

57599
049275

FRANCIANE ANDRADE DE PÁDUA

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS DAS TENSÕES DE
CRESCIMENTO EM CLONES DE *Eucalyptus*

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

Orientador
Prof. Paulo Fernando Trugilho

BIBLIOTECA CENTRAL - UFLA



57599

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2004

BIBLIOTECA CENTRAL

UFLA
N.º CLAS. 7634.97342
PAD
est
N.º REGISTRO 57599
DATA 15/07/04

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

Pádua, Franciane Andrade de

Estimativas de parâmetros genéticos das tensões de crescimento em clones de *Eucalyptus* / Franciane Andrade de Pádua. -- Lavras : UFLA, 2004.

66 p. : il.

Orientador: Paulo Fernando Trugilho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. *Eucalyptus*. 2. Madeira. 3. Parâmetro genético. 4. Tensão de crescimento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.97342

FRANCIANE ANDRADE DE PÁDUA

**ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS DAS TENSÕES DE
CRESCIMENTO EM CLONES DE *Eucalyptus***


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

APROVADA em 19 de Fevereiro de 2004

Prof. Sebastião Carlos da Silva Rosado DCF / UFLA

Prof. José Tarcísio Lima DCF / UFLA

Prof. Márcio Pereira da Rocha DETF / UFPR


Prof. Paulo Fernando Trugilho
DCF / UFLA
(orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus

Pelas oportunidades

OFEREÇO

Aos meus pais, César e Cida, a quem devo tudo o que sou,

DEDICO

*Aos meus irmãos Flaviana, Emerson, Franciole e Fabrícia, meus
sobrinhos Arthur e Stella e meu grande amor Thiago, pelo incentivo e
confiança,*

MEU CARINHO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras –UFLA, através do Departamento de Ciências Florestais, e ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira pelas oportunidades oferecidas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica – PROCAD/CAPES, pelo apoio financeiro e concessão de bolsa de estudos.

À Companhia Mineira de Metais por todo o suporte necessário à condução deste trabalho, nas pessoas do engenheiro Vicente de Paula Silveira e do técnico Elci dos Reis Ferreira.

Ao Professor Paulo Fernando Trugilho pela orientação e amizade, a quem dedico minha confiança e profunda admiração.

Ao Professor José Tarcísio Lima pela co-orientação, amizade e apoio incondicional em todas as etapas deste trabalho.

Ao Professor Sebastião Carlos da Silva Rosado pelo respeito, amizade e interesse no desenvolvimento do trabalho

Ao Professor da Universidade Federal do Paraná –UFPR, Márcio Pereira da Rocha, pelos ensinamentos, críticas e informações que enriqueceram este trabalho.

Ao Professor Fábio Akira Mori pela co-orientação e grande amizade.

Ao Professor Lourival Marin Mendes pela amizade e por ser um dos grandes incentivadores do meu ingresso no mestrado.

Ao Professor José Reinaldo por seus comentários úteis durante a finalização deste trabalho e acima de tudo pela grande amizade.

Aos grandes amigos que este trabalho me proporcionou, Sérgio, Murilo, Celso, Alexandre, Alisson, Cíntia, Claudinéia, Dani, Débora, Isaias, José Lopes,

Luíz Felipe, Paulo, Poliana, Renato e Rodrigo José, pela amizade, apoio e convivência diária.

Às inseparáveis amigas, Cláudia, Graciane, Soraya, Vanete e Vivian com as quais tive a imensa satisfação de conviver durante o curso.

A amiga e irmã do coração Yustane, pela sólida amizade formada durante o curso que certamente será para a vida toda.

Aos grandes amigos Beto e Clair, pela certeza de sempre poder contar.

Ao grande amigo Juninho, que sempre esteve pronto a ajudar em todos os momentos desta trajetória, minha eterna gratidão.

Aos funcionários do Departamento, Rose, Claret, José Lopes, Hernani, Marluce, Lílian e Marlene, pela cordialidade, meus sinceros agradecimentos.

Aos Professores do Departamento de Ciências Florestais pelos conhecimentos transmitidos e pelo apoio durante o curso.

Aos meus pais e irmãos pela compreensão, ajuda e amor incondicional.

À minha irmã Flaviana e ao meu cunhado José Augusto pela colaboração e incentivo durante todo o curso.

Aos meus sobrinhos Athur e Stella pelos momentos agradáveis nas horas difíceis.

Ao Thiago pelo amor companheirismo e dedicação.

A todos os pesquisadores citados nesta dissertação pela imensa contribuição na temática.

Às demais pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para que esta vitória fosse possível, minha gratidão.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1.....	01
1 Introdução Geral.....	01
2 Referencial Teórico.....	03
2.1 Tensões de crescimento.....	03
2.2 Impacto das tensões de crescimento sobre a madeira.....	06
2.3 Minimização do impacto das tensões de crescimento sobre a madeira.....	07
2.4 Medição indireta das tensões de crescimento por meio das deformações residuais longitudinais.....	08
2.5 Melhoramento genético e qualidade da madeira de <i>Eucalyptus</i>	10
2.6 Seleção precoce em <i>Eucalyptus</i>	12
2.7 Tensões de crescimento e suas relações com as características de crescimento da árvore.....	13
3 Referências Bibliográficas.....	15
CAPÍTULO 2: Tensões de crescimento na madeira em testes clonais de <i>Eucalyptus</i> em diferentes idades.....	21
1 Resumo.....	21
2 Abstract.....	22
3 Introdução.....	23
4 Material e Métodos.....	24
4.1 Material biológico.....	24
4.2 Local de experimentação.....	24
4.3 Amostragem.....	25
4.4 Análise estatística dos dados.....	27
4.4.1 Variação da DRL entre as áreas de teste clonal avaliadas.....	28
4.4.2 Estimativa de parâmetros genéticos.....	28
5 Resultados e Discussão.....	30
5.1 Análise de variância e estimativa de parâmetros genéticos.....	30
5.2 Classificação dos clones em função dos níveis de DRL.....	35
5.3 Efeito da idade nos níveis de DRL.....	37
6 Conclusões.....	38
7 Referências Bibliográficas.....	39
CAPÍTULO 3: Correlação idade-idade para as tensões de crescimento em clones de <i>Eucalyptus</i>.....	41
1 Resumo.....	41
2 Abstract.....	42
3 Introdução.....	43

4 Material e Métodos.....	44
4.1 Material biológico.....	44
4.2 Local de experimentação.....	44
4.3 Amostragem.....	45
4.4 Análise estatística dos dados.....	45
4.5 Estimativa de parâmetros genéticos e ganhos.....	45
5 Resultados e Discussão.....	47
6 Conclusões.....	51
7 Referências Bibliográficas.....	52
CAPÍTULO 4: Características de crescimento relacionadas às tensões de crescimento em clones de <i>Eucalyptus</i>.....	54
1 Resumo.....	54
2 Abstract.....	55
3 Introdução.....	56
4 Material e Métodos.....	57
4.1 Material biológico.....	57
4.2 Local de experimentação.....	57
4.3 Amostragem.....	57
4.3.1 Medição da DRL.....	57
4.3.2 Medição das características de crescimento.....	58
4.4 Análise estatística dos dados.....	58
5 Resultados e Discussão.....	59
5.1 Relação funcional entre a DRL e as características de crescimento para os dados individuais.....	59
5.2 Relação funcional entre a DRL e as características de crescimento agrupadas por classes.....	62
6 Conclusões.....	65
7 Referências Bibliográficas.....	66

RESUMO GERAL

PÁDUA, F. A. de. **Estimativa de parâmetros genéticos das tensões de crescimento em clones de *Eucalyptus*.**, 2004. 66 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras¹

As tensões de crescimento são as principais responsáveis pelos baixos rendimentos no processamento do *Eucalyptus*. Portanto o estudo desta característica é de grande importância para o sucesso da utilização do *Eucalyptus* como madeira serrada. Neste contexto, os objetivos deste trabalho foram: a) avaliar a magnitude tensões de crescimento medidas indiretamente pela deformação residual longitudinal (DRL); b) selecionar materiais menos propensos ao desenvolvimento dessas tensões; c) estimar os parâmetros genéticos; d) avaliar as relações existentes entre as tensões e as características de crescimento da árvore e; e) avaliar a viabilidade de seleção precoce para a redução das tensões de crescimento na madeira de clones de *Eucalyptus*. Para isso foram utilizados clones de *Eucalyptus* cultivados em três áreas de teste clonal instaladas no noroeste do estado de Minas Gerais. Para a determinação indireta das tensões de crescimento foi utilizado um extensômetro. Os resultados indicaram diferenças estatísticas entre os clones. A DRL média da população de clones avaliada foi de 0,076 mm. As áreas de teste clonal avaliadas apresentaram DRLs médias de 0,074 mm (área 3), 0,083 mm (área 2) e 0,069 mm (área 3). Os materiais que apresentaram as menores DRLs dentro de cada área de teste clonal foram selecionados. Os coeficientes de herdabilidade foram altos para os testes clonais avaliados e para as diferentes idades. O ganho correlacionado obtido com a seleção na idade precoce foi inferior ao obtido com a seleção direta na idade de corte. A relação entre DRL e as características de crescimento diâmetro a 1,30 m do solo e altura total da árvore (HT) foi significativa para poucos clones, indicando que, no geral, não houve relação. Entretanto, quando os clones foram agrupados por classes de DAP e HT, a relação passou a ser significativa e negativa com o centro da classe. Com base nos resultados apresentados, pode-se concluir que os materiais apresentaram potencial para utilização em programas de melhoramento genético; a seleção precoce não foi uma estratégia vantajosa e o agrupamento dos clones por classes de DAP e HT favoreceu o estabelecimento de relação funcional com o centro de classe.

¹Comitê Orientador: Paulo Fernando Trugilho - UFLA (Orientador), José Tarcísio Lima - UFLA (Co-orientador), Fábio Akira Mori - UFLA (co-orientador).

GENERAL ABSTRACT

PÁDUA, F. A. de. **Estimates of genetics parameters of growth stresses in *Eucalyptus* clones**, 2004. 66 p. Dissertation (Master in Forest Engineering) – Universidade Federal de Lavras, Lavras¹

The growth stresses are the main the responsible for the low conversion in the processing of the *Eucalyptus*. Therefore, the study of this characteristic is very important for the success of the use of the *Eucalyptus* as sawn timber. In this context, the objectives of this work were a) to evaluate the magnitude of growth stresses measured by the longitudinal residual strain (DRL); b) to select the best clones at each clonal test; c) to estimate the genetic parameters; d) to evaluate the relationship between the DRL and the characteristics of growth of tree and; e) to evaluate the viability of early selection for the reduction of growth stresses in wood of *Eucalyptus* clones. In this work were used *Eucalyptus* clones cultivated in areas of clonal tests from the Northwest of Minas Gerais State, Brazil. For the indirect determination of the growth stresses a strain gauge was used. The results indicated statistical differences between clones. The average DRL of the population of clones was 0,076 mm. The evaluated areas of clonal test presented average DRLs equal to 0,074 mm (area 3), 0,083 mm (area 2) and 0,069 mm (area 1). The materials that presented the low DRLs in each area of clonal test were selected. The heritability was high for the evaluated clonal tests and different ages. The correlated gains obtained with selection of the superior clones were smaller than those obtained at the age of cut. Therefore the early selection for this case does not represent an advantageous strategy. The relationship between DRL and the characteristics of growth (diameter at 1,30 m-DBH and total height - HT) was significant for a few clones. However when clones were grouped by classes of DBH and HT the relationship started to be significant and negative with the center of the classes. For the presented results it can be concluded that the materials presented potential for use in programs of genetic improvement; the early selection was not an advantageous strategy and the grouping of clones of DBH and HT for classes favored the functional relationship with classe center of the respective class.

¹Advising Committee: Paulo Fernando Trugilho - UFLA (Adviser), José Tarcísio Lima - UFLA (Co-adviser), Fábio Akira Mori - UFLA (Co-adviser)

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

As árvores do gênero *Eucalyptus* pertencem à família Myrtaceae, sendo conhecidas aproximadamente 700 espécies, diversas variedades, híbridos naturais e artificiais. Abrangem cerca de 95% da área florestal natural da Austrália e Tasmânia (Mangieri e Dimitri, 1971).

A introdução do gênero *Eucalyptus* no Brasil data do início do século XIX sendo que até o princípio do século XX, foi plantado como árvore decorativa, como quebra-vento ou por suas supostas propriedades sanitárias. A expansão e difusão do gênero começou com o engenheiro Edmundo Navarro de Andrade, na então Companhia Paulista de Estradas de Ferro, em 1903. Desde então o gênero tem sido plantado como alternativa para o suprimento de madeira, principalmente como combustível e para o abastecimento das indústrias de papel e celulose.

A madeira de eucalipto atende, com qualidade, os setores de produção de polpa celulósica, chapas de fibra, carvão vegetal e lenha. Além desses usos mais tradicionais, o gênero vem se destacando como importante matéria-prima para a utilização como produto de maior valor agregado na indústria moveleira e de construção civil. Este grande potencial apresentado pelo eucalipto para múltiplos produtos é devido a sua diversidade de espécies, à alta capacidade de geração de clones e híbridos e às suas inúmeras possibilidades de utilização. A diversidade de espécies, aliada à variabilidade das propriedades da madeira permitem a introdução do gênero em programas de melhoramento genético, de condução da floresta e de manejo visando à produção de povoamentos homogêneos e altamente produtivos. As características favoráveis do eucalipto, juntamente com

a utilização de tecnologias adequadas de processamento, tornam possível a redução de importantes defeitos da madeira, tais como as rachaduras de topo e empenamentos em toras e tábuas. Estes defeitos são provocados, em grande parte, pelas tensões de crescimento, que se destacam como uma característica que contribui de forma negativa para a produção de madeira com dimensões e qualidade apropriadas ao desdobro e laminação.

