

**DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAIS DE CRESCIMENTO EM UM HÍBRIDO
CLONAL DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis***

Fabricio Gomes Gonçalves¹, José Tarcísio da Silva Oliveira², Gilson Fernandes da Silva³, Robert Cardoso Sartório⁴

(recebido: 20 de abril de 2006; aceito: 22 de março de 2007)

RESUMO: A madeira de eucalipto, como a maioria das folhosas, apresenta ao longo de seu tronco tensões internas que se manifestam após a derrubada das árvores, em intensidades variadas, conforme a espécie. Assim, este estudo teve como objetivo principal estudar as deformações residuais longitudinais existentes em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, de duas idades e provenientes de regeneração de povoamentos por talhadia simples e reforma sob diferentes sistemas de desbaste, utilizando-se o Medidor de Deformação de Crescimento do CIRAD-Forêt. Pelos resultados, verificou-se que as árvores provenientes da condição de talhadia e idade de 70 meses apresentaram a menor variabilidade entre as quatro posições cardinais avaliadas; as árvores plantadas no maior espaçamento na condição de reforma e idade de 70 meses apresentaram uma variabilidade superior entre as posições cardinais.

Palavras-chave: Tensão de crescimento, eucalipto, madeira.

**EVALUATION OF LONGITUDINAL GROWTH STRAIN IN A CLONAL HYBRID
OF *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis***

ABSTRACT: The eucalyptus wood, as in most of the hardwood, presents internal tensions along the trunk, which appears after felling the trees, in varied intensities, according to the species. This study evaluated the longitudinal residual deformations (DRL) existent in a hybrid clonal of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, in two ages and coming from coppicing and from a replanting. It was used the Growth Deformation Meter of CIRAD-Forêt. The results showed that trees of the coppicing condition and age of 70 months presented to smallest variability among the four cardinal positions; the trees planted in the largest spacing in the replanting condition and age of 70 months presented the greatest variability among the cardinal positions.

Key words: Growth strain, eucalypt, wood.

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais, se não o mais importante fator relacionado à desvalorização da madeira serrada, são as rachaduras e empenamentos, que na maioria das vezes estão associados às tensões internas geradas durante o crescimento da árvore. Essas tensões, se manifestam após seu abate, com uma maior intensidade naqueles indivíduos mais jovens. De acordo com Latorraca & Albuquerque (2000), a maioria dos problemas que ocorrem com a qualidade da madeira, é oriunda de algumas características do lenho juvenil, devido a sua tendência de proporcionar contrações mais acentuadas.

As tensões de crescimento na madeira são forças existentes no interior do tronco das árvores vivas,

possuindo origem no câmbio durante a formação da madeira (MAEGLIN, 1987), contribuindo para a sustentação da árvore. Essas tensões aumentam em grande parte durante o período juvenil de crescimento das árvores, que, quando abatidas são liberadas, podendo ser bem visualizadas na seção axial do tronco recém-abatido, e muitas das vezes têm seu início na medula (KUBLER, 1987; LATORRACA & ALBUQUERQUE, 2000; RAYMOND et al., 2004; SANTOS, 2002). Durante o processo de desdobro da madeira nas serrarias, também ocorrem novas liberações de tensões, as quais devido à intensidade podem comprometer o rendimento do produto final (Características..., 2001). Essas tensões são muito variáveis entre espécies e mesmo entre árvores da mesma espécie.

¹Engenheiro Florestal, Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo – Rua José Felipe da Silva, 10 – 29.500-000 – Alegre, ES – fabricio@agronet.gov.br

²Professor do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal do Espírito Santo – Campus Universitário de Alegre – Alto Universitário, S/N – Centro – Cx. P.16 – 29.500-000 – Alegre, ES – jtsilva@npd.ufes.br

³Professor do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal do Espírito Santo – Campus Universitário de Alegre – Alto Universitário, S/N – Centro – Cx. P.16 – 29.500-000 – Alegre, ES – gfsilva@npd.ufes.br

⁴Aracruz Celulose S.A. – Rodovia Aracruz, s/nº – Barra do Riacho – 29.197-900 – Aracruz, ES – rcsa@aracruz.com.br

Práticas como o desbaste podem permitir o crescimento em diâmetro das árvores, reduzindo assim as possíveis tensões de crescimento existentes ao longo do fuste (SHIELD, 1995, citado por MIRANDA & NAHUIZ, 1999). Lima et al. (2000) estudaram a influência do desbaste nas tensões de crescimento em povoamento de *Eucalyptus grandis* com 18 anos de idade. Concluíram que intensidades de desbaste diferentes podem influenciar na formação de rachaduras nas extremidades das toras e ainda no encurvamento das peças desdobradas ainda úmidas. Os mesmos autores ainda mencionam que o incremento em diâmetro da árvore, quando obtido por prática de desbaste, pode fazer com que as tensões de crescimento sejam reduzidas.

