002. 72p Dissertation (Master in Forest Engineering) – Universidade Federal de Lavras, Lavras¹.

The objectives of the present study were: a) to verify the workability of an extensometer used to measure strains caused by growth stresses in *Eucalyptus* trees; b) to assess the variation of the longitudinal residual strain (DRL) between clones and between two longitudinal position (DBH and 3 m height) in the stem; c) to correlate DRL with characteristics of growth of the tree and with wood properties; d) to estimate the phenotypical and genetic parameters of the characteristics studied. For this, eleven natural hybrid *Eucalyptus* clones were used. These clones were sampled at the Fazenda Riacho, belonged to the Companhia Mineira de Metais of the Votorantim Group, located at Paracatu region, Northwest of Minas Gerais State. According to the results it can be observed that the extensometer was efficient and fast for the measurement of DRL, becoming an useful tool to identify trees with different levels of stresses. The mean DRL between clones was 0.090 mm. The differences of DRL amongst clones were statistically significant, however the differences of DRL between the two longitudinal positions of the log were not statistically significant. There was no significant statistical correlation between DRL and growth characteristics. Both DRL and growth characteristics resulted in high genetic heritability, indicating that these characteristics are under high genetic control, and therefore with potential for genetic improvement. By the analysis of variance, it was observed that the effect of the longitudinal position was statistically significant on the grain deviation, dry density, volumetric and tangential shrinkage, coefficient of anisotropy and soluble lignin content. Similarly, the clone-longitudinal position interaction was significant, but only for tangential shrinkage. As an example of the findings for DRL and tree growth characteristics, the coefficient of heritabilities were high for the chemical, physical and mechanical wood characteristic evaluated. The correlation between DRL and the crack index was high (0.68), which indicates the possibility of using this variable as a reliable tool for selection of less prone genotypes to the development of cracks in boards. DRL presented positive and significant correlations with both basic and dry densities, grain deviation, volumetric, radial and tangential shrinkage, and with cleavage strength. It was not observed significant statistical correlation of DRL with content of insoluble, soluble and total lignin.

¹ Advising Committee: Paulo Fernando Trugilho – UFLA (Advisier), Sebastião Carlos da Silva Rosado – UFLA (Co-adviser), José Tarcísio Lima – UFLA (Co-adviser).

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O eucalipto foi introduzido no Brasil por Edmundo Navarro de Andrade, no início do século XX, quando, na época, ocupava o cargo de chefe do Setor Florestal da Companhia Paulista de Ferrovia. A finalidade inicial foi estudar as várias espécies do gênero *Eucalyptus*, visando substituir as madeiras de espécies nativas, tanto para energia como para dormentes. O auge da expansão do plantio de eucaliptos ocorreu na década de 1960, quando houve a criação do Código Florestal e com a promulgação da lei de incentivo fiscal. No Estado Minas Gerais, entre os gêneros utilizadas em plantios comerciais, o eucalipto se destaca em diversos indicadores, entre eles a área plantada.

Ocorre que grande parte dessa área reflorestada era, até pouco tempo atrás, importante componente da matriz energética do setor siderúrgico. Hoje, apesar de manter ainda certa importância, encontra severa concorrência de outras alternativas energéticas de menor custo. Surge, então, a necessidade de se buscar outros usos para a madeira que perdeu espaço no campo energético, estimulando-se, assim, a idéia do uso múltiplo.

As grandes pressões dos ambientalistas, aliadas à grande distância entre a floresta e os grandes centros de consumo, fizeram com que o uso das madeiras nativas ficasse cada vez mais difícil e caro, o que estimulou a procura por madeiras alternativas.

Hoje, busca-se substituir essa matéria-prima de origem nativa por outras de florestas plantadas, as quais possuam boas características, tais como, rápido crescimento e possibilidade de plantio próximo aos grandes centros consumidores. Dessa forma, o eucalipto passa a ser uma alternativa promissora, pois atende aos dois requisitos citados e tem, hoje, uma pequena participação no mercado madeireiro. A utilização da madeira de eucalipto na indústria

madeira seria, num primeiro momento, uma alternativa ao aproveitamento destas áreas agora ociosas. Num segundo momento, seria incentivadora de pesquisas para o plantio direcionado a este segmento industrial. No entanto, existem fatores que interferem bastante na qualidade desta madeira para este tipo de utilização. Citam-se, como exemplo, as rachaduras e empenamentos de toras e tábuas causadas pelas tensões de crescimento.

As espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam, de modo geral, altos níveis de tensões de crescimento. Essas tensões são esforços mecânicos gerados durante o crescimento da árvore que ajudam a manter o equilíbrio da copa, em resposta a agentes ambientais (luz, vento e inclinação do terreno) e agentes silviculturais (desbaste, poda e densidade de plantio).

Quando as árvores são derrubadas e suas toras são desdobradas, as tensões de crescimento se manifestam rotineiramente, como rachaduras de tábuas e empenamentos, o que resulta num produto final de má qualidade e em menor quantidade. Isto resulta num aumento de custos e conseqüente diminuição nos lucros.

Devido à grande dificuldade de medir as tensões de crescimento diretamente na árvore, essa é medida pela deformação residual longitudinal, que é determinada pela medição da alteração nos comprimentos de peças de madeira.

A avaliação dos níveis de tensão de crescimento nas árvores é importante, pois resultará na seleção de material menos propenso a manifestações de defeitos ocasionados pela mesma, durante o seu processamento. Deve ser ressaltado ainda que não existem muitos trabalhos nesse sentido e que essa carência se deve, em parte, à dificuldade de se determinar a tensão de crescimento, principalmente nas árvores em pé.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tensões de crescimento

A Sociedade Americana de Floresta definiu as tensões de crescimento como forças encontradas nos troncos lenhosos verdes. Dessa maneira, são distintas das tensões e deformações que ocorrem na madeira como resultados da eliminação de água pela secagem (Dinwoodie, 1966). Essas são características do crescimento natural das árvores e ocorrem igualmente, tanto em folhosas como em coníferas (Jacobs, 1945).

Segundo Dinwoodie (1966), Boyd (1972), Chafe (1979) e Conrادية (1980), a primeira tentativa de explicar a origem das tensões de crescimento foi empreendida por Martley em 1928, ao observar as curvaturas que ocorriam após o corte em pranchas de olmo. Martley considerou inicialmente que as tensões poderiam ser causadas pelo aumento do peso da árvore durante o crescimento. Entretanto, após desenvolver alguns cálculos, concluiu que o peso da árvore produziria apenas pequenas frações das tensões de crescimento.

O papel principal destas tensões é fornecer suporte à árvore durante a sua vida. Pela sua ativação, a árvore regula a posição de sua copa em resposta às condições ambientais que lhe são impostas. Como as árvores estão imóveis, a ação das tensões em um de seus lados, por exemplo, permite que ela se curve numa direção mais favorável, embora as árvores de grande diâmetro necessitem de vários anos para lentamente se endireitarem (Kubler, 1987).

As tensões de crescimento estão em equilíbrio enquanto a árvore está de pé. Mas, tão logo ela é derrubada, ocorrem imediatamente deformações e rachaduras nos topos de toras, em função da modificação do estado de equilíbrio que vigorava durante o crescimento (Ferrand, 1983). Sendo assim, a zona periférica da tora, sob tração, tende, após o abate, a expandir e empurrar a

face do corte para o exterior, causando rachaduras de topo nas toras (Malan, 1979). As tensões de crescimento ocorrem na árvore antes da derrubada, atuando como uma forma de dar-lhes estabilidade (Van Wyk, 1978).

2.2 Origem das tensões de crescimento

Segundo Dinwoodie (1966), Münch, em 1938, estudando tensões na madeira de reação, sugeriu que tais tensões eram devido à contração das paredes celulares da madeira em tração, em função do inchamento das mesmas no sentido transversal por meio da deposição de substâncias sólidas nos espaços intercelulares durante a lignificação. Com o aumento da pressão, ocorre o inchamento, tanto da parede como da célula e subseqüentes alterações na orientação da microfibrila. Apesar da hipótese de Münch ter sido originalmente desenvolvida para madeira de tração, ela também tem sido usada para explicar as tensões de crescimento nos troncos de árvores normais e retas.)

Conradie (1980) relata que Jacobs em 1938 foi o primeiro pesquisador a sugerir que a origem das tensões esta no resultado de possíveis encurtamento da nova camada de crescimento da madeira. Além disso, esse fenômeno da mudança dimensional ocorre em um determinado estágio de desenvolvimento da célula.

As tensões de crescimento originam-se na região cambial dos troncos das árvores, durante a maturação das paredes celulares. Essas tendem a contraírem-se longitudinalmente e simultaneamente expandirem-se lateralmente. Desde que essas células são partes integrantes dos tecidos das árvores, elas são quase que inteiramente impedidas de sofrerem essas alterações dimensionais (Wilhelmy & Kubler, 1973).

As causas das altas tensões de crescimento não são bem conhecidas, mas há suspeita de que estejam relacionadas com fatores genéticos, idade, tamanho da tora, taxa de crescimento e inclinação do fuste (Opie et al., 1984).

Jacobs (1945) propôs uma teoria, a qual substitui a sua primeira hipótese, de que as tensões de crescimento surgiram como uma reação à tensão da seiva.

Boyd (1950), criticou a teoria de Jacobs (1945), que considerou que as forças de sucção nas árvores são maiores nos topos. Sendo assim, as tensões deveriam apresentar uma distribuição semelhante, o que não é o caso. Também, as forças de sucção consideradas para a formação de tensão são capazes de causar colapsos nas fibras, o que também não acontece normalmente.

A tensão de tração ocorrente em árvore é causada pelo encurtamento das fibras durante o desenvolvimento da parede secundária. Segundo Wilkins (1986), este encurtamento pode ser devido a duas causas, que são, por enquanto, hipóteses: inchamento pela lignina e tração da celulose. A primeira hipótese proposta por Watanabe & Boyd, citados por Wilkins (1986), sugere que a deposição da lignina durante a diferenciação celular resulta no inchamento da parede celular. Caso o ângulo das microfibrilas da camada S_2 seja menor que 40° , ocorrerá encurtamento da célula e, se for maior que 40° , ocorrerá alongamento. A outra hipótese sugere que o encurtamento das células periféricas é resultante da contração dos cristais de celulose das microfibrilas da camada S_2 e, como na hipótese anterior, é o ângulo da microfibrila desta camada que definirá se a célula encurtará ou alongará. Kluber, citado por Wilkins (1986), sustenta esta última hipótese e argumenta que tração longitudinal está presente antes da deposição da lignina, o que contrapõe-se a hipótese do inchamento pela lignina.

Segundo Fernandes (1982), as rachaduras e empenamentos que ocorrem na madeira, acima do ponto de saturação das fibras, têm origem nas tensões de crescimento.

2.3 Distribuição das tensões de crescimento

Estudos realizados por Jacobs (1945), citado por Hillis & Brown (1978), demonstraram a existência de um gradiente longitudinal de deformações que ocorre em qualquer seção transversal do tronco. Essas deformações são causadas por uma tração longitudinal do tronco, com intensidade crescente na direção da periferia, e uma tensão longitudinal de compressão na parte central do tronco, que alcança um valor máximo próximo à medula. A transição entre tração e compressão se dá por volta de 2/3 de raio da tora, medindo a partir da medula (Jacobs, 1945). À medida que a árvore cresce, estas forças se distribuirão continuamente na área da seção transversal. Conseqüentemente, a tensão de compressão diminui em magnitude com o aumento do diâmetro. A média da tensão periférica é maior para as folhosas do que para coníferas, variando também entre espécies de eucalipto (Nicholson, 1973, citado por Hillis & Brown, 1978).

Os índices que refletem o nível de tensões de crescimento apresentam três padrões de variação com a altura da árvore. Uma das tendências é a de diminuir com a altura (Chafe, 1985; Purnell, 1988; Gaiotto, 1993; Schachat et al., 1998; Del Menezzi, 1999). A outra é de aumentar até o meio da árvore e a partir desse ponto diminuir (Yao, 1979 e Malan, 1984); a última é de aumentar com a altura da árvore (Chafe, 1981).

Existem três tipos de tensões nas árvores em desenvolvimento: tensões longitudinais de tração paralela às fibras, tensões compressivas na direção tangencial e tensões de tração em direção radial (Galvão, 1976).

Jacobs (1965), estudando a distribuição das tensões internas de crescimento, observou este mesmo fenômeno de deformação, tanto nos troncos como nos galhos e raízes de eucalipto.

Segundo Diwoodie (1966) e Malan, (1984), em algumas espécies, o aumento do diâmetro e o efeito acumulativo das camadas sucessivas de crescimento em estado de tração induzem a parte central do tronco a uma compressão superior ao limite elástico. Essa compressão causa o desenvolvimento de inúmeras fendas de compressão na madeira, observadas pela primeira vez na Austrália e denominada de cerne quebradiça ("brittleheart").

2.4 Medições das tensões de crescimento

As tensões de crescimento são determinadas com base na medição da alteração nos comprimentos de peças de madeira, após a liberação de suas junções a outros elementos vizinhos, dentro do tronco de uma árvore (Lisboa, 1993). Em consequência, os processos de medições utilizados determinam as deformações e não as tensões. De acordo com a distribuição das tensões no interior do tronco, peças de madeira removidas da periferia do tronco tenderão a diminuir de comprimento em resposta ao seu estado de tração. Inversamente, peças removidas próximas à medula tenderão a alongar-se, em resposta ao estado de compressão anterior.

Uma vez determinada a deformação de uma peça em relação ao seu comprimento (deformação residual longitudinal - DRL), quando ainda no interior da árvore, basta multiplicar este valor pelo correspondente módulo de elasticidade determinado na própria peça em que foi medida a alteração de comprimento. Ou, simplesmente, multiplicá-lo pelo valor médio deste módulo,

determinado em laboratório para a espécie em questão para estimar as tensões de crescimento (Lisboa, 1993).