O efeito das tensões de crescimento pode ser observado nas toras após o abate das árvores e principalmente nas tábuas, durante as operações de desdobro em serraria. O resultado dessas tensões reflete-se na diminuição do rendimento em madeira serrada e até mesmo, em certos casos, pode provocar a inutilização do material pela indústria de transformação.

Dessa forma, devido à sua importância, a redução e a melhor distribuição das tensões de crescimento na madeira podem constituir o principal objetivo a ser alcançado, pois afetam diretamente o desempenho e o resultado das mais diversas operações industriais.

Plantios com árvores de eucalipto com menores valores e melhor distribuição das tensões de crescimento garantirão o fornecimento de indivíduos de elevado potencial, os quais serão responsáveis pelo abastecimento da indústria madeireira.

Assim sendo, um programa de implantação de maciços florestais com *Eucalyptus* para atender o mercado de madeira serrada seria baseado, principalmente, em fundamentos técnicos que envolvam pesquisas dos níveis de tensões de crescimento, de fatores ambientais que possam afetar o comportamento do material em relação aos níveis de tensões e das condições e técnicas de medição.

Neste contexto, a determinação das tensões de crescimento em árvores vivas pode se tornar uma ferramenta simples, rápida e precisa na obtenção dos níveis dessas tensões. Além disso, esses métodos são considerados como não

destrutivos, pois compreendem a avaliação dessa característica do material sem que haja o comprometimento de seu uso futuro.

Considerando que as tensões de crescimento afetam de forma negativa o processamento da madeira de eucalipto, este trabalho teve como objetivos i) avaliar a magnitude tensões de crescimento medidas indiretamente pela deformação residual longitudinal; ii) estimar os parâmetros genéticos; iii) selecionar materiais menos propensos ao desenvolvimento dessas tensões; iv) avaliar a viabilidade de seleção precoce de materiais superiores para a redução das tensões de crescimento e; v) avaliar as relações existentes entre as tensões e as características de crescimento da árvore na madeira de clones de *Eucalyptus*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tensões de crescimento

Um dos principais defeitos que limitam a utilização do gênero *Eucalyptus* para a produção de madeira serrada são as rachaduras e os empenamentos causados em grande parte pelas tensões internas de crescimento, as quais são liberadas por ocasião do abate da árvore. Lisboa (1993) salienta que as tensões de crescimento devem ser diferenciadas de outras tensões adicionais que possam se desenvolver no interior da madeira, como forças gravitacionais ocorridas antes da derrubada da árvore a exemplo da ação do seu próprio peso. Também não devem ser confundidas com as forças de tensões de seiva, decorrentes de variações diárias ou sazonais, com as tensões de secagem ou ainda com forças criadas pelo efeito do abate da árvore. Ainda segundo o mesmo

autor, as tensões de crescimento não incluem qualquer tipo de tensão de origem externa.

As tensões de crescimento são definidas, de acordo com a Sociedade Americana de Floresta, como tensões encontradas nos troncos lenhosos verdes, e são um tipo de mecanismo apresentado pelas folhosas arbóreas para que permaneçam eretas (Rech e Silva, 2001a).

As tensões de crescimento têm grande importância para a sobrevivência da árvore por contrabalançar inevitáveis pontos de fraqueza em sua estrutura (Mattheck e Kubler, 1995). Ainda com relação à sua importância, Kubler (1987) afirma que as tensões de crescimento atuam na prevenção da ocorrência de rupturas mecânicas e, através do aumento da resistência dos troncos à flexão, introduzem reforço contra a ação de forças externas, como as induzidas pela ação do vento. O autor salienta ainda que devido à sua natureza dinâmica, as tensões de crescimento desempenham importantes funções na reorientação das copas, troncos e galhos, a exemplo das madeiras de reação, consideradas como um caso especial ou extremo de tensões.

Por ocasião da derrubada da árvore, ou mesmo do traçamento imediatamente após o abate das toras, as tensões de crescimento são liberadas em virtude da alteração provocada no seu estado de equilíbrio, resultando em danos nas peças que, em muitos casos, são irreparáveis, como as rachaduras e empenamentos.

A escolha de materiais genéticos com menor grau de tensão de crescimento e a utilização de técnicas adequadas de corte e beneficiamento da madeira podem reduzir os problemas de rachaduras e empenos diversos (Muñiz, 2002).

As tensões de crescimento têm sua origem na camada cambial, na fase de lignificação destas células. Segundo Hillis e Brown (1978), ao ser depositada a lignina nas paredes transversais das células, estas se expandem, provocando

uma retração no sentido axial. As células vizinhas, já com uma maior rigidez, restringem a diminuição do comprimento celular, gerando tensões de tração longitudinal, as quais vão se formando sucessivamente nas camadas de células recém formadas. Além disso, ao aumentar seu diâmetro, a árvore impõe uma alta tensão de compressão no centro do tronco, a qual se espalha por toda sua seção à medida que a árvore cresce. Tais tensões possuem magnitude variada, podendo ser de tração ou compressão em função da localização dentro do xilema e de sua direção de atuação: longitudinal, tangencial e radial (Chafe, 1979). Contudo, Kubler (1987) ressalta que as tensões no sentido longitudinal do tronco são as principais responsáveis pelos empenamentos em função das dimensões da peça de madeira serrada. São estas tensões também responsáveis pelo aparecimento de cerne quebradiço próximo à medula.

As deformações de crescimento são provocadas por uma tensão de tração longitudinal nas camadas externas do tronco, com intensidade crescente na direção de periferia, e uma tensão longitudinal de compressão na parte central do tronco, que se intensifica na direção da medula (Jacobs 1938). Essas tensões existem na árvore como forma de lhe oferecer estabilidade, da mesma forma como uma antena é pressionada pelos cabos laterais que lhe dão apoio (Wan Wyk 1978).

Embora os eucaliptos desenvolvam, em geral, elevados níveis de tensões de crescimento, particularmente o *Eucalyptus grandis* (Malan 1984) e algumas outras espécies do gênero, como, por exemplo, o *Eucalyptus muellerana*, apresentam fracos indícios destas tensões (Haslett, 1988).

Podem ocorrer grandes variações nas intensidades das tensões de crescimento ao longo da circunferência da árvore (Gueneau e Saurat, 1976; Nicholson, 1973 e Nicholson et al. 1975), o que tem sido explicado pela inclinação do fuste (Nicholson, 1973), pela variação do ângulo da grã na madeira (Archer, 1979), pelos fatores relacionados à presença de madeira de

reação (Walker,1993 e Jourez, 1997) ou mesmo pela tortuosidade do fuste (Dinwoodie, 1966), especialmente quando a curvatura ocorre em dois planos perpendiculares, citados por Schacht et al. (1998).

A variação na intensidade dessas tensões ao longo da altura do fuste tem sido controvertida (Schacht et al.,1998). Pode ser crescente até uma altura de cerca de 7m (Yao, 1979 e Chafe, 1981), com posterior declínio até os 11 m (Yao, 1979); decrescente até os 11 ou 12 m (Skolmen, 1974 e Purnell, 1988) e estritamente crescente ou uniforme, conforme citações de Kubler (1987).

As causas dos elevados níveis de tensões de crescimento ainda não são bem entendidas, embora existam evidências fortes de que estejam ligadas ao genótipo, idade, tamanho da tora, taxa de crescimento e inclinação dos troncos (Rech e Silva, 2001b). Boyd (1980), em sua tentativa de explicar as teorias propostas a respeito das tensões de crescimento na madeira, concluiu que a única teoria capaz de explicar as tensões foi com relação ao ângulo de inclinação da microfibrilas da camada S₂. Pode-se afirmar que quanto menor o ângulo microfibrilar, maiores as tensões internas de crescimento (Archer, 1987).

A tensões de crescimento estão presentes em troncos de muitas árvores, porém seu impacto é bem maior em folhosas do que em coníferas e, por isso são caracterizadas como fenômeno de folhosas (Latorraca e Albuquerque, 2000).

2.2 Impacto das tensões de crescimento sobre a madeira

As tensões de crescimento causam, na madeira, defeitos como rachaduras de topo de toras e tábuas, rachaduras internas, que ocorrem no momento da liberação das tensões, aparecimento de fendas e empenamento das peças durante o processo de desdobro, além do cerne quebradiço.

Esses defeitos, causados pelas tensões de crescimento, são mais drásticos em madeira de baixa densidade, característica de árvores mais jovens (Latorraca e Albuquerque, 2000).

No curto prazo não existe uma maneira prática de eliminar totalmente os efeitos negativos causados pelas tensões de crescimento. A solução é tentar minimizar os seus impactos através da adoção de certos procedimentos, desde o abate da árvore até o desdobro das toras (Rech e Silva, 2001b).

Os defeitos causados pelas tensões de crescimento limitam o aproveitamento da madeira, diminuindo o rendimento em madeira serrada e laminada em função da redução das dimensões das peças, o que reflete de forma negativa no seu valor final de mercado. Segundo Scanavaca Júnior e Garcia (2003), as perdas no rendimento em madeira serrada pelas tensões de crescimento são da ordem de 50%.

2.3 Minimização do impacto das tensões de crescimento sobre a madeira

Os efeitos das tensões de crescimento na madeira processada podem ser minimizados de várias formas. O melhoramento genético florestal pode fornecer uma solução biológica para os problemas relacionados aos altos níveis de tensões, uma vez que esse fenômeno é geneticamente herdável, o que possibilita a sua redução pela seleção (Malan, 1995; Schacht et al., 1998). Da mesma forma, tratamentos silviculturais como o desbaste, conforme relatado por Marsh e Burgers (1967), podem também reduzir os impactos das tensões de crescimento ao manterem uma taxa de crescimento constante e condições de crescimento estáveis.

O ideal para a neutralização das tensões internas de crescimento seria a utilização de técnicas aplicadas às árvores em pé, para reduzir as rachaduras que ocorrem por ocasião da derrubada da árvore e sua transformação em toras, e

também prevenir a existência de falhas internas de compressão e as microfendas, conhecidas como madeira quebradiça (Aguiar, 1986).

A adoção de algumas técnicas de desdobro também podem reduzir de maneira significativa os efeitos causados pelas tensões de crescimento. Segundo Freitas e Ponce (1979), para que tais defeitos sejam minimizados, pode-se recomendar:

- ✓ desdobrar as toras o mais breve possível após o abate da árvore (*hot logging*). As rachaduras que se desenvolvem nos topos das toras tendem a aumentar com o passar do tempo;

- ✓ utilizar de preferência cortes simétricos que liberem as tensões de maneira equilibrada, sem causar encurvamento acentuado da peças. No caso de serras de fita, pode-se conseguir efeito semelhante girando-se a tora a cada corte;

- ✓ processar o desdobro de forma a se obter cortes tangenciais em vez de radiais. Dessa forma, a curvatura das peças poderá ser corrigida com pequeno esforço mecânico, desde que sua espessura seja suficientemente pequena.

2.4 Medição indireta das tensões de crescimento por meio das deformações residuais longitudinais

As tensões de crescimento são determinadas a partir da medição da alteração nos comprimentos de peças de madeira, após a liberação de suas junções a outros elementos vizinhos, dentro de um 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.

Trugilho et al. (2002) ressaltam que métodos ou ensaios não destrutivos vêm constituindo importantes ferramentas de avaliação das propriedades da madeira, técnicas que visam qualificar as propriedades do material sem que ocorra comprometimento do seu uso. Os autores utilizaram o método não destrutível e indireto, por meio da deformação residual longitudinal, mensurada por um extensômetro (medidor de deformações causadas pelo crescimento), o qual é uma ferramenta muito útil na avaliação dessa característica da madeira.

Esse método é relativamente simples, de execução rápida, somente destrutivo localmente e pode ser aplicado na própria árvore (Archer 1986). Pelo método é possível examinar detalhadamente as tensões circunferenciais ao longo do comprimento de toras e árvores, permitindo a comparação entre indivíduos e o acompanhamento de alterações que possam ocorrer em tratamentos que visem a redução das tensões, além de permitir a seleção de genótipos com fins de estudos genéticos para utilização em experimentos de propagação vegetativa. A perfuração dos orifícios fornece uma estimativa da total liberação das deformações próximas a eles cerca de 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.

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. Entretanto, as deformações estão intimamente relacionadas com as tensões periféricas de crescimento, sendo um relevante indicativo sobre o nível de tensão na árvore.

Existem vários métodos para determinar os níveis de tensões de crescimento na madeira. Os métodos podem servir para analisar os níveis de tensão de crescimento residual em toras ou diretamente na árvore em pé.

Devido à grande dificuldade de medir as tensões de crescimento diretamente na árvore, essa é medida pela deformação residual longitudinal (DRL) (Souza, 2002). Uma vez determinada a deformação de uma peça em relação ao seu comprimento (deformação unitária), 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 pelo valor médio deste módulo, determinado em laboratório para a espécie em questão para se obter o valor da tensão de crescimento (Lisboa, 1993).

2.5 Melhoramento genético e qualidade da madeira de *Eucalyptus*

A qualidade da madeira é entendida como a adequação da matéria-prima para determinado uso ou conjunto de usos (Mora et al., 1983).

No Brasil, durante anos, os programas de melhoramento genético do gênero *Eucalyptus* visaram a seleção de genótipos superiores para atender as necessidades de matéria-prima para a indústria de papel e celulose, para a produção de carvão e lenha. A seleção de árvores foi inicialmente baseada nos valores das características de crescimento, preocupando-se basicamente com a produção volumétrica (Trugilho, 1995). Posteriormente, algumas características intrínsecas da madeira passaram a ser incorporadas, tendo em vista a preocupação com a qualidade da matéria-prima e do produto a ser obtido. Nesse aspecto, a indústria de produção de polpa celulósica foi quem consolidou investimentos e pesquisas para alcançar a qualidade da matéria-prima. Hoje, outros segmentos da indústria de base florestal começam a se preocupar com a questão da qualidade da matéria-prima para atender o seu produto. É o que vem ocorrendo para o abastecimento das indústrias moveleira e de construção civil com madeira oriunda de reflorestamentos especialmente de *Pinus* e *Eucalyptus*.