Trugilho et al. (2002) avaliaram as tensões de crescimento em 11 clones de eucalipto com 6 anos de idade, plantados no espaçamento 10,0 x 4,0 metros. Encontraram um valor médio para a deformação residual longitudinal de 0,090 mm, afirmando ainda que existe uma grande variabilidade entre os clones. Tal variabilidade pode ser útil, por possibilitar a seleção de clones com menores valores de tensões de crescimento e conseqüentemente madeira com menores riscos de apresentarem defeitos no abate e posterior desdobro.

Maeglin (1987) cita que a redução das tensões de crescimento em folhosas deve ser uma associação entre o melhoramento genético e práticas silviculturais, envolvendo também os setores de tecnologia de processamento da madeira.

De acordo com Trugilho et al. (2004), as tensões de crescimento existentes nas árvores provocam muitas dificuldades na utilização da madeira, quando para madeira sólida. Segundo os mesmos autores, a dificuldade maior está na forma de como estas tensões são determinadas. Atualmente, os métodos de medição da tensão de crescimento nas árvores são baseados de forma indireta com base na determinação da deformação residual longitudinal (DRL), a qual é diretamente proporcional à tensão de crescimento na direção longitudinal, liberada pelas árvores no momento da ruptura das fibras no sentido longitudinal.

Alguns autores, como Miranda & Nahuz (1999), verificaram a variação da deformação residual longitudinal (DRL) em clones de *Eucalyptus saligna* com nove anos de idade e suas associações com algumas características físicas e mecânicas da madeira. Os resultados indicaram que a DRL não apresentou correlação significativa com as características de crescimento da árvore. Os autores ainda

afirmam que a DRL apresentou uma correlação positiva e significativa para o rachamento das toras.

Uma correlação entre a deformação residual longitudinal e as propriedades físicas e mecânicas da madeira de clones de eucalipto, sendo quatro híbridos naturais de *Eucalyptus grandis* e um híbrido entre as espécies *E. urophylla* x *E. grandis* foi realizada por Lima et al. (2004). Os autores afirmam que das várias propriedades avaliadas, apenas a densidade básica foi correlacionada significativa e positivamente com a DRL, quando os clones foram avaliados conjuntamente. Mencionam ainda que foi possível estimar a densidade básica da madeira através de modelos múltiplos, mediante à associação com a DRL.

Em trabalho realizado com *E. dunnii* de 8, 13, 15 e 19 anos, Trugilho et al. (2004) afirmam que a deformação residual longitudinal apresenta uma tendência de aumento linear com a idade.

A avaliação da tensão de crescimento utilizando-se um método não-destrutivo e indireto, através da deformação residual longitudinal mensurada pelo extensômetro é uma ferramenta muito útil para utilização na tecnologia da madeira. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar as deformações residuais longitudinais de crescimento – DRL em um híbrido clonal das espécies *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* de duas idades e provenientes de rebrota e reforma.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de amostragem e material experimental

Foram amostradas árvores oriundas de um experimento com clones de propriedade da empresa ARACRUZ CELULOSE S.A., localizada no Sul do Estado da Bahia, municípios de Mucuri e Nova Viçosa.

O solo local é pertencente à Formação Barreiras, sendo predominante nos três extratos o Podzólico Amarelo Distrófico, que envolve o substrato cristalino e tem um comportamento geológico semelhante ao das áreas do Norte do Estado do Espírito Santo, apresentando um relevo suave a plano. De acordo com a classificação climática de Köppen, há predomínio do tipo “Af”, sendo clima tropical chuvoso e quente, com temperatura superior a 18°C no mês mais frio. A precipitação anual está em torno de 1.378,0 mm, sendo que no mês mais seco ocorre precipitação em torno de 60,0 mm. A região Sul do Estado da Bahia apresenta um déficit hídrico em torno de 124,0 mm e um excedente próximo a 78,0 mm anuais (com base em série histórica de apenas 10 anos).

No primeiro extrato, foi realizado um desbaste sistemático e seletivo único. No segundo extrato, o primeiro desbaste, aos 117 meses foi sistemático e seletivo, e o segundo aos 153 meses, apenas seletivo. Para o terceiro extrato, foi realizado um desbaste seletivo único. No desbaste sistemático foi eliminada uma linha de plantio a cada cinco novas linhas. Foram permitidos apenas um broto na primeira redução da brotação, que aconteceu por volta dos 9 meses de idade. Pela Tabela 1, apresenta-se forma resumida as características gerais dos três diferentes extratos avaliados neste estudo.