Deformações longitudinais periféricas podem ser determinadas pela da liberação de tensões proporcionadas por dois orifícios perfurados acima e abaixo do extensômetro de medição fixados no tronco de uma árvore. A medição das deformações periféricas no tronco referem-se tão somente à madeira mais recentemente formada. De acordo com Archer (1986), esse método é relativamente simples, de execução rápida, somente destrutivo localmente e pode ser aplicado na própria árvore. De acordo com esse método, é possível examinar detalhadamente as tensões circunferenciais ao longo do comprimento de toras e árvores. Assim pode-se realizar a comparação entre árvores e o acompanhamento de alterações que possam ocorrer em tratamentos para redução e para seleção daquelas com baixas tensões, com fins de estudos genéticos e de utilização em experimentos de propagação vegetativa. A perfuração dos orifícios fornece uma estimativa da total liberação das deformações próximas a eles, 15% inferior ao valor obtido com a remoção completa da peça de madeira (Nicholson, 1971). Conseqüentemente, este método é apenas indicado para trabalhos de campo, onde se deseja obter a intensidade aproximada das deformações de crescimento, sua distribuição periférica e sua variação entre árvores e espécies. Este método é chamado de método de Nicholson.

O método de medição das deformações periféricas é de importância prática, embora não informe a magnitude e a distribuição radial das tensões longitudinais no interior do tronco. Para isto, pode-se empregar o denominado método de Jacobs. Este método é detalhadamente descrito por Archer (1986) e não será objeto de discussão neste trabalho.

Mesmo considerando a importância do conhecimento e dos efeitos das tensões de crescimento para a utilização da madeira, no Brasil este tema tem

sido pouco estudado. Mais recentemente, entretanto, devido ao crescente emprego do *Eucalyptus* como produtor de madeira serrada, várias questões sobre os níveis, os efeitos, as variações e possíveis formas de controle das tensões de crescimento têm surgido. Entre outros, citam-se os trabalhos de Fernandes (1982), Aguiar (1986), Garcia (1992), Lisboa (1993), Schacht *et al.* (1998) e Crespo (2000).

2.5 Relações das tensões de crescimento e propriedades da madeira

Poucos são os estudos que tentaram relacionar as tensões de crescimento com as propriedades da madeira. Alguns estudos nessa linha são os de Nicholson & Hillis (1975) que, estudando o comportamento da madeira de *Eucalyptus regnans*, concluíram que a contração volumétrica (a 12% de umidade) está relacionada com o comportamento longitudinal das tensões de crescimento, módulo de elasticidade, densidade básica e estrutura da fibra. Fernandes (1982), trabalhando com cinco progênies de *Eucalyptus urophylla*, estudou as relações das tensões de crescimento destas com as variações de densidade da madeira; os resultados permitiram concluir a existência de grandes variações das rachaduras nas extremidades dos toretes, sendo as variações dentro de progênies maiores do que entre progênies.

Lima (2001), estudando quatro clones e uma variedade de eucalipto com idades diferentes, observou que a deformação mensurada não apresentou coeficiente de correlação de Pearson significativo com as propriedades da madeira.

A variabilidade da intensidade das tensões de crescimento é alta entre espécies, entre árvores da mesma espécie e, mesmo, dentro da própria árvore em diferentes posições, variando na altura e no sentido medula-casca. Pesquisas realizadas não têm encontrado correlações positivas entre a intensidade das

tensões de crescimento e as dimensões de árvore, idade, diâmetro do tronco ou taxa de crescimento. Entretanto, é geralmente reconhecido que, com o crescimento da tora em diâmetro, obtido por desbaste ou ampliação do prazo de rotação, os efeitos das tensões de crescimento são reduzidos (Shield, 1995).

2.6 Melhoramento genético de eucalipto

As estratégias de melhoramento genético de espécies florestais, de modo geral, podem ser resumidas em seleção de espécies/procedência e seleção massal dentro de populações, explorando a variabilidade genética natural existente entre populações e entre indivíduos, dentro das populações. Assim, pode-se considerar que somente haverá êxito na seleção, se houver variabilidade genética entre os indivíduos (Brune, 1981).

Tem-se utilizado a seleção de indivíduos superiores como uma técnica básica, em que o melhorista procura, por meio desse procedimento, explorar indiretamente a variabilidade natural das populações e favorecer a obtenção de indivíduos com características desejáveis (Mori et al., 1986).

A seleção de espécies, procedência e clones que apresentam rápido crescimento tem sido uma técnica adotada visando à obtenção de maior quantidade de produto florestal, no menor espaço de tempo. Os critérios de seleção são basicamente atributos silviculturais, como crescimento em altura, diâmetro e volume e, em alguns casos, parâmetro de qualidade da madeira, como a densidade básica (Barros, 1986).

Deve-se considerar que os genótipos podem apresentar interações, tanto para as características de crescimento, quanto para as que definem a qualidade da madeira (Grespan, 1997). Dessa forma, a seleção com base apenas nas características de crescimento não assegura que a árvore selecionada tenha qualidade que proporcione a sua utilização, Isso porque as propriedades da

madeira que interferem na sua qualidade podem, às vezes, apresentar interações do que as características de crescimento (Zobel & Talbert, 1984). Assim, as novas estratégias de melhoramento genético devem conciliar tanto com as características de crescimento quanto com as propriedades da madeira, obtendo-se, com isso, uma maior produtividade e madeira de melhor qualidade.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, O. J. R. de. **Métodos para controle das rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex Maiden, visando a produção de lâminas por desenrolamento.** 1986. 91 p.. Dissertação (Mestrado, em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

ARCHER, R. R. **Growth stresses and strains in trees.** Berlin: Springer-Verlag, 1986. 24 p.

BARROS, N. F. A interação genótipo – solo em espécies florestais. In: **REUNIÃO SOBRE INTERAÇÃO DO GENÓTIPO COM CLIMA E SOLO,** 1986, Piracicaba: IPEF (S.L: S.n.), 1986, p.11 –13.

BOYD, J. D., The growth stresses: III. The origin of growth stresses. **Australian Journal of Scientific Research. Serie B – Biological Sciences.** Melbourne, v.3 p.294 – 309, 1950.

BOYD, J.D, The growth stresses: V. Evidence of na origin in differentiation and lignification. **Wood Science and Technology,** Berlin, v.6, p.251 – 262, 1972.

BRUNE, A. **Implantação de população base de espécies florestais.** Curitiba: EMBRAPA. URPFCs, 1981. 88 p..

CHAFE, S. C. Variation in longitudinal growth stress basic density and modulus of elasticity with height in the Tree. **Australian Forest Research,** Melbourne, v.11, p.79-82, 1981.

CHAFE, S. C. **Variation in longitudinal growth stress with height in trees of *Eucalyptus nitens* Maiden.** Australian Forest Research, Melbourne, v.15 p.51-55, 1985.

CHAFE, S. C., Growth strees in trees. **Australian Forest Research,** Melbourne, v.9, p.203 – 223. 1979.

CONRADIE, W. E., **Utilization of South African grown *E. grandis* (W. Hill ex-Maiden) as veneer log- Part 1. Control of end-splitting in veneer logs.** Pretoria: National Timber Research Intitute. 1980. 26 p. (CSIR Special Report Hout, 260).

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

DEL MENEZZI, C. H. **Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e *E. cloesiana* F. Muell.** 1999. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

DINWOODIE, J. M., Growth stresses in timber: a review of literature. *Forestry*, London, v.39, n.2, p.162-270, 1966.

FERNANDES, P. S. **Variações de densidade da madeira e suas relações com as tensões de crescimento em progênie de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake.** 1982. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

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

GAIOTTO, M. R. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* para produção de lâmina.** 1993.119 Dissertação (Mestrado em Ciência Florestais) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

GALVÃO, A. P. M. Aspecto da utilização da madeira de eucalipto no Brasil: seu aproveitamento em serraria. *Boletim Informativo*, Piracicaba, V. 4, n. 12, p. 1- 23, jul. 1976.

GARCIA, J. N. **Estados de tensão em árvores e de deformação em peças de madeira serrada.** 1992. 262 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, USP/Escola Politécnica, São Paulo.

GRESPLAN, S. L. **Produção e eficiência nutricional de clones de eucalipto no norte do Espírito Santo e sua relações com características do solo.** 1997. 81 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

JACOBS, M. R., The growth stresses of wood stems. **Commonwealth Forestry Bureau**, Canberra, p.28, p.1 – 67, 1945.

JACOBS, M. R., Stresses and strains, in tree trunks as they growth in length and width. **Leaflet. Commonwealth Forestry and Timber Bureau**, Canberra , n.96, p.1-15, 1965.

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

LIMA, J. T. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**. Viçosa, 2001 (no prelo).

LISBOA, C.D.J. Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. 1993. 298 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MALAN, F. S. The control and-splitting in saw logs: A short literature review. **South African Forestry Journal**, Pretoria, 109, p.14 – 18, 1979.

MALAN, F. S. **Studies on the phenotypic variation in growth stress intensity and its association with tree and wood properties of South African grown *Eucalyptus grandis*** 1984. 272p. Tese (Doutorado)-University of Stellenbosch. Stellenbosch.

MORI, E. S.; LELLO, L. R. B.; KAGEYAMA, P. Y. Efeito da interação genótipo x ambiente em famílias de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba, n. 33, p. 19 – 25, 1986.

NICHOLSON, J. E. A rapid method for estimating longitudinal growth stresses in logs. **Wood Science and Technology**. New York, v.5, p. 40 – 48, 1971.

NICHOLSON, J. E. e HILLIS. W. E. Some tree growth-wood property relationships of *Eucalyptus*. **Canadian Journal of Forestry Research**, Ottawa, v.5, p. 424-432, 1975.

OPIE, J. E.; CURTIN, R. A.; INCOLL, W.D. *Eucalyptus for wood production*. Melbourne: CSIRO, 1984. 434 p.

PURNELL, R. C. Variation in wood properties of *Eucalyptus nites* in a Provenance trial on the Eastern Transvaal Highveld in South African. **South African Forestry Journal**. Pretoria, n.144, p.10-22, 1988.

SCHACHT, L.; GARCIA, J. N.; DIAS, C. T. dos S. Variação de rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus urophylla*: uma investigação metodológica In: SCHACHT, L. **Variação de caracteres e suas implicações para o melhoramento genético da madeira serrada de *Eucalyptus urophylla***, 1998. Cap. 3. p. 17-25. Dissertação (Mestrado ciências Florestais) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

SHIELD, E. D. Plantation grown eucalyptus: utilization for lumber and rotary veneers – primary conversion. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo : IPEF / IPT / IUFRO / LCF – ESALQ –USP, 1995. p.133-139.

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

WILHELMY, V. ; KUBLER, H.. Stresses and cheks in log ends from relieved growth stresses. **Wood Science**, Madison, v.6, n.2, p.136 – 142, 1973.

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

YAO, J. Relation between height and growth stresses within and among white ash, water oak, and shagbark hickory. **Wood Science**, Madison, v.11, n.4 p.246-251, 1979.

ZOLBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest the improvement**. New York: John Wiley & sons, 1984. 505p.

CAPÍTULO 2

DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL) E SUA RELAÇÃO COM AS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE CLONES DE *Eucalyptus*.

SOUZA, M. A. M. de. Deformação residual longitudinal (DRL) e sua relação com as características de crescimento de clones de *Eucalyptus*. In: _____. **Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus***, 2002. Cap. 1, p.16-37. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras¹.

1 RESUMO

Os objetivos do presente estudo foram verificar a funcionalidade do extensômetro; a variação da deformação residual longitudinal (DRL) entre os clones; a variação da DRL em função da posição longitudinal no tronco (1,3 e 3,0 m de altura) das árvores; a correlação de DRL com as características de crescimento da árvore, em termos do diâmetro à altura do peito (DAP), da altura total (HT) e do incremento médio anual (IMA) e; estimar os seus parâmetros genéticos e fenotípicos. Foram usados 11 clones, híbridos naturais de *Eucalyptus*, provenientes da Fazenda Riacho, pertencente à Companhia Mineira de Metais do Grupo Votorantim, localizada no município de Paracatu, região noroeste do estado de Minas Gerais. O extensômetro mostrou-se eficiente e rápido na medição da DRL, tornando-se uma ferramenta útil para identificar árvores com diferentes níveis de tensões. A deformação residual longitudinal apresentou diferença significativa entre clones e não foi significativa para posição longitudinal do tronco. Não houve correlação entre a deformação residual longitudinal e as características de crescimento. Tanto a DRL, quanto as características de crescimento apresentaram altos valores de herdabilidade, mostrando com isso alto controle genético na expressão dessas características, e grande potencial para o melhoramento genético.

¹ Comitê Orientador: Paulo Fernando Trugilho – UFLA (Orientador), Sebastião Carlos da Silva Rosado – UFLA (Co-orientador), José Tarcísio Lima – UFLA (Co-orientador).

CHAPTER 2

LONGITUDINAL RESIDUAL STRAIN (DRL) AND ITS RELATIONSHIP WITH GROWTH AND WOOD CHARACTERISTICS IN *Eucalyptus* CLONES

SOUZA, M. A. M. de. Longitudinal residual strain (DRL) and its relationship with growth and wood characteristics in *Eucalyptus*. clones. In: _____. **Longitudinal residual strain (DRL) caused by growth stresses in clones of *Eucalyptus* hybrids, 2002. Cap. 1, p.16-37** Dissertation (Master in Forest Engineering) – Universidade Federal de Lavras, Lavras¹.