Apesar da grande demanda de madeira serrada para a construção civil, móveis ou outros produtos de maior valor agregado, até agora os *Eucalyptus*, que são as maiores reservas acessíveis e exploráveis, têm sido muito pouco utilizados com estes fins (Rozas Mellado, 1993).

Para a obtenção de madeira de alta qualidade para a aplicação na indústria de móveis, marcenaria e construção civil, é necessário considerar a escolha adequada das espécies, um manejo diferenciado daquele tradicionalmente utilizado para atender as finalidades de celulose e papel, chapas e energia e uma adequação das tecnologias utilizadas para o processamento da madeira de *Eucalyptus* (Kikuti, 1995).

De acordo com Muñiz (2002), um aspecto a ser considerado para a utilização do *Eucalyptus* como madeira serrada é a existência das tensões internas de crescimento que obrigam o uso de técnicas apropriadas de desdobro, principalmente em árvores com mais de 13 ou 14 anos de idade.

Além disso, uma outra estratégia para minimizar os efeitos das tensões de crescimento na madeira de *Eucalyptus*, e conseqüentemente alcançar o sucesso na sua utilização, é a condução de um programa de melhoramento florestal visando à seleção de materiais superiores em relação aos níveis de tensão na madeira.

São de fundamental importância, em qualquer programa de melhoramento, as estimativas de componentes da variabilidade existentes na população, pois permitem conhecer o controle genético do caráter e o potencial da população para seleção (Ramalho et al. 2000).

Além disso, é de grande importância ainda, para o melhoramento genético visando madeira de qualidade, conhecer as correlações entre as características a serem melhoradas e as demais características da árvore (Shimoyama e Barrichelo, 1989) para que se consiga o maior número de atributos favoráveis concentrados no indivíduo.

Porém, as variações verificadas nos diferentes materiais genéticos ocorrem de forma diferenciada, fazendo com que dificilmente se consiga encontrar grupos de árvores ou indivíduos dotados de um número elevado de características desejadas, as quais sejam, também, favoravelmente correlacionadas. Este deve ser o grande desafio dos programas de melhoramento do gênero *Eucalyptus*, voltados à produção de madeira para a obtenção de produtos sólidos (Sanches Acosta, 1995, 1998; Malan, 1995; Schacht et al. 1998 e Assis, 1999).

2.6 Seleção precoce em *Eucalyptus*

Um dos maiores problemas enfrentados pelos melhoristas florestais é a idade de rotação para se completar um ciclo de seleção. Em função do uso final da madeira, esse ciclo pode ser superior a 15 anos para utilização do material como produto sólido, por exemplo. Devem ser utilizadas, então, alternativas que visem diminuir o tempo necessário para completar um ciclo de seleção, ou seja, promover a seleção na idade mais juvenil possível (Pereira et al., 1997).

Nesse contexto, o estudo da influência da idade da árvore nos níveis de tensões de crescimento é necessário com o objetivo de seleção precoce ou juvenil de materiais superiores para se obter madeira de qualidade no futuro.

No entanto, para se obter madeira de qualidade é necessário que a mesma esteja em idade de corte apropriada, o que implica em maior necessidade de tempo para incorporação destas características em plantios comerciais (Alencar et al., 2002).

A redução da idade da madeira destinada à avaliação de características tecnológicas, ou seja, a seleção precoce, representa uma economia de tempo e custo em programas de melhoramento (Silva Júnior et al., 1997).

As principais vantagens da seleção precoce são, segundo Wu (1998), o aumento da intensidade de seleção e a diminuição do intervalo de geração de informação genética em testes precoces, que podem aumentar a eficiência da seleção na idade de rotação.

2.7 Tensões de crescimento e suas relações com as características de crescimento da árvore

As tensões de crescimento se revelam como o principal problema relacionado à produção de madeira serrada em *Eucalyptus*. A grande maioria das pesquisas envolvendo o estudo dessas tensões são realizadas através da medição indireta de suas intensidades, geralmente baseadas na determinação dos seus efeitos, como é o caso da determinação dos níveis de rachaduras e das deformações de crescimento. As tensões de crescimento também podem ser detectadas em função de suas correlações com outras características como o módulo de elasticidade, a densidade básica, a contração volumétrica e o ângulo microfibrilar.

Estudos de correlação entre as tensões, características de crescimento da árvore (diâmetro e altura) e as características da madeira (composição química, anatômica e física) devem ser intensificados, uma vez que tornam possível a seleção de materiais com o máximo de atributos favoráveis para atender às necessidades do mercado. Além disso, permitem conhecer de fato as relações existentes entre as variáveis.

Waugh (1974), citado por Malan (1979), não encontrou correlações entre crescimento diametral e nível de tensões de crescimento em seus estudos com *Eucalyptus regnans*. Confirmando esses resultados, Souza (2002) também não encontrou correlação entre deformação longitudinal com diâmetro a 1,30 m e incremento médio anual.

Já Curro e Cividini (1961) encontraram uma diminuição das deformações de crescimento com o aumento do diâmetro em *Eucalyptus camaldulensis*. Fernandes et al. (1989), avaliando procedências de *Eucalyptus grandis*, encontraram correlações significativas entre índice de rachamento e diâmetro a 1,30 m, sendo que o índice de rachamento decresce com o aumento do diâmetro.

Porém, Malan (1979), estudando *Eucalyptus grandis* de diferentes idades na África do Sul, encontrou correlação significativa e positiva entre incremento médio anual e níveis de rachaduras.

Com relação à variação das tensões de crescimento com a altura da árvore, Souza (2002), trabalhando com híbridos de *Eucalyptus*, concluiu não haver correlação significativa entre os níveis de DRL e a altura total da árvore. Fernandes (1982), estudando as relações da densidade com tensões de crescimento em *Eucalyptus urophylla*, concluiu que as rachaduras foram mais intensas na parte mais alta das árvores do que na base (1,30 m).

No trabalho de Muneri et al. (2000) a deformação residual longitudinal apresentou uma correlação positiva e significativa com as características de crescimento altura e diâmetro das árvores de *Eucalyptus cloeziana*, com coeficientes de 0,44 e 0,51, respectivamente.

Nos estudos de Lima et al. (2004) as correlações entre as deformações residuais longitudinais e as características de crescimento das árvores não foram significativas quando os materiais genéticos foram analisados isoladamente. Entretanto, quando os materiais genéticos foram reunidos, apenas a altura total da árvore não resultou em correlação significativa.

Percebe-se, pelo anteriormente exposto, que as relações entre tensões e características de crescimento são controversas na literatura. Portanto, é de grande importância o aprofundamento dos estudos nesta linha, visando obter um maior número de atributos favoráveis concentrados no indivíduo.

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, SP.
- ALENCAR, G. S. B.; BARRICHELO, L. E. G.; SILVA JÚNIOR, F. G. Qualidade da madeira de híbrido de *E. grandis* X *E. urophylla* e seleção precoce. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 35., 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 2002. p. 1-6.
- ARCHER, R. R. **Growth stresses and strains in trees.** Berlin: Springer-Verlag, 1986. 24 p.
- ARCHER, R. R. On the origin of growth stresses in trees – Part 1: Micro mechanics of developing cambial cell wall. **Wood Science and Technology**, New York, v. 21, n. 2, p. 139-194, 1987.
- ASSIS, T. F. Aspecto do melhoramento do *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.
- BOYD, J. D. Relationship between fibre morphology, growth strains and physical properties of wood. **Australian Forest Research**, Melbourne, v. 10, n. 4, p. 337-60, 1980.
- CHAFE, S. C. Growth stress in the trees. **Australian forest research**, Melbourne, v. 9, n. 3, p. 203-223, 1979.
- 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, n. 1, p. 79-82, 1981.

CURRO, P.; CIVIDINI, R. Preliminary observations on growth stresses in *Eucalypts*. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 2., 1961, São Paulo. **Relatório e Documentos...** São Paulo, 1961. v. 2, p. 1123-33.

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. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

FERNANDES, P. S.; FLORSHEIM, S. M. B.; ROCHA, F. T. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 215-234, jul. 1989.

FREITAS, A. R. de; PONCE, R. H. O uso da madeira serrada de eucalipto. **Tecnologia da Madeira**, Curitiba, n. 3, set. 1979

HASLETT, A. N. A guide to handling and grade-sawing plantation-grown eucalypts. **Forest Research Institute Bulletin**, Wellington, n. 142, p. 1-72, 1988.

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

JACOBS, M. R. The fibre tension of wood stems, with special reference to the genus *Eucalyptus*. **Bulletin Commonwealth Forestry Bureau**, Camberra, n. 22, p. 7-37, 1938.

KIKUTI, P. Manejo do eucalipto para uso múltiplo na Klabin. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. p. 41

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

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

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ, C. R. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, Viçosa, 2004. (no prelo).

LISBOA, C. D. J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 1993. 298 p. Tese (Doutorado) – 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. 14-18, 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. 272 p. Tese (Doutorado) - University of Stellenbosch Stellenbosch.

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

MANGIERI, H. R.; DIMITRI, M. J. **Los eucaliptos en la silvicultura**. Buenos Aires: Acme, 1971. 226 p.

MARSH, E. K.; BURGESS, T. F. The relation between silvicultural treatment and timber quality in *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. **Forestry in South Africa**, Pretoria, v. 8, p. 63-74, 1967.

MATTHECK, C.; KUBLER, H. **Wood - the internal optimization of trees**. Berlin: Springer, 1995. 129 p.

MORA, A. L.; BARRICHELO, L. E. G.; MIGLIORINI, A. J.; SANSIGOLO, C. A. Variação genética para a densidade da madeira em progênes de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: SBS, 1983 p. 318-324.

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

MUÑIZ, G. I. B. Fatores que limitam a utilização da madeira de *Eucalyptus*. In: SÓLIDOS DE EUCALIPTO: AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS, 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002. p. 30-63.

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.

PEREIRA, A. B.; MARQUES JÚNIOR, O. G.; RAMALHO, M. A. P.; ALTHOFT, P. Eficiência da seleção precoce em famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. , avaliadas na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 67-81, 1997.

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

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 2 ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 359 p.

RECH, C. SILVA, J. C. Melhoramento genético para a qualidade da madeira. **Revista da Madeira**, São Paulo, p. 48-54, set. 2001a. Edição especial.

RECH, C.; SILVA, J. C. Características intrínsecas da madeira. **Revista da Madeira**, São Paulo, p. 60-65, set. 2001b. Edição especial.

ROZAS MELLADO, E. C. E. **Contribuição ao desenvolvimento tecnológico para a utilização de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) na geração de produtos com maior valor agregado.** 1993. 133 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SANCHES ACOSTA, M. Experiência argentina en el uso de la madera de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: IPEF / IPT, 1995. p. 74-91.

SANCHES ACOSTA, M. Estado de la tecnologia en usos no tradicionales de la madeira de eucalipto en el mercosur y otros paises. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, 1.; ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SIF / UFV, 1998. p. 82-105.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 32-43, jun. 2003

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

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

SILVA JÚNIOR, F. G.; BRAGA, E. P.; Potencialidade da seleção precoce de *Eucalyptus urophylla* em função da qualidade da madeira destinada à produção de celulose. CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL DA ABTCP, 30., 1997, São Paulo. **Trabalhos apresentados....** São Paulo: ABTCP, 1997. p. 281-92.

SKOLMEN, R. G. Lumber potential of 12-year-old saligna eucalyptus trees in Hawaii. *USDA. Forest Service. PSW research note*, Washington, n. 288, p. 1-7, 1974.

SOUZA, M. A. M. **Deformação Residual Longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus***. 2002. 72 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

TRUGILHO, P. F. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas na avaliação da qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus***. 1995. 160 p. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T.; SOUZA, M. A. M.; Tensões de crescimento: recentes experiências com medições não-destrutivas. In: **SÓLIDOS DE EUCALIPTO: AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS**, 2002, Lavras. *Anais...* Lavras: UFLA, 2002. p. 125-134.

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

WU, H. X. Study of early selection in tree breeding. *Silval Genética*, Frankfurt, v. 47, n. 2/3, p. 146-155, 1998.

YAO, J. Relationships between height and growth stresses within and among white ash, water oak, and shagbark hickory. *Wood science*, New York, v. 11, n. 4, 246-251, 1979.

CAPÍTULO 2

TENSÕES DE CRESCIMENTO NA MADEIRA EM TESTES CLONAIIS DE *Eucalyptus* EM DIFERENTES IDADES

PÁDUA, F. A. de. Tensões de crescimento na madeira em testes clonais de *Eucalyptus* em diferentes idades. In: _____. **Estimativas de parâmetros genéticos das tensões de crescimento clones de *Eucalyptus***, 2004. Cap 2, p. 21-40. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras¹

1 RESUMO

Os objetivos do presente capítulo foram: a) avaliar a magnitude das tensões de crescimento medidas pela deformação residual longitudinal (DRL) em três testes clonais de *Eucalyptus* com três idades; b) estimar a DRL média da população de clones de *Eucalyptus*; c) estimar os parâmetros genéticos para cada teste clonal; d) selecionar clones potenciais para a redução dos níveis de DRL; e) verificar o efeito da idade nos níveis de DRL. Para isso foram utilizados 52 clones aos 49 meses, 40 clones aos 92 meses e 46 clones aos 104 meses de idade, cultivados no noroeste do estado de Minas Gerais. As análises de variância indicaram diferença significativa entre os clones nas três áreas de teste clonal. A DRL média da população clonal foi de 0,076 mm. As áreas avaliadas apresentaram, para a DRL, valores médios de 0,074mm, 0,083mm e 0,069mm, respectivamente para as áreas 3, 2 e 1. Os resultados médios estão de acordo com os encontrados na literatura para *Eucalyptus*. Os coeficientes de herdabilidade foram altos para as três áreas testadas, indicando que a DRL está sob forte controle genético. Os clones que apresentaram as menores DRL, e conseqüentemente menores tensões de crescimento, em cada teste clonal, foram os selecionados para operações de desdobro em serraria. Aparentemente não houve um padrão de variação definido dos níveis de DRL em função da idade da árvore.