2 ABSTRACT

The objectives of the present study were: a) to verify the workability of an extensometer used to measure strains caused by growth stresses in *Eucalyptus* trees; b) to verify the variation of the longitudinal residual strain (DRL) amongst the clones; (c) to assess the variation of DRL between two longitudinal position (DBH and 3 m height) in the stem; (d) to verify the correlation of DRL with diameter at breast height, total height and annual average increment and; e) to estimate genetic and phenotypic parameters of the characteristics studied. For this, eleven natural hybrid *Eucalyptus* clones were used. These clones were sampled at the Fazenda Riacho, which belongs to the Companhia Mineira de Metais of the Votorantim Group, located at Paracatu region, Northwest of Minas Gerais State. According to the results it can be observed that the extensometer was efficient and fast for the measurement of DRL, becoming an useful tool to identify trees with different intensities of stresses. The differences of DRL amongst clones were statistically significant, however the differences of DRL between the two longitudinal positions in the log were not statistically significant. There was no significant statistical correlation between DRL and growth characteristics. Both DRL and growth characteristics resulted in high genetic heritability, indicating that these characteristics are under high genetic control, and therefore with potential to genetic improvement.

¹ Advising Committee: Paulo Fernando Trugilho –UFLA (Adviser), Sebastião Carlos da Silva Rosado - UFLA (Co-adviser), José Tarcisio Lima – UFLA (Co-adviser).

3 INTRODUÇÃO

Além dos atributos normalmente citados, que tornam o gênero *Eucalyptus* importante fonte de matéria-prima fabril, segundo Assis (1999), outros importantes são: sua capacidade produtiva, adaptabilidade a diversos ambientes e, sobretudo, a expressiva diversidade de espécies que possui, tornando possível atender aos requisitos tecnológicos dos mais diversos segmentos da produção industrial madeireira.

Entretanto, a madeira da grande maioria das espécies de *Eucalyptus* de rápido crescimento apresenta limitações técnicas quanto à substituição das madeiras tropicais na indústria madeireira. A mais importante dessas limitações são as rachaduras e empenamentos de tábuas e toras, que constituem o principal fator de redução do rendimento industrial, sendo que ambas são causadas pela tensão de crescimento.

As tensões de crescimento estão em equilíbrio enquanto a árvore está de pé. Mas, tão logo ela é cortada, ocorrem imediatamente deformações e rachaduras nos topos de toras, em função da modificação do estado de equilíbrio que vigorava durante o crescimento (Ferrand, 1983). Assim, a zona periférica da tora, sob tração, tende, após o abate, a diminuir e a parte central a expandir, o que causa as rachaduras de topo nas toras (Malan, 1979). As tensões de crescimento ocorrem na árvore antes da derrubada, atuando como uma forma de dar-lhes estabilidade (Van Wyk, 1978).

Estas tensões de crescimento podem ser determinadas com base na medição da alteração nos comprimentos de peças de madeira, após a liberação de suas junções a outros elementos vizinhos, dentro do tronco de uma árvore (Lisboa, 1993).

Os objetivos do presente estudo foram verificar a funcionalidade do extensômetro (medidor de deformações de crescimento); a variação da

deformação residual longitudinal entre os clones utilizados; a variação da deformação residual longitudinal com aposição longitudinal (1,30 m e a 3,00 m) nas árvores; a correlação entre a deformação residual longitudinal com o diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (HT) e incremento médio anual (IMA) e estimar os parâmetro genéticos.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Material experimental e local de amostragem

Foram utilizados onze clones híbridos naturais do gênero *Eucalyptus*, aos 6 anos de idade. Foram plantados no espaçamento 10 x 4 m, em regime agrosilvopastoril, em que, no primeiro ano foi plantado arroz, no segundo soja e do terceiro em diante, pastagem para gado de corte. São provenientes dos plantios comerciais da Fazenda Riacho, que pertence à Companhia Mineira de Metais (VMM-AGRO) do Grupo Votorantim, localizada no município de Paracatu, região noroeste do estado de Minas Gerais. A área está situada a 17°36'09" de latitude Sul, 46°42'42" de longitude Oeste de Greenwich e altitude 550 metros. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw, tropical úmido de savana, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 24°C e a precipitação média anual é de 1.450 mm.

4.2 Seleção dos clones

Os clones foram inicialmente classificados quanto ao crescimento. Foram também selecionados os três mais produtivos, os quatro menos produtivos e os quatro de produtividades intermediárias do local. De cada clone foram avaliadas três árvores em duas posições longitudinais, ou seja, 1,30 m (DAP) e a três metros de altura em relação ao solo. Essas árvores foram escolhidas dentro de um teste clonal, não sendo consideradas as árvores da bordadura.

Adotou-se, ainda, como critério de seleção das árvores, a forma do fuste, a ausência de bifurcação e boas condições fitossanitárias.

4.3 Avaliação das características de crescimento

Foram determinados o diâmetro à altura do peito (DAP), a altura total (HT) e os incrementos médios anuais (IMA), considerando-se o espaçamento de 10 x 4 m.

O diâmetro à altura do peito (DAP) de todas as árvores selecionadas foi mensurado com casca por uma fita diamétrica em centímetros. O DAP médio foi obtido com base na média aritmética das três árvores medidas dentro de cada tratamento

Nas medições da cubagem rigorosa para cada indivíduo, foram tomadas medidas de diâmetro com a fita diamétrica a diversas alturas (na altura do toco; 0,70 m; 1,30 m; ...) com intervalo de comprimento de um metro a partir do 1,30 m até 9 m. Na empresa, essa é a altura comercial utilizada, sendo o restante considerado como ponta da árvore.

Partindo dos dados da cubagem rigorosa, foram determinados os volumes individuais, utilizados a fórmula de Smalian:

$$V = L \times \frac{\pi}{40000} \times \left[\left(\frac{D_1^2 + D_n^2}{2} \right) + D_2^2 + D_3^2 + \dots + D_{n-1}^2 \right] + VP$$

em que:

V = volume total (m³);

L = comprimento da seção (m);

D = diâmetro (cm);

VP = volume da ponta (m³).

A medição de altura total foi feita nas árvores após o seu abate por meio de uma trena. A altura total média foi calculada com base na média aritmética das alturas totais das três árvores avaliadas.

Para o cálculo do incremento médio anual (IMA) foi utilizado um fator de correção ($F_c=0,43$), pois, a cubagem rigorosa foi feita somente até a altura de 9,30 m da árvore, ficando um volume muito expressivo como sendo a ponta da árvore.

4.4 Avaliação da deformação residual longitudinal (DRL)

A deformação residual longitudinal (DRL) foi determinada na árvore em pé, em duas posições longitudinais do tronco comercial: uma na altura do DAP e a outra ponto a 3 m de altura em relação ao solo. A medida foi feita na direção norte, sul, leste e oeste, conforme orientação do fabricante do aparelho utilizado. Para a medição da DRL foi utilizado o extensômetro (medidor de deformações de crescimento). A Figura 1 mostra o aparelho e o esquema de coleta de dados.



FIGURA 1 Detalhe do instrumento usado para medição da deformação residual longitudinal

A tensão de crescimento longitudinal é proporcional ao valor da DRL média, sendo obtida de forma indireta.

O método utilizado consiste em fixar dois pinos no tronco sem casca. Um pino é situado distante do outro 45 mm, tendo o cuidado de fixá-los na direção da grã. Tais pinos estão conectados a um medidor de deformações, cuja função é indicar a intensidade da deformação residual longitudinal. Após a calibragem do aparelho, é feito um furo de 2 cm de diâmetro com um arco de pua entre os dois pinos, com o objetivo de liberar as tensões. Essa deformação é registrada em um mostrador digital (Figura 1).

4.5 Delineamento estatístico

Inicialmente foi realizada uma análise de variância para a DRL, considerando-se o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, disposto em parcela subdividida. O efeito do clone é a parcela e a posição longitudinal (DAP e 3 metros de altura) representa a subparcela dentro da parcela. Esta análise visa verificar o efeito da DRL em relação à posição longitudinal (DAP e 3 m de altura) na árvore em pé.

O modelo estatístico utilizado nesse delineamento foi:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + e_i + P_k + CP_{ik} + \varepsilon_{ik}$$

sendo,

Y_{ijk} = i-ésima observação do clone i, na k-ésima posição longitudinal P e na j-ésima repetição;

μ = constante inerente a todas as observações;

C_i = efeito do i-ésimo clone ($i = 1, 2, \dots, 11$), efeito fixo;

e_i = erro a;

P_k = efeito da k-ésima da posição longitudinal k (k = 1 e 2), efeito fixo;
 CP_{ik} = efeito da interação do i-ésimo clone com a k-ésima posição longitudinal, efeito fixo;
 ϵ_{ik} = erro b (erro experimental).

Foram, ainda, realizadas análises de variância para as características de crescimento, DAP, altura total e IMA, utilizou-se o teste de Tukey-Kramer para a comparação múltipla.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições, conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_i = \mu + C_i + \epsilon_i$$

em que,

Y_i = efeito da i-ésima observação do clone i (i = 1, 2, ..., 11);

μ = constante inerente a todas as observações;

C_i = efeito do i-ésimo clone, efeito fixo;

ϵ_i = erro experimental associado à observação Y_i .

A estrutura de análise de variância para as características está descrita na Tabela 1.

TABELA 1 Estrutura da análise de variância para as características de crescimento

FV	GL	E (Q.M.)	Q.M.	F
Clone	(c - 1)	$\delta_c^2 + r \phi_c^2$	Q ₁	Q ₁ ÷ Q ₂
Erro	r (c - 1)	δ_e^2	Q ₂	

Pela esperança de quadrados médios das análises de variância, foram estimados os parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais, conforme Cruz (1997).

a) Variância fenotípica

$$\hat{\sigma}_f^2 = \frac{Q_1}{r}$$

b) Variância ambiental

$$\hat{\sigma}_e^2 = Q_2$$

c) Componente quadrático genotípico

$$\phi_C^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{r}$$

d) Coeficiente de determinação genotípica

$$h_m^2 (\%) = \frac{\phi_C^2}{\phi_C^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{r}} \times 100$$

e) Coeficiente de variação genética

$$CV_c (\%) = \frac{\sqrt{\phi_C^2}}{\text{média}} \times 100$$

f) Coeficiente de variação fenotípica

$$CV_f (\%) = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_f^2}}{\text{média}} \times 100$$

g) Coeficiente de variação experimental

$$CV_e (\%) = \frac{\sqrt{Q_2}}{\text{média}} \times 100$$

h) Índice de variação

$$IV = \frac{CV_c}{CV_e} = \sqrt{\frac{\phi^2}{Q_2}}$$

i) Ganho esperado com a seleção

Ganho (%) = Diferencial de seleção (S) x h^2_c x 100

(S) = média da população selecionada – média da população

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios para cada característica analisada nos clones de *Eucalyptus* utilizados estão na Tabela 2. Pelos resultados médios da DRL, verifica-se a existência de grande variação entre os clones avaliados, o que demonstra a eficiência do extensômetro. A Tabela 3 apresenta a análise de variância considerando o delineamento inteiramente casualizado disposto em parcelas subdivididas.

Pela Tabela 2, verifica-se que a deformação residual longitudinal (DRL) média nas árvores vivas, ocasionada pelas tensões de crescimento nos clones estudados, foi de 0,090 mm. Esse valor médio está acima do encontrado por Lima (2001), de 0,071mm, que trabalhou com clones de *Eucalyptus* em diferentes idades e do de Muneri et al. (2000) que, para *Eucalyptus cloeziana* aos 4 anos de idade, obtiveram valor de 0,077mm. Deve ser ressaltado que as idades, os locais de avaliação e as espécies estudadas não são as mesma, o que pode ter, contribuído para a ocorrência dessa diferença. O clone 2 (0,059 mm) foi o que apresentou a menor média de deformação residual longitudinal (DRL), enquanto que a maior média ocorreu no clone 10 (0,145 mm). Observa-se ainda que o clone 2 não foi o maior IMA e nem o clone 10 o menor, sugerindo que esta propriedade não sofreu influência da taxa de crescimento.

Pela Tabela 3, verifica-se que somente o efeito do clone foi significativo. Como o efeito de posição longitudinal não foi significativo, isso indicando que a avaliação dessa característica pode ser simplificada e realizada somente na altura do DAP. Este resultado é semelhante ao obtido por Lima (2001), avaliando clones de eucalipto, porém de idades diferentes.

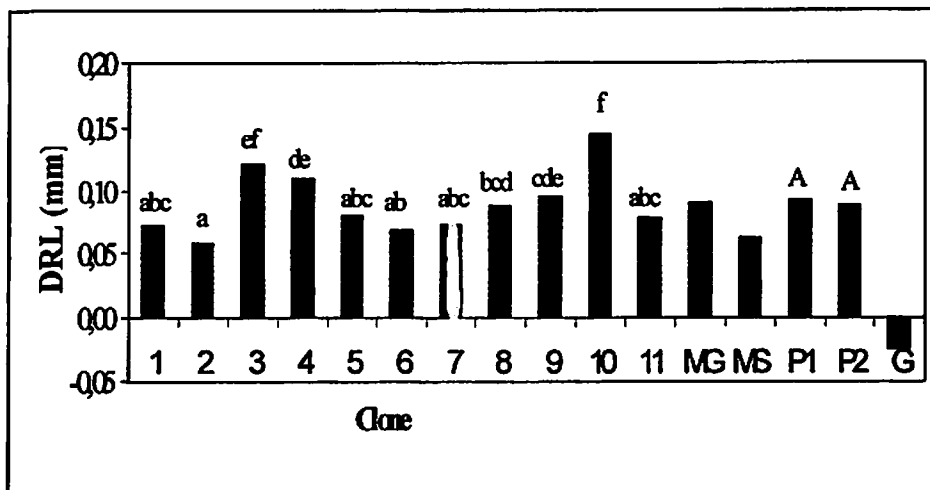
TABELA 2 Resultados médios das características de crescimento e deformação residual longitudinal (DRL) estudadas em cada clone de *Eucalyptus*, aos 6 anos de idade

Clone	DRL (mm)			Característica de crescimento		
	DAP	3 m	Média	DAP (cm)	HT (m)	IMA(st/ha/ano)
1	0,069	0,078	0,073	24,5	26,9	32,6
2	0,053	0,064	0,059	31,1	28,5	49,1
3	0,120	0,121	0,120	27,6	30,8	51,2
4	0,112	0,105	0,109	26,7	26,7	40,3
5	0,082	0,079	0,080	25,8	29,3	42,9
6	0,063	0,074	0,069	26,8	30,0	47,0
7	0,070	0,076	0,073	30,7	30,6	53,2
8	0,086	0,088	0,087	28,9	31,4	54,7
9	0,087	0,096	0,096	27,9	25,9	43,2
10	0,146	0,144	0,145	26,2	29,5	40,9
11	0,077	0,078	0,078	25,0	27,0	38,0
Média	0,088	0,092	0,090	27,3	28,8	44,8

TABELA 3 Análise de variância da deformação residual longitudinal em função do clone, árvore e da posição 1 e 2 (1,30 m e 3,00 m) ao longo do fuste

FV	GL.	SQ	QM	Significância
Clone	10	0,0390	0,0039	0,0001
Erro a	22	0,0035	0,0002	0,3754
Posição	1	0,0003	0,0003	0,1553
P X C	10	0,0008	0,0001	0,8071
Erro b	22	0,0031	0,0001	
Total	65	0,0467		

A Figura 2 ilustra melhor a variação existente entre os clones analisados e apresenta o teste de comparação múltipla realizado.