¹Comitê Orientador: Paulo Fernando Trugilho – UFLA (Orientador), José Tarcísio Lima – UFLA (Co-orientador), Fábio Akira Mori – UFLA (Co-orientador).

CHAPTER 2

GROWTH STRESSES IN CLONAL TESTS OF *Eucalyptus* IN DIFFERENT AGES

PÁDUA, F. A. de. Growth stresses in clonal tests of *eucalyptus* in different ages. In: _____. **Estimates of genetics parameters of growth stresses in *Eucalyptus* clones**, 2004. CAP 2, p. 21- 40. Dissertation (Master in Forest Engineering) – Universidade Federal de Lavras, Lavras¹

2 ABSTRACT

The objectives of this chapter were a) to evaluate the magnitude of the growth stresses measured by longitudinal residual strain (DRL) in three clonal tests of *Eucalyptus* cultivated in Northwest of Minas Gerais State, Brazil in three ages; b) to estimate the average DRL of the population of clones of *Eucalyptus* cultivated in Northwest of Minas Gerais State, Brazil; c) to estimate the genetic parameters for each clonal test; d) to select the best clones for the reduction of the levels of DRL. For this, 52 clones at 49 months of age were used, 40 clones at 92 months of ages and 46 clones at 104 months of ages were used. The results indicated statistical significant difference amongst clones in the three areas. The average DRL of the clonal population was 0.076 mm. The evaluated areas presented average DRLs of 0.074mm (area 3), 0.083mm (area 2) and 0.069mm (area 1). The average results are in accordance with those found in literature for *Eucalyptus*. The coefficients of heritability were high for the clones cultivated in the three tested areas, indicating that the DRL is under strong genetic control.

¹Advising Committee: Paulo Fernando Trugilho - UFLA (Adviser), José Tarcisio Lima - UFLA (Co-adviser), Fábio Akira Mori-UFLA (Co-adviser).

3 INTRODUÇÃO

A utilização da madeira de eucalipto como matéria-prima para o suprimento do mercado de madeira serrada já é uma realidade em países como África do Sul e Argentina. No Brasil, algumas indústrias vêm adotando com sucesso a madeira sólida de eucalipto na indústria de transformação.

A grande dificuldade da utilização do eucalipto no mercado de madeira serrada é o aparecimento de defeitos como rachaduras e empenamentos, causados pelas tensões de crescimento. Essas tensões constituem um mecanismo desenvolvido pelas árvores para que permaneçam eretas e são liberadas por ocasião do seu abate.

É possível afirmar que as tensões de crescimento são as principais responsáveis pelos baixos rendimentos no processamento do eucalipto. Essas restrições ao uso desse material são mais proeminentes em florestas mais jovens do que em adultas, em função de diversos fatores intrínsecos à madeira, como a proporção de lenho juvenil no tronco.

As pesquisas envolvendo a idade do material são essenciais, pois a seleção de genótipos com características desejáveis, analisados em idade precoce, pode prever com êxito ganhos genéticos e econômicos no programa de melhoramento, garantindo, assim, a qualidade futura da madeira.

Dentro desse contexto, os objetivos do presente estudo foram: i) avaliar a magnitude das tensões de crescimento, medidas indiretamente pela deformação residual longitudinal (DRL) em clones de *Eucalyptus* provenientes de três testes clonais; ii) estimar a DRL média da população de clones de *Eucalyptus* adaptados ao cultivo no noroeste do estado de Minas Gerais; iii) estimar os parâmetros genéticos para cada teste clonal avaliado; iv) selecionar clones com

menores tensões de crescimento e; v) verificar o efeito da idade nos níveis de DRL nos testes clonais de *Eucalyptus*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material biológico

No presente estudo foram avaliados 138 clones de híbridos naturais do gênero *Eucalyptus* em três áreas de teste clonal (ATC), em três idades distintas, instaladas pela Companhia Mineira de Metais (VMM-AGRO). A avaliação dos materiais foi realizada segundo apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 Clones amostrados para a avaliação das tensões de crescimento

ATC	Idade (meses)	Número de clones
ATC 1	104	46
ATC 2	92	40
ATC 3	49	52

Os clones avaliados foram cultivados em espaçamento 10 x 4 m, em sistema agrosilvopastoril, em que no primeiro ano plantou-se arroz; no segundo ano, soja; e do terceiro ano em diante, pastagem para gado de corte.

4.2 Local de experimentação

Os experimentos foram instalados na Fazenda Riacho, propriedade da Companhia Mineira de Metais (VMM-AGRO), do grupo Votorantim. Esta

fazenda está localizada no município de Paracatu, noroeste do estado de Minas Gerais. A latitude é de aproximadamente 17°36'09"S e a longitude de 46°42'42" O de Greenwich, com altitude de 550 m. O clima é do tipo Aw, tropical úmido de savana, com inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação de Köppen. Apresenta temperatura média anual de 24°C e precipitação média anual de 1450 mm.

4.3 Amostragem

A deformação residual longitudinal (DRL) foi medida em toda a população clonal nas três áreas estudadas. A DRL foi determinada nas árvores vivas, em 3 indivíduos por clone, a 1,30 m de altura do solo, conforme sugerido por Souza (2002). Os indivíduos foram previamente selecionados fenotipicamente como os de fuste mais retilíneo, de boas condições fitossanitárias, e procurou-se evitar a escolha de árvores localizadas na bordadura dos experimentos. A eleição dos fustes mais retilíneos está relacionada à formação de madeira de tração. Troncos mais tortuosos apresentam maiores proporções desse lenho e, conseqüentemente, maiores níveis de tensões de crescimento. Segundo Kubler (1987), a deformação específica na madeira de tração pode chegar a ser 28 vezes maior do que a da madeira normal, medida do lado oposto de sua ocorrência no tronco.

Para a determinação da DRL, nas áreas de teste clonal 1 e 2 retirou-se totalmente a casca nas árvores a 1,30 m de altura do solo, para a formação do painel de medição. Entretanto, na área de teste clonal 3 foram abertas pequenas janelas quadradas, uma vez que não se pretendia eliminar esse material.

A DRL foi medida em quatro pontos ao redor do tronco, seguindo as orientações norte, sul, leste e oeste com o objetivo de padronizar as medições. Os estudos de Muneri et al. (2000) e Muneri et al. (1999) sugerem a medição da

DRL em pelo menos quatro posições ao redor do tronco, dependendo do seu diâmetro. Em função do pequeno diâmetro apresentado pelas árvores na ATC 3 foram feitas apenas três medições ao redor do tronco, uma no norte e mais duas em pontos equidistantes.

O extensômetro (medidor de deformações de crescimento), modelo Cirad - Forêt, foi fixado no tronco das árvores na direção da grã e a leitura da DRL foi registrada diretamente no visor digital. As medições da DRL foram realizadas na ausência de ventos, uma vez que com o movimento da árvore as forças de sustentação oscilam dentro do tronco, alterando o valor registrado no aparelho.

A Figura 1 mostra os aparelhos utilizados na medição da DRL, em que 1 é o extensômetro, 2 são os pinos de fixação (45 mm de distância), 3 é o gabarito para fixação dos pinos no tronco das árvores, na direção da grã, e 4 é o arco de pua com broca de 20 mm.

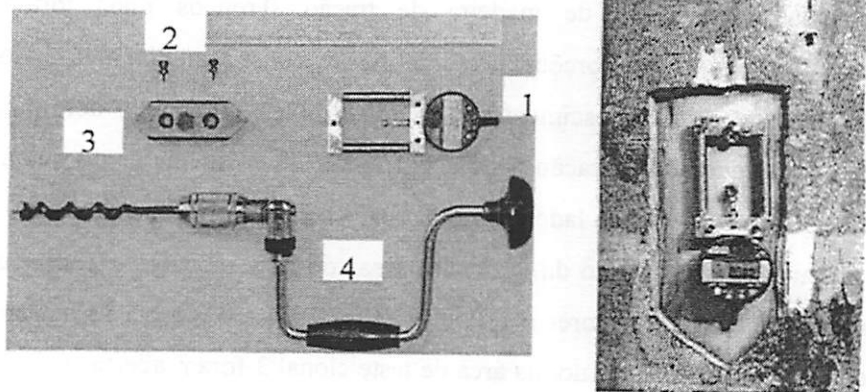


FIGURA 1 Detalhes dos instrumentos usados para medição da deformação residual longitudinal (DRL)

A DRL foi medida em 801 árvores nos três testes clonais avaliados. Esse número expressivo de medições só foi possível com a utilização do extensômetro, o qual permitiu uma medição rápida, simples e precisa de aproximadamente sete árvores por hora, com três pessoas envolvidas na medição.

4.4 Análise estatística dos dados

As análises de variância foram efetuadas, individualmente, para cada uma das três áreas de teste clonal avaliadas. Na avaliação experimental foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com número de repetições variando de 3 a 12, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + \varepsilon_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : observação do i -ésimo clone, na repetição j ;

μ : média geral;

C_i : efeito do i -ésimo clone ($i = 1, 2, \dots, n$) efeito aleatório;

ε_{ij} : erro experimental associado à observação Y_{ij} .

A Tabela 2 apresenta a estrutura da análise de variância aplicada aos níveis de DRL nas áreas de teste clonal avaliadas.

TABELA 2 Estrutura da análise de variância aplicada aos níveis de DRL nas áreas de teste clonal avaliadas.

Fonte de variação	GL	E (Q.M.)	Q.M	F
Clone	(c-1)	$r\sigma_c^2 + \sigma_e^2$	Q_1	$Q_1 \div Q_2$
Erro	(c-1)r	σ_e^2	Q_2	

4.4.1 Variação da DRL nas áreas de teste clonal avaliadas

A variação entre os testes clonais, para a característica avaliada, foi efetuada através do coeficiente de variação experimental obtido para cada uma das áreas de teste clonal.

A comparação múltipla foi realizada para cada área de teste clonal, utilizando o teste de agrupamento de Scott - Knott a 5% de probabilidade, o que possibilitou a classificação dos materiais por níveis de DRL.

4.4.2 Estimativa de parâmetros genéticos

Pela esperança dos quadrados médios das análises de variância foi possível estimar os parâmetros genéticos fenotípicos e ambientais, de acordo com Cruz (1997), listados a seguir:

Variância fenotípica

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

Variância ambiental

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

Variância genotípica

$$\hat{\sigma}_c^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{r};$$

Herdabilidade clonal

A DRL foi medida em 801 árvores nos três testes clonais avaliados. Esse número expressivo de medições só foi possível com a utilização do extensômetro, o qual permitiu uma medição rápida, simples e precisa de aproximadamente sete árvores por hora, com três pessoas envolvidas na medição.

4.4 Análise estatística dos dados

As análises de variância foram efetuadas, individualmente, para cada uma das três áreas de teste clonal avaliadas. Na avaliação experimental foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com número de repetições variando de 3 a 12, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + \varepsilon_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : observação do i -ésimo clone, na repetição j ;

μ : média geral;

C_i : efeito do i -ésimo clone ($i = 1, 2, \dots, n$) efeito aleatório;

ε_{ij} : erro experimental associado à observação Y_{ij} .

A Tabela 2 apresenta a estrutura da análise de variância aplicada aos níveis de DRL nas áreas de teste clonal avaliadas.

TABELA 2 Estrutura da análise de variância aplicada aos níveis de DRL nas áreas de teste clonal avaliadas.

Fonte de variação	GL	E (Q.M.)	Q.M	F
Clone	(c-1)	$r\sigma_c^2 + \sigma_e^2$	Q_1	$Q_1 \div Q_2$
Erro	(c-1)r	σ_e^2	Q_2	

4.4.1 Variação da DRL nas áreas de teste clonal avaliadas

A variação entre os testes clonais, para a característica avaliada, foi efetuada através do coeficiente de variação experimental obtido para cada uma das áreas de teste clonal.

A comparação múltipla foi realizada para cada área de teste clonal, utilizando o teste de agrupamento de Scott - Knott a 5% de probabilidade, o que possibilitou a classificação dos materiais por níveis de DRL.

4.4.2 Estimativa de parâmetros genéticos

Pela esperança dos quadrados médios das análises de variância foi possível estimar os parâmetros genéticos fenotípicos e ambientais, de acordo com Cruz (1997), listados a seguir:

Variância fenotípica

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

Variância ambiental

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

Variância genotípica

$$\hat{\sigma}_c^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{r};$$

Herdabilidade clonal

$$h_c^2(\%) = \frac{\hat{\sigma}_c^2}{\hat{\sigma}_f^2} \times 100;$$

Coefficiente de variação genético

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

Coefficiente de variação fenotípico

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

Coefficiente de variação experimental

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

Índice de variação

$$Iv = \text{Razão } CV_c / CV_e ;$$

De posse dos valores do coeficiente de herdabilidade e variância genética, foi possível estimar os ganhos diretos esperados com a seleção de clones superiores para os níveis de DRL, através da equação:

Ganho esperado com a seleção

$$GD(\%) = i \times \sqrt{\hat{\sigma}_c^2} + \sqrt{h_c^2} \times 100;$$

em que:

i: índice de seleção;

σ_c^2 : variância genotípica;

h_c^2 : herdabilidade clonal.

Os ganhos foram previstos com a seleção de cinco clones superiores nas áreas de teste clonal 1 e 3 e quatro clones superiores na área de teste clonal 2.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise de variância e estimativa de parâmetros genéticos

Os valores médios das DRLs para as áreas de teste clonal são apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5.

TABELA 3 Médias das DRL comparando os materiais através do teste de agrupamento de Scott – Knott a 5% de significância para a área de teste clonal 3.

Árvore	DRL	Árvore	DRL	Árvore	DRL	Árvore	DRL
34	0,131 A	44	0,082 B	38	0,073 C	40	0,064 C
17	0,119 A	12	0,082 B	10	0,073 C	8	0,064 C
1	0,115 A	14	0,082 B	26	0,073 C	42	0,063 C
9	0,097 B	46	0,082 B	32	0,072 C	37	0,061 D
22	0,092 B	31	0,081 B	43	0,072 C	21	0,059 D
6	0,091 B	52	0,080 B	50	0,072 C	51	0,058 D
16	0,090 B	24	0,080 B	15	0,071 C	47	0,057 D
3	0,089 B	11	0,078 B	25	0,070 C	35	0,056 D
48	0,087 B	49	0,077 C	33	0,070 C	19	0,054 D
29	0,086 B	27	0,075 C	41	0,069 C	2	0,052 D
7	0,085 B	28	0,074 C	23	0,068 C	36	0,048 D
18	0,083 B	13	0,074 C	30	0,067 C	39	0,048 D
45	0,082 B	4	0,074 C	5	0,065 C	20	0,043 D

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott Knott em nível de 5% de significância.

TABELA 4 Médias das DRL comparando os materiais através do teste de agrupamento de Scott – Knott a 5% de significância para a área de teste clonal 2.

Árvore	DRL	Árvore	DRL	Árvore	DRL	Árvore	DRL
38	0,145 A	17	0,081 D	40	0,091 D	29	0,068 E
6	0,120 B	35	0,081 D	30	0,088 D	28	0,067 E
27	0,118 B	26	0,080 D	25	0,088 D	2	0,067 E
7	0,117 B	13	0,076 D	37	0,088 D	16	0,065 E
18	0,115 B	20	0,075 D	32	0,086 D	3	0,065 E
23	0,115 B	11	0,073 E	10	0,084 D	12	0,065 E
9	0,114 B	24	0,073 E	21	0,083 D	19	0,062 E
14	0,101 C	39	0,070 E	1	0,083 D	31	0,057 F
5	0,100 C	33	0,069 E	15	0,082 D	8	0,056 F
36	0,097 C	34	0,069 E	22	0,082 D	4	0,045 F

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott Knott em nível de 5% de significância.

TABELA 5 Médias das DRL comparando os materiais através do teste de agrupamento de Scott – Knott a 5% de significância para a ATC1.

Árvore	DRL	Árvore	DRL	Árvore	DRL	Árvore	DRL
4	0,135 A	27	0,067 C	35	0,077 C	10	0,058 C
8	0,117 A	34	0,067 C	16	0,074 C	37	0,057 C
18	0,109 A	7	0,066 C	33	0,073 C	15	0,057 C
30	0,099 B	32	0,065 C	38	0,073 C	39	0,054 C
24	0,091 B	17	0,065 C	41	0,072 C	44	0,053 C
25	0,090 B	13	0,064 C	43	0,071 C	20	0,052 C
11	0,088 B	36	0,064 C	46	0,070 C	21	0,050 C
5	0,082 C	22	0,062 C	45	0,070 C	19	0,050 C
3	0,082 C	9	0,061 C	42	0,069 C	28	0,042 C
31	0,079 C	1	0,059 C	14	0,068 C	12	0,041 C
26	0,079 C	6	0,058 C	2	0,068 C	29	0,036 C
23	0,079 C	40	0,058 C				

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott Knott em nível de 5% de significância.

Percebe-se, pelas Tabelas 3, 4 e 5, que os clones posicionados nos últimos grupos e que apresentaram baixas DRLs, e conseqüentemente menores tensões de crescimento, provavelmente serão materiais promissores para o uso em operações de desdobro em serraria. Esse resultado indica que a seleção conduzida nos clones destes grupos pode resultar em maiores ganhos genéticos e econômicos, favorecendo, assim, a produção de madeira serrada de qualidade superior. Os clones selecionados por apresentar as menores DRLs foram 20, 36, 39, 2 e 19 (ATC 3), 4, 8, e 31 (ATC 2) e 29, 12, 28, 19 e 21 (ATC 1).

O resumo da análise de variância para a DRL avaliada nas três áreas de teste clonal encontra-se na Tabela 6.

TABELA 6 Resumo da análise de variância dos dados de DRL para as áreas de teste clonal avaliadas

Fv	ATC 3 - 49 meses		ATC 2 - 92 meses		ATC 1 - 104 meses	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Clone	51	0,002191*	39	0,001425*	45	0,001834*
Erro	365	0,000167	87	0,000085	208	0,000266
Média		0,074mm		0,083mm		0,069mm
Cv_e (%)		17,30		11,10		23,48
σ_x^2		0,000273		0,000449		0,000332
σ_ϕ^2		0,000021		0,000027		0,000048
σ_ϵ^2		0,000253		0,000422		0,000284
h_c^2 (%)		92,38		94,03		85,48
CV_c (%)		21,29		24,75		24,25
CV_f (%)		6,19		6,26		10,04
CV_f/Cv_e		12,305		22,286		10,328
Ganho mm		0,027		0,034		0,027
Ganho (%)		36,05		41,52		38,19
I		1,773,961		174,999		172,011

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F. σ_c^2 : variância genotípica; σ_f^2 : variância fenotípica; σ_ϵ^2 : variância ambiental; h_c^2 : herdabilidade clonal; Cv_e : coeficiente de variação experimental CV_c : coeficientes de variação genética e CV_f coeficientes de variação fenotípica; CV_f/Cv_e : índice de variação; i: intensidade de seleção considerando a seleção de cinco clones superiores nas ATC 1 e 3 e quatro clones superiores na ATC 2.

Os valores médios das deformações residuais longitudinais obtidos para as áreas de teste clonal avaliadas foram de 0,074mm, 0,083mm e 0,069mm, respectivamente para a ATC 3, 2 e 1. A DRL média da população de clones de *Eucalyptus* avaliada foi de 0,076mm.

A média da DRL para os materiais selecionados foi de 0,049 mm. Este resultado foi inferior ao valor médio encontrado neste estudo e aos demais valores encontrados na literatura.

Baillères et al.(1995) encontraram um valor médio de 0,071 mm para DRL em clones de *Eucalyptus*. O mesmo valor médio foi encontrado por Muneri et al. (1999) para *Eucalyptus cloeziana* aos 10 anos de idade. Muneri et al. (2000), em suas análises com *Eucalyptus cloeziana* aos 4 anos de idade, encontraram um valor médio de 0,077 mm para a DRL, semelhante ao encontrado no presente trabalho aos 49 meses. Souza (2002) encontrou, em clones híbridos de *Eucalyptus*, aos 6 anos de idade, uma DRL média de 0,090mm. Já Lima et al. (2004) encontraram um valor médio de 0,071 mm em clones de *Eucalyptus* de diferentes idades. Verifica-se que os resultados obtidos no presente trabalho demonstraram coerência com os resultados encontrados na literatura, mesmo avaliando materiais genéticos, procedências e idades diferentes.

Verifica-se, ainda, pela Tabela 6, que o efeito de clone foi significativo em nível de 5% de probabilidade, em todos os três testes clonais, indicando a existência de diferença da DRL entre os materiais avaliados.

Souza (2002) e Lima et al. (2004), avaliando a DRL em árvores de *Eucalyptus*, também encontraram diferenças estatísticas entre os clones avaliados para os níveis de DRL. Já Muneri et al. (2000), em seus estudos com *Eucalyptus cloeziana* aos quatro anos de idade, não encontraram diferença significativa nos níveis de DRL entre quatro procedências, porém encontraram variação dentro de procedência.

Foi verificado um valor da variação genética em relação à variação experimental (CV_g/CV_e) de 1,23, 2,22 e 1,03, respectivamente para as áreas 3, 2 e 1. De acordo com Vencovsky (1978), esta relação é um importante indicador das possibilidades de sucesso na obtenção de ganhos genéticos através de seleção, mostrando que a situação é favorável quando os valores são maiores que 1,0. Esse resultado indica que a os níveis de DRL apresentaram obtenção de ganhos genéticos com a seleção, principalmente na ATC 2 que apresentou a maior relação CV_g/CV_e .

A Tabela 6 apresenta também as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para a DRL nas três áreas testadas. A estimativa dos componentes de variância existente nas populações é de extrema importância, uma vez que permite conhecer o controle genético do caráter e o potencial para seleção.

A partir desses resultados foi estimada a herdabilidade. Essa estimativa permite antever a possibilidade de sucesso com a seleção, uma vez que a herdabilidade reflete a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada, ou seja, mede a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor reprodutivo (Ramalho et al., 2000).

As herdabilidades clonais foram estimadas em 92,38%, 94,03% e 85,48% para as áreas de teste clonal 3, 2 e 1, respectivamente. Estes resultados revelam que a DRL está sob forte controle genético. Souza (2002) também encontrou um alto coeficiente de herdabilidade (94,3%) para a DRL. Essa estimativa é semelhante à encontrada na ATC 2, uma vez que os materiais objetos do estudo são provenientes do mesmo local, porém com idades distintas.

As predições de ganhos genéticos foram da ordem de 36,05%, 41,52% e 38,19%, respectivamente para as áreas de teste clonal 3, 2 e 1. Esses ganhos representam as porcentagens na redução da DRL em relação à média da população. Assim, a média da população melhorada será a média original mais o ganho esperado com a seleção de clones superiores.

5.2 Classificação dos clones em função dos níveis de DRL

Como o efeito de clone foi significativo, utilizou-se o teste de agrupamento de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade para a classificação dos materiais nas três áreas de teste clonal avaliadas.

As Tabelas 7, 8 e 9 apresentam o resultado da classificação dos clones nas áreas de teste clonal 3, 2 e 1, respectivamente.

TABELA 7 Materiais classificados de acordo com os níveis de DRL, para ATC 3.

Classe	Frequência	Clones	Intervalo de ocorrência
A	3	34; 17; 1	0,115 - 0,131
B	18	9; 22; 6; 16; 3; 48; 29; 7; 18; 45; 44; 12; 14; 46; 31; 52; 24; 11	0,078 - 0,097
C	21	49; 27; 28; 13; 4; 38; 10; 26; 32; 43; 50; 15; 25; 33; 41; 23; 30; 5; 40; 8; 42	0,063 - 0,077
D	10	37; 21; 51; 47; 35; 19; 2; 36; 39; 20	0,043 - 0,061

TABELA 8 Materiais classificados de acordo com os níveis de DRL, para ATC 2

Classe	Frequência	Clones	Intervalo de ocorrência
A	1	38	0,145
B	6	6; 27; 7; 18; 23; 9	0,114 - 0,120
C	3	14; 5; 36	0,096 - 0,101
D	15	40; 30; 25; 37; 32; 10; 21; 1; 15; 22; 17; 35; 26; 13; 20	0,075 - 0,091
E	12	11; 24; 39; 33; 34; 29; 28; 2; 16; 3; 12; 19	0,062 - 0,072
F	3	8; 4; 31	0,044 - 0,056

TABELA 9 Materiais classificados de acordo com os níveis de DRL, para ATC 1

Classe	Frequência	Clones	Intervalo de ocorrência
A	3	4; 8; 18	0,109 - 0,135
B	4	30; 24; 25; 11	0,087 - 0,098
C	39	5; 3; 31; 26; 23; 35; 16; 33; 38; 41; 43; 46; 45; 42; 14; 2; 27; 34; 7; 32; 17; 13; 26; 22; 9; 1; 6; 40; 10; 37; 15; 39; 44; 20; 21; 19; 28; 12; 29	0,036-0,082

Observa-se, pelas Tabelas 7, 8 e 9, que poucos clones foram classificados na classe de menor nível de DRL, exceto para ATC 1, em que 85% dos clones avaliados se posicionaram nessa classe. Este fato se deve ao maior coeficiente de variação experimental apresentado por esse teste clonal.

Os materiais que se posicionaram nas últimas classes com baixos níveis de DRL provavelmente serão materiais promissores para o uso em operações de desdobro em serraria.

Ferreira (2003), avaliando o comportamento de 11 clones pertencentes às três áreas de teste clonal, frente a operações de desdobro, verificou que os materiais 280, 36 e 299, os quais correspondem aos clones 8 (ATC 2), 19 (ATC 1) e 33 (ATC 2), apresentaram os mais baixos índices de rachamento de tábuas. Tais materiais genéticos, no presente estudo, apresentaram níveis de DRL de 0,056 mm, 0,050 mm e 0,069 mm, respectivamente. Esse resultado indica a forte relação entre os baixos níveis de DRL e o índice de rachamento de tábuas. Ferreira (2003) também concluiu que na avaliação geral, o clone 44/94 foi o material que se destacou por apresentar melhor rendimento em madeira serrada e menor índice de rachamento. Este material correspondente ao clone 31 (ATC 2), apresentou uma DRL de 0,056mm, reforçando o fato de que existe alta relação entre as rachaduras de tábuas e os níveis de DRL.

Esses resultados demonstram que a DRL é uma característica importante do ponto de vista da utilização da madeira como produto sólido. Assim, a seleção dos materiais com menores níveis de DRL é a forma mais adequada para garantir o suprimento futuro de madeira de qualidade para esta finalidade.

5.3 Efeito da idade nos níveis de DRL

O efeito da idade sobre as tensões de crescimento na madeira é controvertido na literatura. Segundo Rech e Silva (2001), as tensões internas têm maior intensidade nas árvores mais jovens, diminuindo consideravelmente com o seu amadurecimento. Trugilho et al. (2003), avaliando *Eucalyptus dunnii* nas idades de 8, 13, 15 e 19 anos, também encontraram uma tendência de aumento linear da DRL com o aumento da idade.

Contudo, Jacobs (1945), avaliando *Eucalyptus gigantea*, não encontrou relação entre tensão de crescimento periférica e idade da árvore.

A distribuição das médias de DRL em função da área de teste clonal e idade está apresentada na Figura 2.