MG: média geral dos 11 clones; MS: média dos clones selecionados (2 e 7); P1: posição 1 (DAP); P2: posição 2 (3,0 m) e G: ganho genético esperado com a seleção dos clones 2 e 7.

FIGURA 2 Valores médios de DRL (mm) de onze clones de *Eucalyptus*, aos 6 anos de idade. Ganho esperado e médias com a seleção dos clone 2 e 7. Efeito de posição na estimativa da DRL. Clones e posições, seguidos pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey-Kramer ($p \leq 0,05$).

Como o efeito de clone foi altamente significativo (Tabela 3), isso indica que a DRL pode apresentar grande potencial para avaliação de genótipos visando ao melhoramento genético. O estudo de Lima (2001) também obteve diferença significativa da DRL entre clones. Já Muneri et al. (2000), trabalhando com *Eucalyptus cloeziana* com quatro anos de idade, não encontraram diferença significativa.

Para verificar a eficiência da exatidão dos resultados experimentais foram determinados os coeficientes de variação experimental, o qual é uma medida de variabilidade. No presente estudo, as estimativas dos coeficientes de variação experimental (CV_e) foram para a DRL 13%; para o DAP, de 5,77%; para a altura total, de 3,69% e para o IMA, de 10,12%. Estes valores são

considerados baixos, o que indica a boa confiabilidade na qualidade dos dados e a alta eficiência do delineamento utilizado.

Os estudos da variabilidade genética, envolvendo as das características de interesse do melhorista, são de extrema importância e são passíveis de serem realizados por meio do conhecimento dos parâmetros genéticos, como as variâncias genotípicas e fenotípicas e coeficientes de herdabilidade (Kageyama, 1980).

O conceito de herdabilidade é um dos mais importantes e mais utilizados em genética quantitativa, já que ela expressa a proporção de variação que é atribuída à diferença genética entre os indivíduos (Zobel & Talbert, 1984).

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise de variância, considerando o modelo inteiramente casualizado, para deformação residual longitudinal (DRL), diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (HT) e incremento médio anual (IMA), bem como as estimativas dos seus parâmetros genéticos e fenotípicos, obtidas a partir das esperanças dos quadrados médios. Para todas as características avaliadas, o efeito de clone foi altamente significativo, o que indica a existência de alta variabilidade, possibilitando obter ganho genético com a seleção dos melhores clones.

Observa-se, ainda, que os coeficientes de herdabilidade estimados foram de 94,3%, 82,7%, 89,5% e 85,4%, respectivamente para DRL, DAP, HT e IMA. Valores elevados de herdabilidade indicam alto controle genético dessas características que, com isso, tornam-se muito passíveis de melhoramento. Vários autores também já encontraram valores elevados de herdabilidade para DAP e altura da árvore, tais como Silveira (1999) e Moura (2000).

O índice de variação, que é a relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação fenotípica (CV_g/CV_f), para a DRL e para as características de crescimento, estão apresentados na Tabela 4. O índice de variação da DRL foi o maior, 2,4, superior aos encontrados para as

características de crescimento estudadas. Segundo Vencovsky (1978), esta relação é um importante indicador das possibilidades de sucesso na obtenção de ganhos genéticos, através da seleção, mostrando que a situação é favorável, quando os valores são maiores que 1,0.

TABELA 4 Resumo das análises de variância, apresentando os valores dos quadrados médios para deformação residual longitudinal (DRL), diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (HT) e incremento médio anual (IMA) e as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para onze clones de *Eucayiptus*, aos seis anos de idade

FV	GL	Quadrado médio			
		DRL	DAP	HT	IMA
Clone	10	0,00230**	14,46**	10,78**	140,96**
Resíduo	22	0,00013	2,5	1,13	20,57
Média	-	0,088 mm	27,4 cm	28,8 m	44,8 st/ha/ano
CVe (%)	-	13,0	5,77	3,69	10,12
σ^2_f	-	0,00077	4,82	3,59	46,99
σ^2_e	-	0,00013	2,5	1,13	20,57
ϕ^2_g	-	0,00072	3,99	3,22	40,13
h^2_m	-	94,3	82,7	89,5	85,4
CVc (%)	-	30,6	7,3	6,2	14,1
CVf (%)	-	31,5	8,0	6,6	15,3
CVf/CVe	-	2,4	1,3	1,7	1,4
Média-S	-	0,062 mm	30,9 cm	29,6 m	51,2 st/ha/ano
Ganho	-	-0,025 mm	2,94 cm	0,70 m	5,51 st/ha/ano
Ganho (%)	-	-28,2	10,7	2,4	12,1

**Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

σ^2_f : variação fenotípica; σ^2_e : variação ambiental; ϕ^2_g : componente quadrático genotípico, h^2_m : coeficiente de determinação genotípica; CVc: coeficiente de variação genética; CVf: coeficiente de variação fenotípica, CVe: coeficiente de variação experimental; CVf/CVe: índice de variação; Média-S: média dos dois clones selecionados (2 e 7); Ganho: ganho esperado em valores reais dos dois clones selecionados; Ganho (%): ganho genético esperado com a seleção dos dois clones.

Os resultados mostram que a deformação residual longitudinal e as características de crescimento apresentam-se, de maneira favorável, à obtenção de ganho com a seleção.

TABELA 5 Matriz de correlação fenotípica entre as características deformação residual longitudinal (DRL), diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (HT) incremento médio anual (IMA)

	DLR	DAP	HT	IMA
DLR	1	-0,26ns	0,10ns	-0,09ns
DAP		1	0,42ns	0,83**
HT			1	0,78**
IMA				1

** Significativo a 1% de probabilidade

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, pôde-se concluir que:

- ✓ o instrumento mostrou ser bem confiável, de fácil operação e rapidez na coleta dos dados;
- ✓ para os 11 clones de *Eucalyptus* estudados, a deformação residual longitudinal média (DRL) foi de 0,090 mm;
- ✓ não houve diferença estatística significativa na DRL determinada no DAP e a 3 m de altura, demonstrando que a medição no DAP é suficiente para estimar a DRL da árvore, o que permite um ganho nas condições e rapidez do processo de coleta de dados;
- ✓ os coeficientes de variação experimental foram considerados baixos para todas as características avaliadas, o que indica a boa coleta de dados e a alta eficiência do delineamento usado;
- ✓ os valores de herdabilidade foram elevados para todas as características avaliadas, sendo de 94,3%, 82,7%, 89,5% e 85,4 %, respectivamente, para a DRL, DAP, altura total e IMA;
- ✓ não houve correlação entre a deformação residual longitudinal com as características de crescimentos DAP, HT e IMA;
- ✓ para todas as características avaliadas, o efeito de clone foi altamente significativo, o que torna possível a utilização das mesmas em um amplo programa de melhoramento florestal, buscando tanto o melhoramento das características de crescimento quanto da qualidade da madeira.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, T. F. Aspecto do melhoramento de *Eucalyptus* para obtenção de produtos sólidos de madeira. In: TÉCNICAS DE ABATE, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1999, Viçosa. Workshop...Viçosa: DEF/SIF/UFV/IEF, 1999. p. 61 – 72.

CRUZ, C. D. Programa genes: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 1997. 442 p.

FERRAND, J.Ch. Growth stresses and silviculture of eucalyptus, *Australian Forest Research*, Melbourne, v.13, v.1, p.75 – 81, 1983.

KAGEYAMA, P. Y. Variação genética em procedências de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden. 1980. 125 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

LIMA, J. T. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas associações com outras propriedades. *Revista Árvore*. Viçosa, 2001 (no prelo).

LISBOA, C.D.J. Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. 1993. 298 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MALAN, F. S. The control and-splitting in saw logs: A short literature review. *South African Forestry Journal*, Pretoria, n.109, p.14 – 8, 1979.

MOURA, M. C. de O. Variações em características do crescimento em clones de *Eucalyptus*. 2000. 63 p. Dissertação (Mestrado em Produção Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MUNERI, A., KNIGHT, J. LEGATE, W.; PALMER, G. Relationships between surface longitudinal growth strain and tree size, wood properties and timber distortion of 4 year old plantation grown *Eucalyptus cloeziana*. In: IUFRO CONFERENCE -THE FUTURE OF EUCALYPTS FOR WOOD PRODUCTS, 2000, Launceston, Austrália, *Proceedings...*, Launceston, IUFRO, 2000. p. 292-300.

PAULA, R. C. de. Variabilidade genética para densidade básica da madeira e para característica 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.

SILVEIRA, V. Comportamento de clones de *Eucalyptus* em diversos ambiente definidos pela qualidade de sítio e espaçamento., 1999. 124 p. Dissertação (Mestrado em Produção Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: Patuniani, E. (coord.) *Melhoramento de milho no Brasil*. Piracicaba: fundação Cargill, 1978. p. 122 – 199.

ZOLBEL, B.; TALBERT, J. *Applied forest the improvement*. New York: John Wiley & Sons, 1984. 505p.

CAPÍTULO 3

INFLUÊNCIA DAS DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAIS EM PROPRIEDADES DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus*

SOUZA, M. A. M. de. Influência das deformações residuais longitudinais em propriedades da madeira de clones de *Eucalyptus*. In: _____. **Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus***, 2002. Cap. 2, p.38-72 Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras¹.

1 RESUMO

Os objetivos do presente estudo foram avaliar a deformação residual longitudinal (DRL) medida em árvores de clones de *Eucalyptus sp*, o efeito da posição longitudinal (DAP e 3 m de altura) na DRL e em características da madeira; verificar a relação entre a DRL e algumas propriedades químicas, físicas e mecânicas da madeira e; estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos dessas características. Foram usados 11 clones, híbridos naturais de *Eucalyptus*, provenientes da Fazenda Riacho, que pertencente à Companhia Mineira de Metais (VMM-AGRO) do Grupo Votorantim, localizada no município de Paracatu, região noroeste do estado de Minas Gerais. O valor médio da DRL foi de 0,090 mm. O efeito de clone foi altamente significativo para as características avaliadas. O efeito de posição longitudinal (DAP e 3 m) foi significativo para o ângulo da grã, densidade seca, contração volumétrica e tangencial, coeficiente de anisotropia e teor de lignina solúvel. A interação clone e posição longitudinal foi significativa somente para a contração tangencial. Os coeficientes de herdabilidade estimados foram elevados para todas as características avaliadas, indicando a existência de um alto controle genético e permitindo o melhoramento pela seleção. A correlação entre a DRL e o índice de rachamento foi elevada (0,68), o que permite utilizar esta variável como uma ferramenta confiável para a seleção de genótipos menos propensos ao desenvolvimento de rachaduras em tábuas. A DRL apresentou correlação positiva e significativa com as densidades básica e seca, ângulo da grã, contração volumétrica, radial e tangencial e resistência ao fendilhamento. Não foi observada correlação da DRL com os teores de lignina insolúvel, solúvel e total.

¹ Comitê Orientador: Paulo Fernando Trugilho – UFLA (Orientador), Sebastião Carlos da Silva Rosado – UFLA (Co-orientador), José Tarcísio Lima – UFLA (Co-orientador).

CHAPTER 3

INFLUENCE OF THE LONGITUDINAL RESIDUAL STRAIN (DRL) ON *Eucalyptus* WOOD PROPERTIES

SOUZA, M. A. M. de. Influence of the longitudinal residual strain (DRL) on *Eucalyptus* wood properties. In: _____. **Longitudinal residual strain (DRL) caused by growth stresses in clones of *Eucalyptus* hybrids, 2002.** Chapter 2, p.38-72 Dissertation (Master in Forest Engineering) – Universidade Federal de Lavras, Lavras¹.

2 ABSTRACT

The objectives of the present study were: (a) to evaluate the longitudinal residual strain (DRL) measured in trees of *Eucalyptus* clones; (b) to evaluate the effect of the longitudinal position of sampling (DBH and 3 m height) on DRL and on chemical, physical and mechanical wood characteristics; (c) to verify the relationship between DRL and chemical, physical and mechanical wood characteristics (d) to estimate the phenotypical and genetic parameters of the above mentioned characteristics. For this, eleven natural hybrid *Eucalyptus* clones were used. These clones were sampled at the Fazenda Riacho, which belongs to the Companhia Mineira de Metais of the Votorantim Group, located at Paracatu region, Northwest of Minas Gerais State. The mean DRL between clones was 0.090 mm. The effect of clone on the chemical, physical and mechanical wood characteristics was statistically significant. The effect of longitudinal position of sampling was significant for the grain deviation, dry density, volumetric and tangential shrinkage, coefficient of anisotropy and lignin soluble content. The interaction between clone and longitudinal position was only significant for the tangential shrinkage. The coefficients of heritability presented high values, indicating that these characteristics are under high genetic control, and therefore susceptible for genetic improvement. The correlation between DRL and the crack index was relatively high (0.68). This indicates the possibility of using this variable as a reliable tool for the selection of less prone genotypes to the development of cracks in boards. DRL presented positive and significant correlation with basic and dry densities, grain deviation, volumetric, radial and tangential shrinkage and cleavage strength. It was not observed significant correlation of DRL with contents of insoluble, soluble and total lignin.

¹ Advising Committee: Paulo Fernando Trugilho – UFLA (Adviser), Sebastião Carlos da Silva Rosado – UFLA (Co-adviser), José Tarcísio Lima – UFLA (Co-adviser).

3 INTRODUÇÃO

Algumas empresas, que possuem povoamentos de eucalipto com árvores de idade e dimensões adequadas, estão fornecendo madeira para serraria e laminação, selecionando e manejando suas florestas, com o objetivo de atender às demandas do mercado e diversificar seus produtos (Lopes, 2000).

A difusão do uso de madeira maciça no mundo, com qualidade e durabilidade, tem uma fundamental importância para a diminuição da concentração de CO₂ na atmosfera e do conseqüente efeito estufa (Schacht, 1998).

Vários são os fatores que afetam a qualidade da madeira para utilização como produto sólido. Dentre eles, destaca-se a propensão para o desenvolvimento de rachaduras de topo em toras e tábuas, causada especialmente pelas tensões de crescimento. As rachaduras em tábuas ocasionadas pelas tensões de crescimento são um dos grandes fatores que fazem com que o gênero *Eucalyptus* seja pouco utilizado para produção de madeira serrada. Este gênero é de grande interesse para este produto, pois, além de apresentar altas taxas de crescimento, possui mais de 600 espécies. Assim, torna-se uma fonte muito rica para os tecnólogos de madeira e os melhoristas florestais.

As tensões de crescimento são forças encontradas no fuste de árvores verdes, as quais podem ser orientadas longitudinalmente, tangencialmente e radialmente (Kubler, 1987). Estas forças não devem ser confundidas com a tensão resultante do peso da copa da árvore, ou da tensão da seiva ou, mesmo as resultantes da madeira de reação e das tensões de secagem (Dinwoodie, 1966). As tensões de crescimento mais severas e variáveis são as longitudinais, razão pela qual a maioria dos estudos tem sido a elas direcionados (Wilkins, 1986).

Atualmente, busca-se estudar as tensões de crescimento, na expectativa de avaliar a sua relação com a ocorrência de defeitos na madeira sólida e com isso tentar amenizar o seu efeito, provocando a melhoria da qualidade do produto, agregando maior valor e competitividade.

Nicholson (1971) idealizou um método para medir a tensão em pequenas áreas ao redor da circunferência dos troncos. Seu objetivo era desenvolver um método rápido de determinação da tensão longitudinal de crescimento na superfície de árvores em pé e toras. Assim, poderia comparar os níveis de tensão entre árvores em programas de melhoramento e testar tratamentos de neutralização de tensões em toras. Além desse, outros métodos foram desenvolvidos, como por exemplo o método de Jacobs (1938). Este avalia as deformações dos sarrafos retirados de uma prancha diametral. O método das perfurações de orifícios foi desenvolvido por Boyd (1950). Contudo ambos são considerados destrutivos.

A avaliação da tensão de crescimento pelo método indireto e não destrutível, por meio da deformação residual longitudinal mensurada pelo extensômetro (medidor de deformações de crescimento) pode ser uma ferramenta muito útil para a tecnologia da madeira e para o melhorista florestal. No caso da tecnologia, a importância caracteriza-se pelo estudo da distribuição dessas forças ao longo do tronco. No caso do melhorista florestal, a importância está na possibilidade de seleção do material genético de melhor qualidade, apresentando menor propensão de defeitos originários das tensões de crescimento. Por ser um método simples e rápido, conseqüentemente reduzirá custos, pois, dispensará o abate da árvore e o preparo das amostras em laboratórios.

Os objetivos do presente trabalho foram: avaliar a deformação residual longitudinal (DRL) na árvore em pé em clones de *Eucalyptus sp*; avaliar o efeito da posição longitudinal (DAP e 3 m de altura) da DRL e de algumas

características da madeira; verificar a relação entre a DRL com algumas propriedades químicas, físicas e mecânicas da madeira e estimar os seus parâmetros genéticos e fenotípicos.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Material experimental e local de amostragem

Foram utilizados onze clones híbridos naturais do gênero *Eucalyptus*, aos 6 anos de idade. Foram plantados no espaçamento 10 x 4 m, em regime agrosilvopastoril, onde, no primeiro ano foi plantado arroz, no segundo soja e do terceiro em diante, pastagem para gado de corte. Os clones são provenientes de um teste clonal na Fazenda Riacho, que pertence à Companhia Mineira de Metais (VMM-AGRO) do Grupo Votorantim, localizada no município de Paracatu, região noroeste do estado de Minas Gerais. A área esta situada a 17°36'09'' de latitude sul, 46°42'42'' de longitude oeste de Greenwich e altitude 550 metros. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw, tropical úmido de savana, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 24° C e a precipitação média anual é de 1.450 mm.

4.2 Amostragem

Os clones foram inicialmente classificados quanto ao crescimento. Depois foram avaliados os três mais produtivos, os quatro menos produtivos e os quatro de produtividades intermediárias. De cada clone foram avaliadas três árvores em duas posições longitudinais, ou seja, 1,30 m (DAP) e a três metros de altura em relação ao solo. Essas árvores foram escolhidas dentro do teste clonal, não sendo consideradas as árvores da bordadura.

Foram adotados, ainda, como critérios de seleção das árvores, a forma do fuste, a ausência de bifurcação e boas condições fitossanitárias.

4.3 Avaliação da deformação residual longitudinal (DRL)

A deformação residual longitudinal foi avaliada na árvore em pé em duas posições longitudinais ao longo do tronco comercial: um na altura do DAP e o outro ponto a 3 m de altura em relação ao solo, medida na direção norte, sul, leste e oeste por posição. Para a medição da DRL foi utilizado o extensômetro (medidor de deformações de crescimento).

A tensão de crescimento é medida de forma indireta, pois é proporcional ao valor da deformação residual longitudinal (DRL) obtida por meio do extensômetro.

O método consiste em fixar dois pinos na árvore sem casca a uma distância de 45 mm de um pino para o outro, tendo o cuidado de deixar esses pinos alinhados na direção da grã. Tais pinos são conectados a um medidor de deformações (relógio comparador), cuja função é indicar a intensidade da deformação residual longitudinal. Após a fixação do aparelho, é feito um furo de 2 cm de diâmetro, com um arco de pua, entre os dois pinos, com o objetivo de liberar as tensões. Essa deformação é registrada em um relógio digital.

4.4 Desvio da grã

Os desvios da grã foram medidos na mesma posição da mensuração da deformação residual longitudinal (norte, sul, leste e oeste) e nas duas posições longitudinais estudadas (DAP e 3m).

Foi utilizado o método do riscador (Figura 2), o qual compreende uma haste de aço que é livremente pivotada em um cabo de madeira e que tem em sua extremidade uma agulha de aço. Quando o riscador é puxado, a agulha risca a madeira na direção da grã. O desvio da grã foi obtido em relação a uma linha

de referência de 100 mm na direção longitudinal do tronco. Após obter o desvio em milímetros, o mesmo foi convertido em graus.

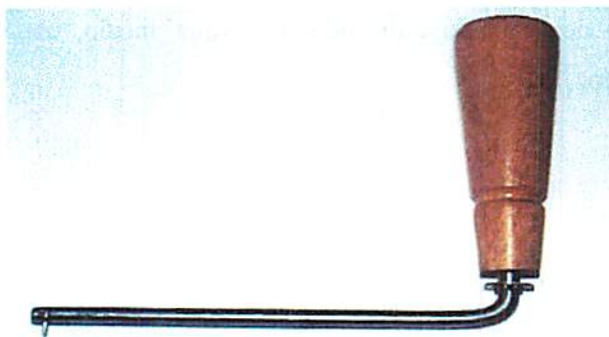


FIGURA 2. Instrumento utilizado para determinação do desvio da grã

O desvio da grã utilizado na análise estatística representa a média aritmética entre os valores obtidos nos quadro pontos cardeais mensurados.

4.5 Medições das rachaduras das extremidades das tábuas e índice de rachamento

Após a obtenção da DRL, as árvores foram abatidas . De cada posição longitudinal (DAP e 3 m de altura) foi retirado um torete de 60 cm de comprimento, o qual foi encaminhado ao Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal de Lavras (UFLA) para a determinação das duas propriedades.

O restante do material foi transportado em toras, conforme o esquema mostrado na Figura 3, para imediato desdobro na serraria da VMM. O processo de desdobro consiste na retirada de duas costaneiras (serra circular geminada) sendo em seguida, o semi-bloco transformado em tábuas em uma serra múltipla (corte simultâneo). As tábuas foram obtidas nas dimensões 12,0 x 2,0 cm e com comprimento de acordo com a tora de origem, em seguida, foram identificadas e

medidas as rachaduras de maior comprimento em ambas as extremidade. Para resolver o problema de comprimento diferentes das toras utilizadas, o índice de rachamento foi determinado utilizando-se o valor médio, obtido conforme a seguinte equação:

$$IR(\%) = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{\sum_{j=1}^m L_j} \times 100$$

em que,

IR(%) = índice de rachadura em percentagem;

C_i = comprimento das rachaduras das extremidades das n tábuas obtidas nas m toras;

L_j = comprimento das tábuas das m toras.

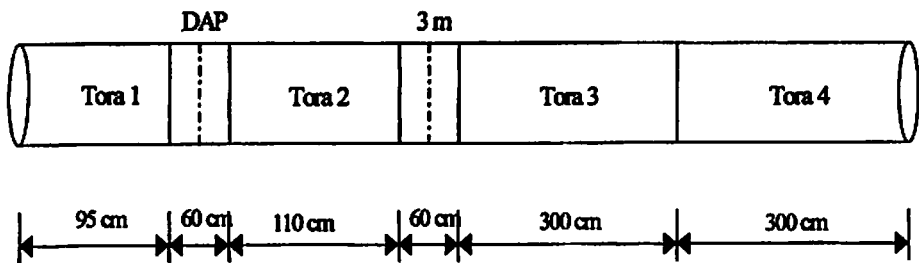


FIGURA 3 Esquema da retirada dos toretes para determinação das propriedades da madeira e das toras para o desdobro

4.6 Características da madeira avaliadas no laboratório

Foram determinadas algumas características químicas, físicas e mecânicas da madeira na altura do DAP e a 3 m em relação ao solo, conforme esquema apresentado na Figura 4.

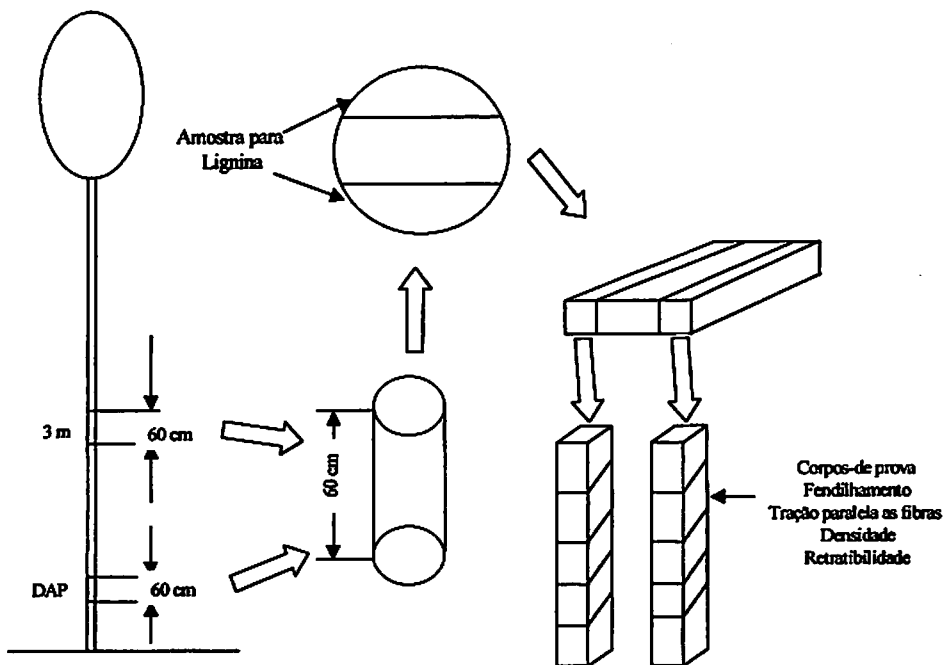


FIGURA 4 Esquema da amostragem na árvore para a determinação das propriedades químicas, físicas e mecânicas

Para análise física, química e mecânica da madeira, foram utilizados os dois toretes de 60 cm retirados nas altura do DAP e a 3 m em relação ao solo. Desses dois toretes foram tirados amostras para a análise química e corpos-de-prova para a análise física e mecânica.

4.6.1 Características físicas

Foram determinadas as densidades básica e seca e a retratibilidade da madeira.

Para a determinação das densidades básica e seca e da retratibilidade da madeira foram utilizados os mesmos corpos-de-prova. Estes foram confeccionados nas dimensões 2,5 x 2,5 x 2,5 cm e numerados para que

identificassem as árvores, as posições longitudinais e os clones de onde foram retirados. Estes foram imersos em água até atingirem a saturação completa. Na determinação dos volumes, tanto na condição de saturação e seca em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, usou-se o método hidrostático tendo como líquido deslocado o mercúrio. Periodicamente, fez-se a tomada da temperatura do líquido, a fim de fazer as devidas correções de valores de sua densidade ao longo do ensaio. Na condição seca em estufa, além do volume foram determinados os pesos secos dos corpos-de-prova.