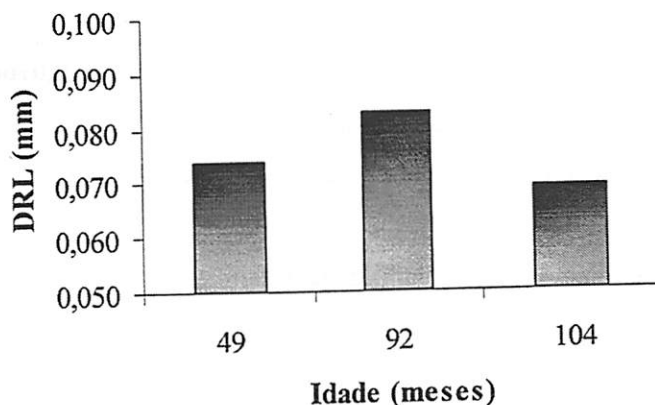


FIGURA 2 Variação da DRL em função da idade

Verifica-se, pela Figura 2, que aparentemente não existe um padrão de variação definido dos níveis de DRL em função da idade. Constatou-se que dos 49 para os 92 meses, a DRL aumentou com a idade da árvore, por outro lado, dos 92 aos 104 meses houve um decréscimo dos valores médios da DRL com o aumento da idade.

Esse resultado pode residir, em partes, no fato de que as áreas estudadas são compostas por materiais genéticos diferentes e isto sugere que o fator clone pode estar mascarando, de alguma forma, o efeito da idade.

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados apresentados, pôde-se concluir que:

- os clones de *Eucalyptus* apresentaram variações significativas para os valores de DRL nas áreas testadas, indicando o potencial dos materiais em programas de melhoramento genético;
- a população de clones apresentou um valor médio de 0,076mm e as áreas de teste clonal apresentaram valores médios de 0,074, 0,083 e 0,069mm para a DRL, respectivamente para ATC 3, ATC 2 e ATC 1;
- os coeficientes de herdabilidade foram altos para as três áreas testadas, indicando que a característica está sob forte controle genético;

- os ganhos diretos previstos com a seleção de clones superiores para a redução dos níveis de DRL foram da ordem de 36,05% (ATC 3), 41,52% (ATC 2) e 38,19% (ATC 1);
- os clones que se destacaram por apresentar os menores níveis de DRL foram 20, 36, 39, 2 e 19 (ATC 3); 4, 8, 31 e 19 (ATC 2) e 29, 12, 28, 19 e 21 (ATC 1);
- não foi observado um modelo de variação definido dos níveis de DRL com a idade da árvore.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILLÈRES, H.; CHANSON, B.; FOURNIER, M.; TOLLIER, M.T.; MONTIES, B. Structure, composition chimique et retraits de maturation du bois chez les clones d'*Eucalyptus*. *Annals of Forest science*, Paris, n. 52, p. 157-172, 1995.

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

FERREIRA, S. **Produção e qualidade da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus spp***, 2003. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

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

- LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ C. R. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, Viçosa, 2004. (no prelo).
- MUNERI, A.; KNIGHT, J.; LEGATE, W.; PALMER, G. Relationships between surface longitudinal growth strain and tree size, wood properties and timber distortion of 4 years old plantation grown *Eucalyptus cloeziana*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 186, p. 41-49, Nov. 1999.
- MUNERI, A.; KNIGHT, J.; LEGATE, W.; PALMER, G. Relationships between surface longitudinal growth strain and tree size, wood properties and timber distortion of 4 years old plantation grown *Eucalyptus cloeziana*. In: IUFRO CONFERENCE - THE FUTURE EUCALYPTS FOR WOOD PRODUCTS, 2000, Launceston, Australia. **Proceedings...** Launceston: IUFRO, 2000. p. 292-300.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 2. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 359 p.
- RECH, C.; SILVA, J. C. Características intrínsecas da madeira. **Revista da Madeira**, São Paulo, p. 60-65, set. 2001. Edição Especial.
- SOUZA, M. A. M. **Deformação Residual Longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus***. 2002. 72 p. Dissertação (mestrado em Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- TRUGILHO, P. F.; IWAKIRI, S.; ROCHA, M. P. R.; MATOS, J. L. M. Tensão de crescimento em árvores de *Eucalyptus dunnii* I- Efeito da idade. In: 8º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBEF/SBS, 2003. p. 1-7.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: Patuniani, E. (coord.) **Melhoramento de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargil, 1978. P. 122-199.

CAPÍTULO 3

CORRELAÇÃO IDADE-IDADE PARA AS TENSÕES DE CRESCIMENTO EM CLONES DE *Eucalyptus*.

PÁDUA, F. A. de. Correlação idade-idade para as tensões de crescimento em clones de *Eucalyptus*. In: _____. **Estimativas de parâmetros genéticos das tensões de crescimento em clones de *Eucalyptus***, 2004. Cap 3, p.41-53. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras¹.

1 RESUMO

Os objetivos do presente trabalho foram: a) avaliar as deformações residuais longitudinais (DRL) e estimar parâmetros genéticos e fenotípicos para clones de *Eucalyptus* em diferentes idades; b) estimar os ganhos diretos e correlacionados obtidos com a seleção de clones superiores; c) avaliar a eficiência da seleção precoce para a DRL. Para isso foram utilizados 6 clones aos 92 e 104 meses cultivados no noroeste do estado de Minas Gerais. A análise de variância indicou diferença estatística significativa entre os clones nas duas idades testadas. Os coeficientes de variação experimental foram baixos e apresentaram uma tendência de redução com a idade. Os materiais apresentaram altos coeficientes de herdabilidade. O ganho correlacionado na idade precoce foi inferior ao ganho direto obtido com a seleção na idade de corte. Isto indica que para este caso a seleção precoce não é uma estratégia vantajosa.

¹Comitê Orientador: Paulo Fernando Trugilho – UFLA (Orientador), José Tarcísio Lima – UFLA (Co-orientador), Fábio Akira Mori - UFLA (co-orientador).

CHAPTER 3

CORRELATION AGE-AGE FOR GROWTH STRSSES IN *Eucalyptus* CLONES

PÁDUA, F. A. de. Correlation age-age for growth stresses in *Eucalyptus* clones. In: _____. **Estimates of genetics parameters of growth stresses in *Eucalyptus* clones**, 2004. CAP 3, p. 41-53. Dissertation (Master in Forest Engineering) – Universidade Federal de Lavras, Lavras¹.

2 ABSTRACT

The objectives of the present work were a) to evaluate the longitudinal residual strain (DRL) and to estimate genetics and fenotipics parameters for clones in different ages, b) to estimate direct and correlated gains obtained with the selection of superior clones; c) to evaluate the efficiency of early selection for DRL in *Eucalyptus* clones. For this six clones at 92 months and 104 months of age were used . This materials were provenant from the Northwest of Minas Gerais State, Brazil. The analisys of variance indicated significant statistical difference between clones in the two tested ages. The experimental coefficients of variation were low and presented a trend of reduction with the age. The materials presented high coefficients of heritability. The correlated gains with the selection in the early was inferior than that obtained with the selection at the age of cut. This means that, for the present situation, the early selection does not represent an advantageous strategy.

¹Advising Committee: Paulo Fernando Trugilho - UFLA (Adviser), José Tarcisio Lima - UFLA (Co-adviser), Fábio Akira Mori - UFLA (Co-adviser).

3 INTRODUÇÃO

Em programas de melhoramento vegetal, os longos períodos de rotação das florestas cultivadas para o suprimento de madeira serrada torna o melhoramento genético de árvores mais trabalhoso e oneroso. Isso, segundo Kageyama e Vencovsky (1993), se deve ao fato de que as espécies florestais estão entre as mais extremas em longevidade e complexidade de desenvolvimento.

Para controlar esses problemas, os programas de melhoramento genético devem ser conduzidos em ciclos de seleção mais curtos e sem prejuízos para o alcance de ganhos genéticos e econômicos.

No segmento industrial de madeira serrada a utilização do *Eucalyptus* como matéria-prima ainda é pouco viável, uma vez que o gênero apresenta defeitos que limitam o seu uso. Esses defeitos são causados em grande parte pelas tensões de crescimento, que são as grandes responsáveis pela diminuição do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus*. Portanto, o estudo dessa característica na madeira é de suma importância para reverter essa situação e colocar o gênero *Eucalyptus* como potencial substituidor de espécies nativas como fornecedoras de madeira.

Em função da sua importância para o setor madeireiro, a identificação das tensões em idade juvenil pode possibilitar a predição do comportamento do indivíduo adulto com relação às tensões de crescimento.

Em virtude da dificuldade de determinação das tensões de crescimento, estas são medidas pelas deformações residuais. De acordo com Souza (2002), a deformação residual longitudinal na madeira de *Eucalyptus* é uma ferramenta confiável para a seleção de clones, uma vez que esta característica se mostrou

fortemente correlacionada com as rachaduras de tábuas e, conseqüentemente, com as tensões de crescimento.

Segundo Marques Júnior (1995), a eficiência ou não da seleção precoce está intimamente relacionada com a existência ou não de correlação genética entre as características nas idades juvenil e adulta.

Nesse contexto, os objetivos do presente estudo foram: i) avaliar a deformação residual longitudinal (DRL) e estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos para os clones híbridos de *Eucalyptus* nas idades de 92 e 104 meses; ii) estimar ganhos diretos e correlacionados entre idades com a seleção de clones superiores e; iii) avaliar a eficiência da seleção precoce para os níveis de deformações residuais longitudinais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material biológico

Para os estudos de correlação genética dos níveis de deformação residual longitudinal (DRL) foram utilizados 6 clones de híbridos naturais de *Eucalyptus* presentes simultaneamente em duas áreas de teste clonal instaladas pela Companhia Mineira de Metais (VMM-AGRO), nas idades de 92 e 104 meses. Os híbridos apresentam como um dos genitores o *Eucalyptus urophylla*, o *Eucalyptus camaldulensis*, o *Eucalyptus tereticornis* e o *Eucalyptus grandis*.

4.2 Local de experimentação

Os experimentos foram instalados no local descrito no Capítulo 2

4.3 Amostragem

As árvores foram amostradas e medidas conforme descrito no Capítulo

2.

4.4 Análise estatística dos dados

As análises de variância dos dados de DRL para os estudos de correlação genética procederam com a utilização do delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições, seguindo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + \varepsilon_{ij},$$

em que:

Y_{ij} : observação do i -ésimo clone, na j -ésima repetição;

μ : média geral;

C_i : efeito do i -ésimo clone ($i = 1, 2, \dots, 6$) efeito fixo;

ε_{ij} : erro experimental associado à observação Y_{ij} .

TABELA 1 Estrutura da análise de variância para os estudos de correlação genética entre as idades.

Fonte de variação	GL	E (Q.M.)	Q.M	F
Clone	(c-1)	$r\sigma_c^2 + \sigma_e^2$	Q_1	$Q_1 \div Q_2$
Erro	(c-1)r	σ_e^2	Q_2	

4.5 Estimativa de parâmetros genéticos e ganhos

Pela esperança dos quadrados médios das análises de variância estimaram-se os parâmetros genéticos fenotípicos e ambientais de acordo com Cruz (1997), conforme as equações descritas no Capítulo 2.

De posse das estimativas dos parâmetros genéticos foram estimados os ganhos diretos e correlacionados entre idades.

a) Ganho esperado com a seleção

$$GD(\%) = i \times \sqrt{\hat{\sigma}_c^2} + \sqrt{h_c^2} \times 100;$$

em que:

i: índice de seleção;

σ_c^2 : variância genotípica;

h_c^2 : herdabilidade clonal.

b) Ganho correlacionado

$$GC(\%) = i \times \sqrt{h_{c(x)}^2} + r_{g(xy)} \times \sqrt{\sigma_{c(y)}^2} \times 100,$$

em que:

$h_{c(x)}^2$: coeficiente de herdabilidade da característica x;

$r_{g(xy)}$: coeficiente de correlação genotípica entre as idades x e y;

$\sigma_{c(y)}^2$: variância genotípica da idade y.

Foram estimadas também as correlações e covariâncias fenotípicas e ambientais conforme as equações descritas por Cruz (1997).

$$r_{g(xy)} = \frac{COV_{c,xy}}{\sqrt{\sigma_{c,x}^2 \times \sigma_{c,y}^2}}$$

$$COV_{cxy} = \frac{1}{2} (\sigma^2_{c(x+y)} - \sigma^2_{cx} - \sigma^2_{cy}),$$

em que:

σ^2_{cx} : variância genotípica da característica x (DRL 92 meses);

σ^2_{cy} : variância genotípica da característica y (DRL 104 meses);

$\sigma^2_{c(x+y)}$: variância genotípica da soma das características x e y.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de DRL apresentados por cada clone nas idades de 92 e 104 meses encontram-se na Tabela 2.

Percebe-se, pela Tabela 2, que os clones 3 e 6 apresentaram valores muito próximos para a DRL nas idades de 92 e 104 meses, indicando que no período em questão a variação para a característica foi quase nula. Já os clones 1, 4 e 5 apresentaram redução dos níveis de DRL com a idade da árvore e somente o clone 2 teve sua DRL aumentada com o tempo. Esse comportamento variado dos níveis de DRL com a idade sugere a alta variabilidade entre os clones avaliados.

TABELA 2 Médias das DRL por clone nas idades de 92 e 104 meses.

Clone	Idade (meses)	DRL (mm)	DRL média por clone
1	92	0,065	0,060
	104	0,054	
2	92	0,064	0,076
	104	0,088	
3	92	0,057	0,057
	104	0,057	
4	92	0,095	0,087
	104	0,079	
5	92	0,120	0,105
	104	0,090	
6	92	0,107	0,108
	104	0,109	

A Tabela 3 apresenta o resumo da análise de variância e a estimativa de parâmetros genotípicos, fenotípicos e ambientais para os níveis de DRL nas idades de 92 meses e 104 meses.