A densidade básica foi obtida pela razão da massa seca pelo volume saturado e a densidade seca foi obtida pela razão entre a massa seca e o volume seco.

Para o estudo da reprodutibilidade da madeira, utilizou-se a norma ASTM D143 – 94 (ASTM, 1997). As medições das dimensões tangenciais e radiais foram realizadas com paquímetro digital, com sensibilidade de 0,01 mm, diretamente nas amostras, em locais previamente estabelecidos e demarcados.

4.6.2 Características mecânicas

Os ensaios mecânicos determinados neste estudo foram os de resistência à tração paralela às fibras e resistência ao fendilhamento. Os ensaios foram realizados na Máquina Universal de Ensaio, modelo Emic DL – 30.000, no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e, atenderam às determinações da ASTM (1997), seguindo o procedimento da norma D 143 – 94 (Standard methods of testing small clear specimens of timber). As condições dos ensaios mecânicos estão dispostas na Tabela 1.

TABELA 1 Resumo das condições dos ensaios (D 143 - 94, ASTM, 1997)

Teste	Propriedade	Velocidade do teste
Tração paralela às fibras	Resistência	1,0 mm/minuto
	Módulo de elasticidade	1,0 mm/minuto
Fendilhamento	Resistência	2,5 mm/minuto

Antes dos ensaios, os corpos-de-prova foram acondicionados em uma sala de climatização à temperatura de $20 \pm 3^\circ\text{C}$ e umidade relativa de 60%, por aproximadamente 2 meses, até atingirem peso constante. Dessa forma, os testes foram realizados com a madeira em seu equilíbrio higroscópico, a cerca de 12% de umidade.

4.6.3 Características químicas

As características químicas analisadas foram os teores de lignina Klason insolúvel, solúvel e total na madeira. O teor de lignina insolúvel (Klason) foi determinado de acordo com o procedimento descrito por Gomide & Demuner (1986). O teor de lignina solúvel em ácido sulfúrico foi determinado por meio da espectrofotometria, tendo sido utilizada a equação descrita por Goldschimid (1971). A lignina total foi tomada como sendo a soma das ligninas solúvel e insolúvel.

As amostras utilizadas para esta análise, foram retiradas das costaneiras obtidas de cada torete como mostra a Figura 4. Essas peças foram limpas superficialmente para que não houvesse contaminações de fungos, óleo e sujeiras nas amostras.

Por meio de uma desempenadeira, foram retiradas maravalhas que, posteriormente, foram moídas num moinho tipo Wiley, peneiradas em peneira de 40 e 60 mesh. Foi utilizada para a análise a fração retida na peneira de 60 mesh.

4.7 Delineamento estatístico

Os delineamentos estatísticos utilizados, tanto para a rachadura de tábuas quanto para as propriedades físicas, químicas e mecânicas da madeira dos clones avaliados, estão descritos a seguir.

4.7.1 Índice de rachamento de tábuas (IR)

Para essa característica adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com três repetições (árvores amostra), conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_i = \mu + C_i + e_i$$

em que,

Y_{ij} = efeito da i -ésima observação do clone i

μ = constante inerente a todas as observações;

C_i = efeito do i -ésimo clone; ($i = 1, 2, \dots, 11$), efeito fixo;

e_i = erro experimental associado à observação Y_{ij} .

A estrutura de análise de variância e esperanças para dos quadrados médios para as características estão apresentadas na Tabela 2.

TABELA 2 Estrutura da análise de variância para a rachadura de tábuas

FV	GL	E (Q.M.)	QM	F
Clone	(c - 1)	$\delta_e^2 + r \phi_c^2$	Q_1	Q_1/Q_2
Erro	r (c- 1)	δ_e^2	Q_2	

Pela esperança dos quadrados médios das análises de variância, foram estimados os seguintes parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais, conforme Cruz (1997).

a) Variância fenotípica

$$\hat{\sigma}_f^2 = \frac{Q_1}{r}$$

b) Variância ambiental

$$\hat{\sigma}_e^2 = Q_2$$

c) Componente quadrático genotípico

$$\phi_e^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{r}$$

d) Coeficiente de determinação genotípica

$$h_m^2 (\%) = \frac{\phi_c^2}{\phi_c^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{r}} \times 100$$

e) Coeficiente de variação genética

$$CV_c (\%) = \frac{\sqrt{\phi_c^2}}{\text{média}} \times 100$$

f) Coeficiente de variação fenotípica

$$CV_f (\%) = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_f^2}}{\text{média}} \times 100$$

g) Coeficiente de variação experimental

$$CV_e (\%) = \frac{\sqrt{Q_2}}{\text{média}} \times 100$$

4.7.2 Características físicas, químicas e mecânicas da madeira

Para essas características, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com três repetições, disposto em esquema de parcela subdividida, conforme o modelo estatístico a seguir:

$$Y_{ik} = \mu + C_i + e_i + P_k + CP_{ik} + \varepsilon_{ik}$$

em que,

Y_{ik} = i-ésima observação do clone i, na posição longitudinal P;

μ = constante inerente a todas as observações;

C_i = efeito do i-ésimo clone ($i = 1, 2, \dots, 11$), efeito fixo;

e_i = erro a;

P_k = efeito da k-ésima posição longitudinal k ($k = 1$ e 2), efeito fixo;

CP_{ik} = efeito da interação do i-ésimo clone com a k-ésima posição longitudinal;

ε_{ik} = erro b (erro experimental).

O esquema da análise de variância, seguindo esse modelo estatístico, é apresentado na Tabela 3.

TABELA 3 Estrutura da análise de variância para as características físicas, químicas e mecânicas da madeira

FV	GL	E (Q.M.)	QM	F
Clone (C)	(c-1)	$\sigma_c^2 + r t \phi_c^2 + t \sigma_a^2$	Q_1	Q_1/Q_2
Erro a	(c-1)r	$\sigma_e^2 + t \sigma_a^2$	Q_2	
Posição	(p-1)	$\sigma_e^2 + r \sigma_{CP}^2 + c r \phi_p$	Q_3	Q_3/Q_4
C x P	(c-1)(p-1)	$\sigma_e^2 + r \sigma_{CP}^2$	Q_4	Q_4/Q_5
Erro b		σ_e^2	Q_5	

c: número de clones;

r: número de repetições;

p: número de posições.

Pela esperança dos quadrados médios da análise de variância, estimaram-se os seguintes parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais:

a) Variância fenotípica

$$\hat{\sigma}_f^2 = \frac{Q_1}{r \times p}$$

b) Variância genética

$$\phi_c^2 = \frac{Q_1 \times Q_2}{r \times p}$$

c) Variância ambiental

$$\hat{\sigma}_{ea}^2 = Q_2$$

$$\hat{\sigma}_{eb}^2 = Q_5$$

d) Coeficiente de determinação genotípica

$$\hat{h}_m^2 (\%) = \frac{\phi_c^2}{\phi_c^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{r}} \times 100$$

e) Coeficiente de variação genética

$$CV_c (\%) = \frac{\hat{\sigma}_c^2}{\text{média}} \times 100$$

f) Coeficiente de variação fenotípica

$$CV_f (\%) = \frac{\hat{\sigma}_f^2}{\text{média}} \times 100$$

g) Coeficiente de variação ambiental

$$CV_{ea} (\%) = \frac{Q_2}{\text{média}} \times 100$$

$$CV_{eb} (\%) = \frac{Q_5}{\text{média}} \times 100$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios e o teste de comparação múltipla para cada característica analisada na madeira dos clones de *Eucalyptus* encontram-se na Tabela 4.

5.1 Características físicas da madeira

5.1.1 Deformação residual longitudinal (DRL)

Pela Tabela 4, verifica-se que a deformação residual longitudinal (DRL) média nas árvores vivas, ocasionadas pela tensões de crescimentos nos clones estudados, foi de 0,090 mm. Este valor médio está acima do encontrado por Lima (2001), 0,071mm, que trabalhou com clones de *Eucalyptus* em diferentes idades, e de Muneri et al. (2000), que para *E. cloeziana* aos 4 anos de idade obtiveram valor de 0,077 mm. Deve ser ressaltado que as idades, os locais de avaliação e as espécies estudadas não são as mesmas. Isso pode ter, sem dúvida, contribuído para a ocorrência dessa diferença. O clone 2 (0,059 mm) foi o que apresentou a menor média de deformação residual longitudinal (DRL), enquanto que a maior média ocorreu no clone 10 (0,144 mm). O efeito de clone foi significativo e os efeitos de posição longitudinal e a interação foram não significativos.

5.1.2 Índice de rachamento das tábuas (IR)

As rachaduras de topo em toras e em peças processadas constituem, provavelmente, a maior fonte de perdas na utilização industrial da madeira de eucalipto (Assis, 2001).

Na Tabela 4, são encontrados os valores médios em porcentagem de rachaduras em tábuas dos clones avaliados.

As rachaduras das tábuas variaram entre 4,1% e 19,8%, sendo, respectivamente, referentes aos clones 1 e 10. O valor médio foi de 9,2%, sendo menor que o encontrado por Caixeta (2000), em *Eucalyptus*, em idades variando de 13 a 17 anos.

A Tabela 5 apresenta a análise de variância e os parâmetros genéticos e fenotípicos para rachadura em tábuas. Observa-se que o efeito de clone foi altamente significativo, indicando a existência de grande variabilidade genética, possibilitando o melhoramento por meio de seleção.

Os estudos da variabilidade genética das características são de suma importância e são possíveis de serem realizadas por meio do conhecimento dos parâmetros genéticos, tais como as variâncias genotípicas e fenotípicas e os coeficientes de herdabilidade (Kageyama, 1980). Neste estudo, o coeficiente de herdabilidade estimado (h^2_m) foi de 86,5%, demonstrando que essa característica apresenta alto controle genético, podendo ser melhorada geneticamente.

TABELA 4 Valores médios para as características da madeira de clone de *Eucalyptus*, aos 6 anos de idade

Clone	Características avaliadas								
	DRL (mm)	GRA (graus)	IR (%)	DB (g/cm ³)	DS (g/cm ³)	CV (%)	CT (%)	CR (%)	CA
1	0,073 abc	4,1 b	4,1 a	0,511 cde	0,592 bc	13,6 ab	8,6 ab	5,0 abc	1,7 ab
2	0,059 a	3,1 ab	10,1 ab	0,421 a	0,483 a	12,8 a	8,2 a	3,8 a	2,2 ab
3	0,120 ef	3,8 ab	17,1 bc	0,512 cde	0,604 cd	15,1 b	9,8 b	5,0 abc	2,0 ab
4	0,108 de	2,6 ab	7,2 a	0,501 bcd	0,578 bc	13,3 a	8,7 ab	4,4 ab	2,0 ab
5	0,080 abc	3,1 ab	6,3 a	0,556 ef	0,656 de	15,2 b	9,5 ab	6,1 c	1,6 a
6	0,069 ab	1,8 a	4,8 a	0,541 def	0,629 cd	13,9 ab	8,7 ab	5,0 abc	1,8 ab
7	0,073 abc	2,8 ab	7,6 a	0,462 ab	0,536 ab	14,0 ab	9,0 ab	4,5 ab	2,4 b
8	0,087 bcd	2,0 a	9,8 ab	0,509 cd	0,591 bc	13,9 ab	8,2 ab	5,2 bc	1,6 a
9	0,095 cde	3,3 ab	9,3 ab	0,493 bc	0,568 bc	13,0 a	8,2 a	4,7 ab	1,7 ab
10	0,144 f	4,0 b	19,8 c	0,576 f	0,704 e	18,0 c	11,8 c	6,3 c	1,9 ab
11	0,078 abc	2,5 ab	5,3 a	0,512 cde	0,596 bcd	14,0 ab	8,7 ab	5,1 bc	1,7 ab
Média	0,090	3,0	9,2	0,508	0,594	14,2	9,0	5,0	1,87
DAP	0,088 A	3,4 A	-	0,511 A	0,603 A	15,1 A	9,7 A	5,1 A	1,94 A
3 m	0,092 A	2,6 B	-	0,506 A	0,585 B	13,4 B	8,4 B	4,9 A	1,80 B

"...continua..."

“TABELA 4, Cont”

Clone	Características avaliadas					
	F _E (Mpa)	F _A (Mpa)	MOE (Mpa)	LI (%)	LS (%)	LT (%)
1	0,613 bc	103 ab	13790 abc	25,4 abc	2,3 ab	27,7 abc
2	0,468 a	96 a	10321 a	27,3 cd	2,0 a	29,3 bcd
3	0,603 bc	147 cd	15169 bc	23,7 ab	2,4 ab	26,1 ab
4	0,517 ab	102 ab	10756 a	29,6 d	2,1 a	31,7 d
5	0,604 bc	160 d	15887 bc	26,2 abcd	2,3 ab	28,5 abcd
6	0,611 bc	119 abc	13133 abc	27,8 cd	2,4 ab	30,2 cd
7	0,573 abc	106 ab	12252 ab	24,7 abc	2,3 ab	27,0 abc
8	0,600 bc	151 cd	14229 abc	26,8 bcd	2,6 b	29,4 bcd
9	0,495 ab	134 bcd	16043 bc	23,2 a	2,2 ab	25,4 a
10	0,689 c	127 abcd	13668 abc	25,8 abc	2,4 ab	28,2 abcd
11	0,560 abc	147 cd	16658 c	27,0 bcd	2,4 ab	29,4 bcd
Média	0,575	126	13.810	26,1	2,3	28,4
DAP	0,581 A	126 A	13.776 A	24,5 A	2,3 A	28,4 A
3 m	0,571 A	127 A	13.843 A	26,0 A	2,4 B	28,8 A

Médias com a mesma letra em cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer ($P \leq 0,05$).

DRL = deformação residual longitudinal (%), GRA = desvio da grã (graus), IR = índice de rachamento de tábuas (%), DB = densidade básica (g/cm^3), DS = densidade seca (g/cm^3), CV = contração volumétrica (%), CR = contração radial (%), CT = contração tangencial (%), CA = coeficiente de anisotropia (CT/CR), F_E = resistência ao fendilhamento (MPa), F_A = resistência a tração paralela às fibras (MPa), MOE = módulo de elasticidade (MPa), LI = teor de lignina insolúvel (%), LS = teor de lignina solúvel (%), LT = teor de lignina total (%)

TABELA 5 Resumo das análises de variância, apresentando os valores do quadrado médio para rachadura de tábuas e as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para onze clones de *Eucalyptus*, aos seis anos de idade

FV	GL	Quadrado médio
Clone	10	78,73030**
Resíduo	22	10,64720
Média (%)	-	9,26
CVe (%)	-	35,5
σ^2_f	-	26,24343
σ^2_e	-	10,64720
ϕ^2_g	-	22,69437
h^2_m	-	86,5

**Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

σ^2_f : variação fenotípica, σ^2_e : variação ambiental, ϕ^2_g : componente quadrático genotípico, h^2_m : coeficiente de determinação genotípica, CV_e: coeficiente de variação experimental

O coeficiente de variação experimental (CV_e) foi de 35,5%, valor mais alto dentre todas as demais características estudadas. Este fato pode ser consequência do tamanho diferenciado das toras e, também, por ter sido utilizado o valor médio, o qual não eleva em função da variação radial que esta característica apresenta. Ou seja, as tábuas mais à periferia tendem a desenvolver menores rachaduras do que as tábuas mais internas ou próximas da medula. Caixeta (2000) encontrou uma variação radial crescente da periferia para a medula de, respectivamente, 4,59%, 15,75% e 29,20% em *Eucalyptus*.

5.1.3 Densidades da madeira

A densidade é uma das propriedades mais estudadas, devido à facilidade de sua determinação, sua importância tecnológica e sua relação com outras características da madeira. A densidade básica média dos clones estudados foi de 0,508 g/cm³ e a densidade seca média foi de 0,594 g/cm³. O clone 10 apresentou a maior média, tanto para densidade básica como para densidade seca, que foi de

0,576 g/cm³ e 0,704 g/cm³, respectivamente. Os valores médios da densidade básica estão de acordo com os encontrados por Cruz (2000), porém, foram inferiores aos obtidos por Silveira (1999), que também trabalhou com clones de *Eucalyptus*.

Pela análise de variância, (Tabela 6), observa-se que, para a densidade básica, o efeito de clone foi altamente significativo e que não houve diferença significativa para o efeito de posição longitudinal (DAP e 3 m). Este mesmo resultado foi encontrado por Moura (2000). Para a densidade seca, tanto o efeito de clone como de posição longitudinal foram altamente significativos, indicando a necessidade da amostragem nas duas posições longitudinais para a sua estimativa. O efeito da interação não foi significativo para as duas características avaliadas.

O coeficiente de variação experimental da densidade básica foi de 4,4% e da densidade seca de 4,5%, valores próximos aos encontrado por Moura (2000) e Xavier (2001). De acordo com a classificação de Gomes (1990), os coeficientes de variação experimental são baixos, indicando a boa precisão da coleta de dados e a eficiência do delineamento utilizado.

Os valores de herdabilidade estimado foram altos, de 95,4% e 95,6% para a densidade básica e densidade seca, respectivamente. Esses valores são semelhantes aos encontrados por Xavier (2001), Moura (2000) e Silveira (1999), estudando clones de *Eucalyptus*. Pelos altos valores de herdabilidade, verifica-se o alto controle genético dessas características, o que possibilita o melhoramento via seleção.

5.1.4 Desvio da grã

Harris (1998) conceitua desvio de grã (ou grã espiralada) como sendo o desvio das fibras da madeira em relação à direção paralela ao eixo do caule.

Pela Tabela 4, verifica-se que os maiores valores de desvio da grã ocorreram nos clone 1 e 10, sendo a média de 4,1° e 4,0°, respectivamente. O menor desvio da grã ocorreu no clone 6, com 1,8°. Esses valores foram superiores aos encontrados por Lima et al. (2001), estudando clones de eucalipto aos 8 anos de idade.

Pela análise de variância verificou-se que houve diferença significativa para o efeito de clone, como mostra a Tabela 6. O mesmo foi encontrado por Lima et al. (2001). Para o efeito da posição longitudinal também houve diferença significativa, indicando a necessidade de amostragem nas duas posições (DAP e 3 m) para a sua estimativa.

Essa característica apresentou coeficiente de herdabilidade de 73,4%, demonstrando alto controle genético, permitindo a sua manipulação para o melhoramento. Lima (1999), trabalhando com 26 clones de eucaliptos plantados em quatro locais diferentes (três locais no Espírito Santos e um no sul da Bahia), encontrou uma herdabilidade no sentido amplo de 36,3%. Ainda segundo o mesmo autor, esse valor é comparativamente baixo quando comparado com outras propriedades da madeira e parece que, no sentido radial do tronco, tende a aumentar da medula para a casca.

5.1.5 Retratabilidade da madeira

É fato conhecido que a madeira se movimenta ou trabalha, isto é, retrai ou incha, de acordo com a umidade relativa ambiental (Galvão & Jankowsky, 1985). A variação dimensional da madeira é uma característica que pode limitá-la e até mesmo desqualificá-la para algumas utilizações, causando, em alguns casos, a substituição por outros materiais (Moura, 2000).

Os resultados da análise de variância das características da variação dimensional da madeira (contração volumétrica, tangencial e radial e o

coeficiente de anisotropia), estão apresentados na Tabela 6, bem como as estimativas de seus parâmetros genéticos e fenotípicos.

O clone 10 foi o que apresentou o maior valor médio para a contração volumétrica total, contração radial e contração tangencial, as quais foram de 18,0%, 6,3% e 11,8%, respectivamente. O clone 2 foi o que apresentou a menor média para essas três características, sendo de 12,8%, 3,8% e 8,2%, indicando que este clone apresenta potencial para uso como sólido de madeira, diferente do clone 10. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Moura (2000) com *Eucalyptus*.

O coeficiente de anisotropia médio (CA) foi maior para o clone 7, que foi de 2,4, enquanto que os clones 5 e 8 apresentaram os menores valores médios, de 1,6. A média do coeficiente de anisotropia dos clones avaliados foi 1,87, estando próxima à obtida por Xavier (2001), que foi de 1,81 e superior ao determinado por Moura (2000), que foi de 1,74.

Pela análise de variância pode-se verificar que houve diferença significativa para os efeitos de clone e posição longitudinal (DAP e 3 m) para contração volumétrica, contração tangencial e coeficiente de anisotropia. Para contração radial, somente foi significativo o efeito de clone. O efeito da interação clone x posição foi significativo somente para a contração tangencial (Tabela 6). A interação significativa indica que o efeito de clone depende do efeito de posição longitudinal

Observa-se, pela Tabela 6, que os valores dos coeficientes de variação experimental para a contração volumétrica, radial, tangencial e coeficiente de anisotropia foram, respectivamente, de 6,1%, 9,1%, 5,6% e 14,0%. Estes valores estão de acordo aos encontrados por Xavier (2001). De acordo com a classificação de Gomes (1990), estes resultados podem ser considerados baixos, indicando, com isso, a boa precisão da coleta de dados e a eficiência do delineamento utilizado.

O valor médio da resistência a tração paralela às fibras foi de 126 MPa. Os clones 5 e 2 apresentaram o maior e o menor valor médio, sendo de, respectivamente, 160 e 96 MPa. O módulo de elasticidade médio, para o ensaio de tração paralela às fibras, foi de 13.810 MPa, conforme observado na Tabela 4. Estes valores estão de acordo com os obtidos por Xavier (2001) e Moura

5.2 Características mecânicas da madeira

**Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F. σ^2 : variação fenotípica, σ^2_e : variação ambiental, ϕ^2_g : componente quadrático genotípico, h^2_m : coeficiente de determinação genotípica, CV_g: coeficiente de variação experimental.

FV	GL	DRL	GRA	DB	DS	CV	CR	CT	CA
Clone (C)	10	0,0039**	3,46**	0,011**	0,0203**	12,4**	3,1**	6,9**	0,36**
Erro a	22	0,0002	0,92	0,0005	0,0009	0,70	0,4	0,6	0,95
Posição (P)	1	0,0003	12,48**	0,0004	0,0051**	45,2**	0,7	29,1**	0,38**
(PxC)	10	0,0001	0,82	0,0008	0,0012	2,4	0,2	2,3**	0,07
Erro b	22	0,0001	1,77	0,0005	0,0007	0,7	0,2	0,2	0,06
Média	-	0,090 mm	3,0°	508 g.cm ³	594 g.cm ³	14,2%	5,0%	9,0%	1,7
Cvea	-	15,7	32,0	4,4	5,1	5,9	12,6	8,8	18,1
Cveb	-	11,1	44,3	4,4	4,5	6,1	9,1	5,6	14,0
σ^2	-	0,0006	0,58	0,0018	0,0034	20,7	0,5	1,1	0,59
σ^2_e	-	0,0002	0,92	0,0005	0,0001	0,7	0,4	0,6	0,09
ϕ^2_g	-	0,0006	0,42	0,0017	0,003	1,9	0,4	1,0	0,04
h^2_m	-	94,6	73,4	95,4	95,6	94,3	87,3	90,9	73,3

TABELA 6 Resumo das análises de variância, apresentando os valores dos quadrados médios para deformação residual longitudinal (DRL), ângulo da grã (GRA), densidade básica (DB), densidade seca (DS), contração volumétrica (CV), radial (CR) e tangencial (CT), coeficiente de anisotropia (CA) e as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para 11 clones de *Eucalyptus*, aos seis anos de idade

A herdabilidade estimada foi de 94,3%, 87,3%, 90,9% e 73,3% para a contração volumétrica, contração radial, contração tangencial e coeficiente de anisotropia, respectivamente. Esses valores estão de acordo aos encontrados por Xavier (2001), Moura (2000) e Silveira (1999). Estas características apresentaram alto controle genético, o que possibilita o melhoramento por meio da seleção.

(2000). Segundo Lima (1999), estes clones podem ser classificados como sendo de média resistência.

A resistência ao fendilhamento apresentou valor médio de 0,575 MPa. Os clones 1 e 2 foram os que apresentaram o maior e o menor valor médio, de 0,613 e 0,468 MPa, respectivamente, conforme se observado na Tabela 4. Esses valores estão em conformidade aos encontrados por Mainieri (1978), em madeiras nativas de densidades básicas médias semelhantes a dos clones avaliados.

Os coeficientes de variação experimental para resistência à tração paralela às fibras, módulo de elasticidade e resistência ao fendilhamento, foram de 15,5%, 16,6% e 10,8%, respectivamente (Tabela 7). Esses valores são considerados baixos, indicando a boa coleta dos dados e a eficiência do delineamento estatístico utilizado.

Pela análise de variância, (Tabela 7), verificou-se que houve diferença significativa para o efeito de clones para as três propriedades mecânicas estudadas. Isso indica a existência de grande variabilidade entre os materiais avaliados, o que possibilita obter ganho genético com a seleção. Os efeitos de posição longitudinal (DAP e 3 m) e da interação clone x posição foram não significativos.

Pela Tabela 7, verifica-se que os valores estimados de herdabilidade para a resistência ao fendilhamento, tração paralela às fibras e módulo de elasticidade foram de 83,1%, 91,2% e 83,0%, respectivamente. O valores de herdabilidade para a resistência a tração paralela às fibras e o módulo de elasticidade estão de acordo com os encontrados por Xavier (2001) e Moura (2000). Estas características apresentaram alto controle genético, o que possibilita o melhoramento por meio da seleção, devendo ser consideradas nos programas de melhoramento genético visando uso estrutural.

TABELA 7 Resumo das análises de variância, apresentando os valores dos quadrados médios para resistência ao fendilhamento, resistência à tração paralela as fibras e módulo de elasticidade à tração paralela as fibras (MOE) e as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para onze clones de *Eucalyptus*, aos seis anos de idade

FV	GL	Quadrado médio		
		Fendilhamento.	Tração	MOE
Clone (C)	10	0,0237**	3141,0314**	2,6E+07**
Erro a	22	0,004	276,7425	4,4E+06
Posição (P)	1	0,0017	20,0311	7,3E+04
(Px C)	10	0,0061	589,8346	8,3E+06
Erro b	22	0,0032	383,6438	5,2E+06
Média (MPa)	-	0,526	126	1,4E+04
Cvea	-	12,0	13,2	15,1
CVeb	-	10,8	15,5	16,6
σ^2_f	-	0,00395	523,50523	4.384.166,666
σ^2_e	-	0,00400	276,74250	4.367.736,803
ϕ_g	-	0,00328	477,38148	3.656.210,533
h^2_m (%)	-	83,1	91,2	83,0

**Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

σ^2_f : variação fenotípica, σ^2_e : variação ambiental, ϕ_g^2 : componente quadrático genotípico, h^2_m : coeficiente de determinação genotípica, CV_e: coeficiente de variação experimental.

5.3 Características químicas

Na Tabela 4 estão os valores médios das características lignina insolúvel, lignina solúvel e lignina total dos clones estudados. Os valores médios estão em conformidade com a literatura usual. O clone 4 foi o que apresentou o maior valor médio para lignina insolúvel (29,6%) e o clone 9 foi o que apresentou o menor valor (23,2%). A lignina solúvel apresentou valor médio de 2,3%, com amplitude de variando de 2,0% a 2,6%. A lignina total apresentou valores médios variando de 25,4% a 31,7%, com uma média de 28,4%. Essa média foi um pouco superior à encontrada por Trugilho et al. (1996), para *Eucalyptus saligna* de idades diferentes; porém, este valor está dentro do que normalmente é relatado na literatura para a madeira de *Eucalyptus*.