Os valores médios entre os clones para os níveis de DRL foram de 0,071 e 0,086 mm, respectivamente para as idades de 92 e 104 meses, coerentes com valores encontrados na literatura por Muneri et al. (1999, 2000), Souza (2002) e Lima et al. (2004).

TABELA 3 Resumo da análise de variância e estimativa de parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais para os níveis de DRL nas idades de 92 e 104 meses.

Fv	GL	Quadrados médios	
		92 meses	104 meses
Clone	5	0,00081*	0,002206*
Erro	12	0,000108	0,000067
Média		0,071	0,086
Cv _e (%)		14,60	9,51
σ^2_c		0,00027	0,000735
σ^2_{ef}		0,000036	0,000022
σ^2_e		0,000234	0,000713
h ² c (%)		86,62	96,98
CV _c (%)		21,46	31,13
CV _f (%)		8,45	5,45
CV _e /CV _c		1,47	3,27
Correlação fen	$r_{f(xy)}$	0,4984	
Correlação gen	$r_{g(xy)}$	0,5505	
Correlação amb	$r_{e(xy)}$	0,0981	

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

σ^2_c : variância genotípica; σ^2_f : variância fenotípica; σ^2_e : variância ambiental; h²c: herdabilidade clonal; Cv_e: coeficiente de variação experimental; CV_c: coeficiente de variação genética; CV_f: coeficiente de variação fenotípica; CV_e/CV_c: índice de variação, correlações fenotípica, genotípica e ambiental ($r_{f(xy)}$, $r_{g(xy)}$, $r_{e(xy)}$).

Verifica-se, pela Tabela 3, que os coeficientes de variação experimental para a característica DRL foram de 14,60 e 9,51%, respectivamente, para os 92 e 104 meses, indicando boa precisão experimental, principalmente aos 104 meses.

Ocorreu uma redução do Cv_e com a idade; a mesma tendência de redução da variação ocorreu para CV_f . Por outro lado, o CV_e aumentou com a idade e, conseqüentemente, o valor de CV_e/Cv_e . O maior valor da relação CV_e/Cv_e obtido aos 104 meses indica a possibilidade de se alcançar maiores ganhos nesta idade. Também pela Tabela 3 observa-se que o efeito de clone foi significativo em nível de 5% de probabilidade, indicando a existência de variação genética significativa entre os materiais, sugerindo a possibilidade de ganhos pela seleção de clones superiores para a redução dos níveis de DRL. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza (2002) e por Trugilho et al. (2002) em clones de *Eucalyptus*.

Os valores de herdabilidade clonal foram estimados em 86,62 e 96,98%, respectivamente para as idades de 92 e 104 meses. Esses altos valores de herdabilidade para os níveis de DRL indicam que a característica sofre pouca influência do ambiente. Este resultado é semelhante ao encontrado por Souza (2002) e por Trugilho et al. (2002) para os níveis de DRL em *Eucalyptus* aos 6 anos de idade. O valor da herdabilidade foi maior aos 104 meses, o que permite inferir que na idade mais avançada a influência do ambiente (resguardando as interações genótipo ambiente que não foram aqui estudadas) sobre os níveis de DRL pode ser menor.

Verifica-se ainda, pela Tabela 3, que os valores das correlações genóticas, fenóticas e ambientais entre as duas idades foram positivas, porém de baixa magnitude. O baixo valor da correlação genotípica indica a falta de relação entre os níveis de DRL nas idades avaliadas.

Os ganhos diretos e correlacionados entre idades, previstos com a seleção de clones superiores, são apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 Estimativa de ganhos diretos e correlacionados na seleção de clones aos 92 e 104 meses de idade.

	92 meses	104 meses
Ganho direto (mm)	0,015	0,029
Ganho direto (%)	21,79	33,45
Ganho correlacionado (mm)		0,015
Ganho correlacionado (%)		17,4
ER		52,02

ER: eficiência relativa da seleção precoce = (Ganho direto aos 104 meses / Ganho correlacionado) x 100.

É importante ressaltar que foram considerados 104 meses como a idade de corte.

Observa-se, pela Tabela 4, que o ganho direto, ou seja, obtido com a seleção feita na idade de 104 meses (33,45), foi superior ao obtido na idade precoce (21,79%). Em contrapartida, o ganho correlacionado (17,4%) foi bem inferior ao obtidos pela seleção direta na idade de corte (33,45%).

Esses resultados indicam que, nesse caso, a seleção precoce não é uma estratégia vantajosa, ou seja, os materiais genéticos devem ser selecionados na idade de corte. O valor da eficiência relativa da seleção precoce em relação à idade de corte foi considerado baixo (52,02%). Esse resultado ocorreu devido ao baixo valor da correlação genotípica, que indica a existência de uma baixa relação entre a DRL nas idades avaliadas. Contudo, a seleção precoce é uma estratégia de melhoramento importante, pois é uma forma de seleção indireta, em que caracteres avaliados em idades prévias à de rotação são usadas como preditores de caracteres economicamente importantes na idade de rotação (Resende, 1994).

Alguns trabalhos avaliando a seleção precoce em *Eucalyptus* apresentaram êxito com a utilização desta prática para diversas propriedades da madeira. Por exemplo, Tolfo et al. (2003) concluíram que a seleção precoce

praticada a partir dos 24 meses para as características diâmetro à altura do peito e altura total da árvore se mostra promissora, proporcionando boas expectativas de ganhos na idade de rotação.

Devido à falta de literatura em relação à seleção precoce para a DRL, fica evidente a necessidade de maiores estudos no sentido de obter a melhor idade para a realização da seleção para esta característica, uma vez que esta estratégia é vantajosa para outras propriedades da madeira.

6 CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo permitiram concluir que:

- o efeito de clone foi significativo nas idades de 92 e 104;
- os coeficientes de variação experimental foram baixos e apresentaram uma tendência de redução com a idade, indicando que a variação presente no experimento tende a reduzir com o tempo;
- os materiais apresentaram altos valores de herdabilidade para a característica DRL em ambas as idades avaliadas;
- o ganho correlacionado foi inferior ao obtidos com seleção direta aos 104 meses; portanto, neste caso é indicada a seleção dos clones na idade de corte;
- sugere-se, para este caso, esperar por mais um ciclo para se obter ganhos satisfatórios com a seleção na idade precoce.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

KAGEYAMA, P. Y.; VENCovsky, R. **Varição genética em progênes de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. IPEF, Piracicaba, v. 24, p. 9-26, ago. 1983

MARQUES JÚNIOR, O. G. **Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos e avaliação da eficiência da seleção precoce em *Eucalyptus cloeziana* F. Muell**. 1995. 69 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ, C. R. **Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas associações com outras propriedades**. *Revista Árvore*. Viçosa, 2004 (no prelo).

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

MUNERI, A.; LEGATE, W.; PALMER, G. **Relationships between surface growth strain and some tree wood and sawn timber characteristics of *Eucalyptus cloeziana***. *Southern African Forestry Journal*, Pretoria, n. 187, p. 41-49, 1999.

REZENDE, G.D.S.P.; BERTOLUCCI, F.de L.G.; RAMALHO, M.A.P. **Eficiência da seleção precoce na recomendação de clones de eucalipto avaliados no norte do Espírito Santo e sul da Bahia**. *Revista Cerne*, Lavras, v.1, n.1, p.45-50, 1994.

SOUZA, M.A.M. Deformação Residual Longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus*. 2002. 72 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

TOLFO, A. L. T.; PAULA, R. C.; BONINE, C. A.V.; VALLE, C. F.; SCARPINATI, E. A. Seleção precoce em testes clonais de eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBEF/SBS, 2003.

TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T.; SOUZA, M. A. M. Tensões de crescimento: recentes experiências com medições não destrutivas. In: SEMINÁRIO SÓLIDOS DE EUCALIPTO: avanços científicos e tecnológicos, 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002. p. 125-134.

CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO RELACIONADAS ÀS TENSÕES DE CRESCIMENTO EM CLONES DE *Eucalyptus*.

PÁDUA, F. A. de. Características de crescimento associadas às tensões de crescimento em clones de *Eucalyptus*. In: _____. **Estimativas de parâmetros genéticos das tensões de crescimento em clones de *Eucalyptus***, 2004. Cap 4, p. 54-66. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras¹.

1 RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a relação existente entre os níveis de deformação residual longitudinal (DRL), os valores de diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) e a altura total da árvore (HT), considerando as árvores individuais e agrupadas por classe diamétrica e de altura. Para isso foram utilizados 52 clones de *Eucalyptus* aos 49 meses, cultivados no noroeste do estado de Minas Gerais. Os resultados indicaram que não houve relação significativa entre os níveis de DRL com DAP e HT quando os clones foram avaliados isoladamente. O agrupamento dos clones em classes de DAP e HT favoreceu o estabelecimento de relação funcional significativa e negativa entre os níveis de DRL e os centros de classes de diâmetro e altura. As regressões apresentaram altos coeficientes de determinação para os materiais classificados, ao contrário dos obtidos sem a classificação.

¹Comitê Orientador: Paulo Fernando Trugilho – UFLA (Orientador), José Tarcísio Lima – UFLA (Co-orientador), Fábio Akira Mori –UFLA (Co-orientador).

CHAPTER 4

CHARACTERISTICS OF GROWTH RELATED TO GROWTH STRESSES IN *Eucalyptus* CLONES.

PÁDUA, F. A. de. Characteristics of growth related to growth stresses in *Eucalyptus* clones. In: _____. **Estimates of genetics parameters of growth stresses in *Eucalyptus* clones**, 2004. CAP 4, p.54-67. Dissertation (Master in Forest Engineering) –Universidade Federal de Lavras, Lavras¹.

2 ABSTRACT

The objective of the present work was to evaluate the relationship between longitudinal residual strains (DRL) and both the values of diameter (DAP) and height (HT), considering individual and grouped trees for classes of diameter and height. For this, 52 *Eucalyptus* clones, 49 months old, cultivated in Northwest of Minas Gerais State, Brazil were used. The results indicated that there was not significant relationship between DRL and both DAP and HT when clones were evaluated separately. The grouping of clones in classes of DAP and HT favored the achievement of significant and negative functional relationship between the levels of DRL and both the center of classes of DAP and HT. The analysis of regressions presented high coefficients determination for the grouped clones in contrast to those obtained without the classification.

¹Advising Committee: Paulo Fernando Trugilho - UFLA (Adviser), José Tarcísio Lima - UFLA (Co-adviser), Fábio Akira Mori – UFLA (Co-adviser).

3 INTRODUÇÃO

A tendência ao rachamento e empenamento, com a conseqüente redução do rendimento em madeira serrada, ocorre com freqüência durante o processamento da madeira do eucalipto. A grande causa desta situação são os altos níveis de tensões de crescimento do material.

Como qualquer outro material, o sucesso no processamento e utilização da madeira deve ser baseado no conhecimento de todas as suas características e variações. Além disso, o conhecimento da relação existente entre as características e as associações entre elas permitirá que a identificação da variável mais importante seja possível para a indicação de uso. Assim, como as tensões de crescimento possuem papel importante na utilização da madeira para a produção de serrados, avaliar a sua relação com a altura e com o diâmetro da árvore é necessário para que se possa prever o quanto desbastes ou plantios em espaçamentos mais amplos irão influenciar essas tensões em árvores individuais.

As pesquisas envolvendo o estudo das tensões de crescimento em *Eucalyptus spp* são realizadas através da medição indireta de suas intensidades, geralmente baseadas na determinação dos seus efeitos, como é o caso da determinação dos índices de rachaduras e dos níveis de deformação residual longitudinal.

Com o objetivo de contribuir para o sucesso da utilização do eucalipto como madeira serrada, a relação entre as tensões de crescimento e outras características da madeira deve ser estudada e analisada. Há uma necessidade de maior concentração de esforços no sentido de avaliar as potencialidades dos materiais em relação à qualidade da madeira, aliada à alta produtividade volumétrica.

O objetivo deste capítulo foi avaliar a relação existente entre os níveis de DRL e os valores de diâmetro e altura de árvores individuais, também, considerando as observações agrupadas por classe diamétrica e de altura em clones de *Eucalyptus* aos 49 meses de idade.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material biológico

Neste capítulo foram avaliados 52 clones do gênero *Eucalyptus* aos 49 meses de idade, em uma área de teste clonal (ATC 98) instalada pela Companhia Mineira de Metais (VMM-AGRO), pertencente ao grupo Votorantim. Os clones foram plantados no espaçamento 10x4m, em sistema agrosilvopastoril.

4.2 Local de experimentação

O experimento foi instalado no local descrito no Capítulo 2.

4.3 Amostragem

4.3.1 Medição da DRL

A deformação residual longitudinal (DRL) foi medida nas árvores em pé, em 3 indivíduos por clone, a 1,30m de altura do solo (DAP). Os indivíduos foram previamente selecionados fenotipicamente como os de fuste mais

retilíneo, de boas condições fitossanitárias, e procurou-se evitar a escolha de árvores localizadas na bordadura dos experimentos.

Para a medição da deformação residual longitudinal (DRL), foram abertas pequenas janelas quadradas ao redor da circunferência do tronco das árvores selecionadas a 1,30 m de altura, nas quais o extensômetro (medidor de deformações do crescimento) modelo Cirad Forêt foi fixado. A DRL foi determinada no tronco das árvores em três pontos, uma leitura considerando a orientação cardinal norte e mais duas em pontos equidistantes ao longo da circunferência da árvore. Foram realizadas apenas três medições ao redor do tronco em função do pequeno diâmetro apresentado pelas árvores.

4.3.2 Medição das características de crescimento

As características de crescimento avaliadas foram o diâmetro a 1,30 m de altura (DAP) e a altura total da árvore (HT).

O DAP foi medido a 1,30m do solo, em três indivíduos por clone, utilizando uma fita diamétrica graduada em centímetros. O valor médio do DAP por clone foi obtido pela média das repetições.