Os coeficientes de variação experimental da lignina insolúvel, lignina

solúvel e lignina total foram de 7,8%, 8,9% e 7,3%, respectivamente (Tabela 8). Esses valores são considerados baixos, o que indica a boa coleta de dados e a alta eficiência do delineamento estatístico utilizado.

TABELA 8 Resumo das análises de variância, apresentando os valores dos quadrados médios para lignina insolúvel (LI), lignina solúvel (LS) e lignina total (LT) e as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para 11 clones de *Eucalyptus*, aos seis anos de idade

FV	GL	Quadrado médio		
		LI	LS	LT
Clone (C)	10	20,5841**	0,1423**	20,1365**
Erro a	22	2,7911	0,0559	3,105
Posição (P)	1	0,6014	0,1856**	0,1105
(PxC)	10	1,7797	0,0449	1,6958
Erro b	22	4,0971	0,0423	4,0571
Média (%)	-	26,1	2,3	27,5
Cvea	-	6,4	10,3	6,4
CVeb	-	7,8	8,9	7,3
σ^2_f	-	3,43068	0,02372	3,35608
σ^2_e	-	2,7911	0,05590	3,10500
ϕ_g	-	2,96550	0,01440	2,83858
h^2_m	-	86,4 %	60,7 %	84,6 %

**Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

σ^2_f : variação fenotípica, σ^2_e : variação ambiental, ϕ_g^2 : componente quadrático genotípico, h^2_m : coeficiente de determinação genotípica, CV_e : coeficiente de variação experimental

Os valores de herdabilidade estimada da lignina insolúvel e lignina total foram de 86,4% e 84,6%, respectivamente. A lignina solúvel apresentou um valor de 60,7%, conforme Tabela 8. As características lignina insolúvel e total apresentam alto controle genético, o que possibilita o melhoramento por meio da seleção, devendo ser consideradas nos programas de melhoramento genético visado ao uso como energia ou para produção de celulose. Como a herdabilidade da lignina insolúvel foi maior que a lignina total, isso indica que a seleção pode ser feita com base na lignina insolúvel somente. Isso porque a lignina solúvel apresentou um valor relativamente baixo de herdabilidade. Esse valor baixo de

herdabilidade pode estar relacionado ao procedimento de análise (método), pois a quantidade de lignina solúvel em *Eucalyptus* não é muito variável.

Pela análise de variância, (Tabela 8), observa-se que o efeito de clone foi significativo para as características avaliadas. Para a lignina solúvel, o efeito posição foi significativo, indicando a necessidade de se fazer as avaliações nas duas posições longitudinais (DAP e 3 m), ou seja, o efeito de clone depende da posição longitudinal.

5.4 Correlação entre as DRL e as outras características da madeira

A Tabela 9 apresenta os coeficientes de correlação simples obtidos entre as características avaliadas.

Pode-se observar que a deformação residual longitudinal (DRL) apresentou um significativo coeficiente de correlação simples de 0,68 com o índice de rachamento de tábuas. Este resultado indica que pode-se prever a tendência de rachamento de tábuas fazendo-se, no campo, a avaliação da DRL. O valor do coeficiente de correlação foi relativamente baixo, devido ao efeito de clone, tamanho diferenciado das tábuas e sua variação radial, uma vez que a DRL é obtida na periferia da tora. Caso fossem utilizadas somente as tábuas mais externas para estimar o seu índice de rachamento, o valor da correlação deveria aumentar. Também observou-se que a DRL apresenta correlação positiva e significativa com o ângulo da grã (0,34), densidade básica (0,52) e seca (0,58), contração volumétrica (0,69), radial (0,46) e tangencial (0,71) e resistência ao fendilhamento (0,40). Estes resultados estão de acordo aos encontrados por Nicholson & Hillis (1975) e Fernandes (1982). Lima (2001) também encontrou correlação significativa e positiva entre a DRL e a densidade básica (0,53) da madeira em híbridos naturais de *Eucalyptus*. A DRL não

apresentou correlação com o coeficiente de anisotropia, resistência à tração paralela e módulo de elasticidade, teores de lignina insolúvel, solúvel e total.

O ângulo da grã apresentou correlação significativa e positiva com o índice de rachamento (0,31), contração volumétrica (0,33) e tangencial (0,40) e negativa com o teor de lignina insolúvel e total (-0,43).

O índice de rachamento apresentou correlação significativa e positiva somente com as contrações volumétrica (0,53), tangencial (0,51) e negativa com o teor de lignina insolúvel (-0,29). Pelo fato da correlação entre a contração volumétrica e tangencial ter sido elevada (0,93), pode-se usar qualquer uma dessas variáveis para se predizer a tendência de rachamento em tábuas.

As densidades básica e seca apresentaram correlação significativa e positiva com as contrações volumétrica, radial e tangencial, sendo significativa e negativa com o coeficiente de anisotropia. Este resultado está de acordo com a literatura usual. Entretanto, a correlação foi de maior magnitude entre as densidades e a contração radial. As duas densidades se correlacionam significativamente e positivamente com a resistência ao fendilhamento, resistência à tração paralela às fibras e o módulo de elasticidade, sendo de maior magnitude com o primeiro caso.

As contrações volumétrica, radial e tangencial apresentaram correlação significativa e positiva com a resistência ao fendilhamento, sendo de 0,72, 0,70 e 0,71, respectivamente.

Os teores de lignina insolúvel e total praticamente não apresentaram correlação significativa com as outras características da madeira, exceto para o ângulo da grã e módulo de elasticidade, em que a correlação foi significativa e negativa. O teor de lignina solúvel apresentou correlação significativa e positiva com as densidades básica e seca, contração radial e resistência ao fendilhamento, além da a tração paralela às fibras e o seu módulo de elasticidade. Porém, os valores são de baixa magnitude.

TABELA 9 Valores das correlações simples entre as características avaliadas

	DRL	GRA	IR	DB	DS	CV	CR	CT	CA	F _E	F _A	MOE	LI	LS	LT
DRL	1	0,34*	0,68**	0,52**	0,58**	0,69**	0,46**	0,71**	-0,04ns	0,40**	0,24ns	0,17ns	-0,12ns	0,17ns	-0,11ns
GRA		1	0,31*	0,14ns	0,19ns	0,33*	0,15ns	0,40*	0,16ns	0,23ns	-0,06ns	0,12ns	-0,43**	0,02ns	-0,43**
IR			1	0,15ns	0,24ns	0,53**	0,16ns	0,51**	0,16ns	0,21ns	0,12ns	-0,02ns	-0,29*	0,11ns	-0,28ns
DB				1	0,99**	0,73**	0,87**	0,64**	-0,52**	0,71**	0,43**	0,43**	-0,04ns	0,33*	-0,01ns
DS					1	0,82**	0,89**	0,73**	-0,47**	0,74**	0,42**	0,40*	-0,07ns	0,33*	-0,03ns
CV						1	0,81**	0,93**	-0,18ns	0,72**	0,28ns	0,22ns	-0,18ns	0,24ns	-0,15ns
CR							1	0,70**	-0,59**	0,70**	0,44**	0,42**	-0,20ns	0,32*	-0,17ns
CT								1	0,02ns	0,71**	0,17ns	0,06ns	-0,13ns	0,15ns	-0,12ns
CA									1	-0,20ns	-0,36*	-0,37*	0,02ns	-0,18ns	0,00ns
F _E										1	0,23ns	0,20ns	-0,12ns	0,42**	-0,08ns
F _A											1	0,74**	-0,18ns	0,44*	-0,13ns
MOE												1	-0,43**	0,29*	-0,40*
LI													1	0,00ns	0,99**
LS														1	0,00ns
LT															1

* e ** Significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente e ns não significativo, pelo teste de F.

DRL = deformação residual longitudinal (%), GRA = desvio da grã (graus), IR = índice de rachamento de tábuas (%), DB = densidade básica (g/cm^3), DS = densidade seca (g/cm^3), CV = contração volumétrica (%), CR = contração radial (%), CT = contração tangencial (%), CA = coeficiente de anisotropia (CT/CR), F_E = resistência ao fendilhamento (MPa), F_A = resistência a tração paralela às fibras (MPa), MOE = módulo de elasticidade (MPa), LI = teor de lignina insolúvel (%), LS = teor de lignina solúvel (%), LT = teor de lignina total (%)

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, pôde-se concluir que:

- ✓ para os clones estudados a deformação residual longitudinal (DRL) foi em média de 0,090 mm;
- ✓ para todas as características o efeito de clone foi altamente significativo. O efeito de posição longitudinal (DAP e 3 m) foi significativo para a grã, densidade seca, contração volumétrica e tangencial, coeficiente de anisotropia e teor de lignina solúvel. A interação clone e posição longitudinal foi significativa somente para a contração tangencial;
- ✓ como não houve efeito significativo da posição longitudinal para a DRL, isso indica que a determinação na altura do DAP é suficiente para estimar a DRL média da árvore, o que permite um ganho nas condições e rapidez do processo de coleta de dados;
- ✓ os coeficientes de variação experimental foram baixos para todas as características, exceto para o índice de rachamento de tábuas;
- ✓ os coeficientes de herdabilidade estimados foram elevados para todas as características avaliadas, indicando a existência de um alto controle genético e permitindo o melhoramento pela seleção;
- ✓ existe grande variabilidade entre os materiais genéticos estudados, o que permite obter ganho com a seleção;
- ✓ a correlação entre a DRL e o índice de rachamento foi elevada (0,68), o que permite utilizar esta variável como uma ferramenta confiável para a seleção de genótipos menos propensos ao desenvolvimento de rachaduras em tábuas;
- ✓ a DRL apresentou correlação positiva e significativa com as densidades básica e seca, ângulo da grã, contração volumétrica, radial e tangencial e resistência ao fendilhamento. Não foi observada correlação com os teores de lignina insolúvel, solúvel e total.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Annual book of ASTM standards**. Easton: West Conshohocken, 1997. 679p.

ASSIS, T. F. Estratégias de melhoramento para obtenção de madeira de qualidade para laminação e serraria. In: SEMINÁRIO MADEIRA DE EUCALIPTO: TENDÊNCIAS E USOS, 2001 Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2001. p.01-18.

BOYD, J. D., The growth stresses: III. The origin of growth stresses. **Australian Journal of Scientific Research**. Serie B – Biological Sciences. Melbourne, v.3 p.294 – 309, 1950.

CAIXETA, R. P. **Propriedade da madeira de *Eucalyptus*: classificação e seleção de genótipos utilizando marcador molecular e análise multivariada**. 2000. 89 p. Dissertação (Mestrado em Produção Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CRUZ, C. D. **Programa genes: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 1997. 442 p.

CRUZ, C. R. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus* para utilização na indústria madeireira.**, 2000. 64 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

DINWOODIE, J. M., Growth stresses in timber: a review of literature. **Forestry**, London, v.39, n.2, p.162-270, 1966.

FERNANDES, P. S. **Variações de densidade da madeira e sua relações com as tensões de crescimento em progênies de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake.** 1982. 85p. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

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

GOLDSCHMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K.V. ; LUDWIG, C.H. **Lignins: occurrence, formation, structure and reations**. New York: John Wiley & Sons, 1971. p.241-266.

- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13 ed. Piracicaba: USP, 1990. 466p.
- GOMIDE, J.L. & DEMUNER, B.J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O Papel**, São Paulo, v.47, n.8, p.36-38, 1986.
- HARRIS, J. M. **Spiral grain and wave phenomena in wood formation**. New York: Springer-Verlag,. 1998. 592p.
- JACOBS, M. R. **The fiber tension of wood stens with special reference to the genus *Eucalyptus***. Canberra: Commonwealth Government Printer, 1938. 39 p.
- KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em procedências de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden**. 1980. 125 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba.
- KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forest Products Abstracts**, Oxford, v. 10, n. 3, p. 61 – 119, Mar. 1987.
- LIMA, J.T. **Clonal variation in the solid wood properties of *Eucalyptus*.**, 1999. 276p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira). University of Wales, Bangor.
- LIMA, J. T. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**. Viçosa. 2001 (submitido).
- LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Desvio da grã em madeira de clones de *Eucalyptus*. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba. 2001 (submitido).
- LOPES, G. A. **Qualidade da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga, associada aos padrões de casca apresentados pela população**. Piracicaba. 2000. 74 p. Dissertação (Mestrado) – escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- MAINIERI, C. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. Piracicaba, Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo – IPT – Divisão de madeira. 1978.

MOURA, M. C. de O. Variações em características do crescimento em clones de *Eucalyptus*., 2000. 63 p. Dissertação (Mestrado em Produção Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MUNERI, A.; KNIGHT, J. LEGATE; W.; PALMER, G. Relationships between surface longitudinal growth strain and tree size, wood properties and timber distortion of 4 year old plantation grown *Eucalyptus cloeziana*. In: IUFRO CONFERENCE -THE FUTURE OF EUCALYPTS FOR WOOD PRODUCTS, 2000, Launceston, Austrália. Proceedings... Launceston: IUFRO, 2000. p. 292-300.

NICHOLSON, J. E. A rapid method for estimating longitudinal growth stresses in logs. **Wood Science and Technology**. New York, v.5, p. 40 – 48, 1971.

NICHOLSON, J. E.; HILLS W. E. Some tree growth-wood property relationships of *Eucalyptus*. **Canadian Journal Forest Research**, Melbourne, v.5, p. 424 – 432, 1975.

SCHACHT, L. **Variação de caracteres e suas implicações para o melhoramento genético da madeira serrada em *Eucalyptus urophylla*.** 1998. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba,

SILVEIRA, V. **Comportamento de clones de *Eucalyptus* em diverso ambientes definidos pela qualidade de sítio e espaçamento,** 1999. 124 p. (Dissertação - Produção Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Revista Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p 94-111, 1996.

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

XAVIER, K. G. **Divergência genética em clones de *Eucalyptus* avaliada por marcadores RAPD, e variações nas propriedades da madeira.** 2001. 107 p. Dissertação (Mestrado em Produção Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.