A altura total da árvore também foi mensurada nos mesmos três indivíduos por clone, utilizando o hipsômetro SUUNTO. O valor médio do HT por clone foi obtido pela média das repetições.

4.4 Análise estatística dos dados

Foi utilizada a análise de regressão para estabelecer a relação funcional existente entre a DRL, o DAP e a HT. As análises de regressão foram realizadas individualmente por clone e considerando um agrupamento por classe de DAP e HT. Foi utilizado o modelo de regressão linear dado a seguir:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i,$$

em que:

Y_i = valor da i -ésima DRL (mm);

β_0 = constante da regressão;

β_1 = coeficiente de regressão;

X_i = DAP ou HT individual ou classe de DAP e de HT;

e_i = erro experimental.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos 52 clones avaliados em relação aos níveis de DRL, DAP e HT estão apresentados na Tabela 1.

5.1 Relação funcional entre a DRL e as características de crescimento para os dados individuais

Os valores obtidos pela análise de regressão para verificar a relação funcional entre DRL(mm), DAP(cm) e HT(m) foram analisados em função dos coeficientes de determinação e regressão e suas significâncias. A relação dos materiais que apresentaram melhor ajuste da equação de regressão linear está apresentada nas Tabelas 2 e 3, respectivamente para o DAP e HT.

Verifica-se, pela Tabela 2, que dos 52 clones avaliados, somente seis apresentaram relação funcional significativa, indicando a pequena relação

TABELA 1 Valores médios apresentados pelos clones em relação a DRL, DAP e HT.

Clone	DAP	HT	DRL	Clone	DAP	HT	DRL
1	19,937	21,139	0,072	27	16,722	18,944	0,059
2	19,603	22,958	0,074	28	14,886	17,306	0,092
3	20,167	19,028	0,043	29	19,396	19,861	0,068
4	18,748	22,250	0,064	30	17,205	16,750	0,078
5	18,181	20,242	0,082	31	16,160	17,903	0,089
6	16,213	19,528	0,071	32	17,581	20,500	0,073
7	20,672	22,389	0,075	33	20,460	21,722	0,080
8	19,343	21,500	0,069	34	19,382	19,278	0,070
9	18,635	19,417	0,048	35	18,260	17,333	0,073
10	22,137	23,694	0,074	36	19,643	20,500	0,057
11	17,588	15,250	0,082	37	18,296	17,750	0,074
12	17,323	19,083	0,077	38	19,438	20,542	0,065
13	16,959	18,111	0,061	39	16,892	17,667	0,086
14	18,181	16,333	0,091	40	18,292	16,750	0,067
15	18,985	18,194	0,073	41	14,536	18,042	0,097
16	17,189	17,167	0,064	42	18,756	20,111	0,081
17	18,805	21,778	0,090	43	17,956	19,694	0,072
18	23,650	23,917	0,052	44	19,806	21,417	0,070
19	16,913	17,900	0,119	45	17,460	18,668	0,080
20	18,791	18,878	0,048	46	19,169	19,917	0,082
21	19,746	19,694	0,131	47	18,420	21,306	0,082
22	19,976	22,416	0,083	48	18,260	20,278	0,082
23	22,345	18,250	0,115	49	17,268	20,250	0,085
24	17,327	19,278	0,054	50	19,092	19,583	0,056
25	16,881	19,083	0,058	51	16,998	19,056	0,072
26	19,947	21,504	0,087	52	19,753	21,972	0,063

funcional entre a DRL e o diâmetro da árvore (DAP). Este fato é de fácil compreensão quando se considera que a análise de regressão para a equação comum foi não significativa. Essa baixa relação apresentada pelos materiais indica que as deformações residuais longitudinais não foram influenciadas pelo diâmetro do tronco.

TABELA 2 Equações de regressão linear simples ajustadas para os níveis de DRL em função da DAP.

Clone	Equação ajustada	r ² (%)
2	$Y_i = -21,9965 + 4,88296 X_i$	84,22**
4	$Y_i = -46,4803 + 4,30403 X_i$	82,13**
7	$Y_i = -141,314 + 13,0888 X_i$	62,20**
30	$Y_i = 154,405 - 4,43449 X_i$	81,29*
39	$Y_i = 0,664459 + 5,0618 X_i$	55,42***
44	$Y_i = -31,3321 + 5,13121 X_i$	39,38***
Comum	$Y_i = 104,186 - 1,56073 X_i$	0,27ns

***, ** e * significativo a 10, 1 e 5%, respectivamente; ns = não significativo; Y_i : valor estimado da DRL; X_i : Valor do DAP.

Esse resultado está de acordo com os encontrados por Souza (2002), Scanavaca Júnior (2002) e Scanavaca Júnior e Garcia (2003), os quais não encontraram correlação significativa entre diâmetro e níveis de tensões de crescimento em *Eucalyptus regnans*, híbridos de *Eucalyptus* e *Eucalyptus urophylla*, respectivamente.

Muneri et al. (2000) encontraram correlação significativa, porém baixa, (0,51) entre DAP e DRL, já Curro e Cividini (1961) afirmam existir, em *Eucalyptus camaldulensis*, uma correlação negativa entre as deformações causadas pelas tensões de crescimento e o diâmetro, ou seja, a deformação decresce com o aumento diametral do tronco.

Em relação à altura da árvore, conforme a Tabela 3, apenas quatro dos 52 clones avaliados apresentaram relação funcional significativa. Como o ocorrido para o diâmetro, a análise de regressão para a equação comum foi não significativa, indicando a ausência de relação entre as variáveis HT e DRL.

Souza (2002) também não encontrou correlação significativa entre a altura total da árvore e os níveis de DRL em clones híbridos de *Eucalyptus*, já Muneri et al. (2000) encontraram uma fraca correlação (0,40) entre a DRL e HT da árvore.

TABELA 3 Equações de regressão linear simples ajustadas para os níveis de DRL em função da HT.

Clone	Equação ajustada	r ² (%)
1	$Y_i = -49,453 + 5,73455 X_i$	84,22*
29	$Y_i = 149,937 - 4,11056 X_i$	82,13*
36	$Y_i = -200,237 + 12,5481 X_i$	62,20**
52	$Y_i = -23,6599 + 3,95755 X_i$	81,29*
Comum	$Y_i = 110,547 - 1,80090 X_i$	0,44 ns

***, ** e * significativo a 10, 1 e 5%, respectivamente; ns = não significativo; Y_i : valor estimado da DRL; X_i : Valor do DAP.

5.2 Relação funcional entre a DRL e as características de crescimento agrupadas por classe.

Em virtude da relação não significativa entre os níveis de DRL e as características de crescimento da madeira revelada pelos resultados anteriormente discutidos, os materiais foram agrupados em classes de diâmetro e altura, visando avaliar o efeito dessa classificação.

A Tabela 4 apresenta o resultado da classificação dos clones por DAP e HT.

TABELA 4 Agrupamento dos clones por classe de DAP e HT

	Classes	Frequência	Centro de classe (cm)	DRL (mm)	CV (%)
DAP (cm)	14,00 – 16,99	9	15,50	0,081	25,26
	17,00 – 18,99	21	18,00	0,074	14,25
	19,00 – 20,99	18	20,00	0,074	24,52
	21,00 – 23,99	4	22,50	0,072	42,59
HT (m)	15,00 – 18,00	12	16,50	0,083	17,32
	18,01 – 20,00	18	19,00	0,073	31,01
	20,01 – 22,00	16	21,00	0,074	15,41
	22,01 – 24,00	6	23,00	0,070	15,39

A classificação dos clones por DAP e HT apresentada na Tabela 4 permite a recomendação dos clones inseridos nas classes de menores níveis de DRL para operações de desdobro, pois estes materiais combinam baixos níveis de tensões de crescimento e alta produtividade volumétrica, atributos de interesse para a utilização da madeira de eucalipto como produto sólido. Portanto, a classificação dos clones é eficiente, uma vez que facilita qualificar a aptidão do material para uso, por exemplo, em serraria.

A análise da regressão para as observações agrupadas por classes de DAP e HT foi significativa e possibilitou o ajuste de um modelo de regressão linear para os dados classificados, como mostram as Figuras 1 e 2.

A Figura 1 mostra a equação ajustada, os valores observados em relação aos estimados pela regressão e o respectivo coeficiente de regressão (r^2).

Observa-se, pela Figura 1, que houve relação funcional significativa e negativa, o que indica que a DRL tende a decrescer com o aumento da classe diamétrica. Este importante resultado sugere que menores níveis de DRL devem estar associados a maiores diâmetros.

A mesma tendência de variação ocorrida para as classes de DAP foi verificada para as classes de HT verificadas na Figura 2. Os resultados indicaram uma relação significativa e negativa dos níveis de DRL em função das classes de HT, indicando que as características variam em sentidos opostos, ou seja, os níveis de DRL tendem a diminuir com o aumento da classe de altura. O valor do coeficiente de determinação (r^2) indica que 78,22% da variação total são devidos à regressão.

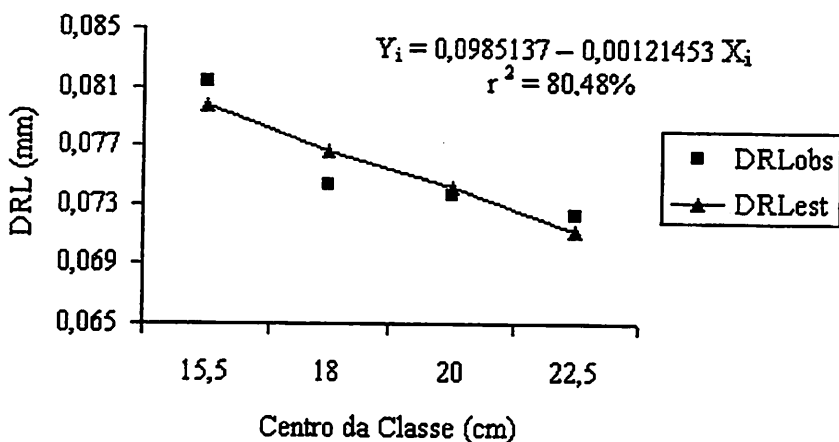


FIGURA 1 Relação funcional entre DRL e cento da classe de DAP

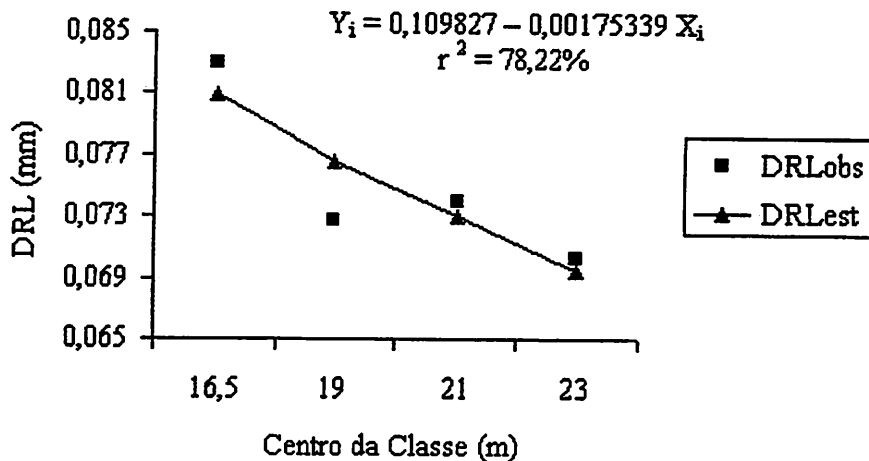


FIGURA 2 Relação funcional entre DRL e cento da classe de HT

Tanto para os clones agrupados em classes de DAP quanto de HT os coeficientes de determinação (r^2) apresentados podem ser considerados altos, o que indica o bom grau de ajuste das equações de regressão.

Esse resultado está de acordo com os obtidos por Lima et al. (2004), em que as correlações entre as deformações residuais longitudinais e as características de crescimento das árvores não foram significativas quando os materiais genéticos foram analisados isoladamente. Entretanto, quando os materiais foram reunidos, apenas a altura total da árvore não resultou em correlação significativa. A relação entre as deformações residuais longitudinais (DRL) e as características de crescimento (DAP e HT) no presente estudo só foi significativa quando os materiais foram estudados em classes, devido à redução da influência do efeito de clone que ocorre quando os materiais são agrupados.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados discutidos e apresentados, foi possível concluir que:

- somente seis e quatro clones apresentaram regressão linear simples significativa dos níveis de DRL em função do DAP e HT, respectivamente;
- no geral, não existiu relação funcional entre as características de crescimento e a DRL quando os materiais foram analisados isoladamente;
- o agrupamento dos clones em classes de DAP e HT favoreceu o estabelecimento de relação funcional significativa e negativa entre os níveis de DRL e os centro de classe de DAP e HT;

- os coeficientes de determinação foram elevados para as regressões ajustadas em função da classe de DAP e HT, indicando o alto grau de ajuste das equações.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CURRO, P.; CIVIDINI, R. Preliminary observations on growth stresses in eucalypts. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 2., 1961, São Paulo. **Relatório e Documentos...** São Paulo, 1961. v. 2, p. 1123-33.
- LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ, C. R. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, Viçosa, 2004. (no prelo).
- MUNERI, A.; KNIGHT, J.; LEGATE, W.; PALMER, G. Relationships between surface longitudinal growth strain and tree size, wood properties and timber distortion of 4 years old plantation grown *Eucalyptus cloeziana*. In: IUFRO CONFERENCE - THE FUTURE EUCALYPTS FOR WOOD PRODUCTS, 2000, Launceston, Australia. **Proceedings...** Launceston: IUFRO, 2000. p. 292-300.
- SOUZA, M. A. M. **Deformação Residual Longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus***. 2002. 72 p. Dissertação (mestrado em Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 32-43, jun. 2003
- SCANAVACA JUNIOR, L. **Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e de seu potencial para utilização em serraria**. 2002. 108 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.