2.2 Avaliações realizadas

As medições da deformação residual longitudinal de crescimento - DRL, foram realizadas nas posições cardinais Norte, Sul, Leste e Oeste sempre a 1,30 m de altura do solo (DAP).

Aplicou-se o método do “*Centre de Coopération Internationale em Recherche Agronomique pour le Développement, Département des Forêt*” – CIRAD-Forêt (“*Growth Strain Gauge*” – Medidor de Deformação de Crescimento) que utiliza um aparelho chamado de extensômetro, o qual mede o movimento longitudinal das fibras da madeira pela liberação das tensões de crescimento existentes na árvore (Figura 1), determinando assim a deformação residual longitudinal (DRL). As medições foram realizadas retirando-se uma pequena faixa de casca no local definido. Dois pinos afastados 45,0 mm entre si foram fixados na faixa sem casca, sempre no sentido longitudinal da grã e conectados ao medidor de

deformações, cuja função é indicar a intensidade da deformação residual longitudinal. Após o ajuste desse aparelho, abriu-se um orifício de 20,0 mm de diâmetro e aproximadamente 30 mm de profundidade com auxílio de um arco-de-pua entre os pinos, para que as tensões pudessem ser liberadas e refletidas na contração longitudinal das fibras. Tomou-se o cuidado de não iniciar a perfuração na presença de ventos, já que os valores poderiam ser superestimados ou subestimados, devido às forças de sustentação internas na madeira naquele momento. As deformações são indicadas em um relógio digital, que é zerado antes da perfuração, anotando-se o valor após a estabilização da retirada do aparelho.

2.3 Análise estatística dos dados

Os dados foram analisados fazendo uso da estatística descritiva, tendo em vista o material disponibilizado para o estudo apresentar efeitos que não puderam ser controlados, como material genético, sítio (variação física e química), idades diferentes, métodos de implantação (talhadia e reforma do povoamento) e o manejo diferenciado. Foram utilizados os valores médios de cada ponto cardinal amostrado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 é apresentado o valor médio da deformação residual longitudinal (DRL), determinada nas cinco árvores para cada extrato nas posições cardinais com os respectivos desvios padrões e coeficientes de variação.

Tabela 1 – Características gerais dos extratos estudados.

Table 1 – General characteristics of the studied extracts.

	Extratos		
	E1	E2	E3
Época de plantio	03/1999	03/1991	06/1999
Condução de plantio	Talhadia	Reforma	Reforma
Espaçamento (m)	3,0 x 3,0	3,0 x 3,0	6,0 x 2,5
Capina química (unidade)	04	07	01
Roçada manual (unidade)	04	04	04
Idade de corte (meses)	70	166	70
Desbaste (meses)	30	117 e 153	42
Nº de cepas (a partir de 9 meses)	01	01	01
Volume de madeira/ha (m³)	169,01	364,07	119,27
Densidade na época do corte (arv/ha)	150	325	150



Figura 1 – Detalhes dos instrumentos utilizados para medição da Deformação Residual Longitudinal (DRL), composto pelo extensômetro (1), pinos de fixação (2), gabarito de fixação dos pinos (45,0 mm de afastamento) (3) e arco de pua com broca de 20,0 mm (4).

Figure 1 – Instruments used for measuring the Longitudinal Residual Strain (DRL), composed by strain gauge (1), fixation pins (2), jig for setting of the pins in tree (distanced 45,0 mm) (3) and drill bit (20,0 mm diameter) (4).

Tabela 2 – Valores médios da Deformação Residual Longitudinal (DRL) do lenho das árvores para os três extratos avaliados em função das posições cardinais.

Table 2 – Average values of the Longitudinal Residual Strain (DRL) of the log of the trees for the three studied extracts in function of the cardinal positions.

Extratos	Deformação Residual Longitudinal – DRL (mm)				
	Face Norte	Face Sul	Face Leste	Face Oeste	Média
E1 – Talhadia (70 meses)	(0,022)*	(0,026)	(0,135)	(0,030)	(0,071)
	0,106	0,104	0,146	0,091	0,113
	(20,88)	(25,32)	(92,92)	(31,19)	(63,08)
E2 – Reforma (166 meses)	(0,071)	(0,033)	(0,042)	(0,040)	(0,071)
	0,232	0,093	0,177	0,131	0,158
	(30,50)	(35,81)	(23,79)	(30,87)	(44,64)
E3 – Reforma (70 meses)	(0,101)	(0,020)	(0,064)	(0,017)	(0,082)
	0,213	0,076	0,173	0,091	0,138
	(47,56)	(26,88)	(37,14)	(18,61)	(59,58)
Média	(0,090)	(0,029)	(0,088)	(0,035)	(0,076)
	0,184	0,091	0,165	0,106	0,136
	(49,04)	(31,48)	(53,17)	(32,55)	(56,13)

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (mm) e coeficientes de variação (%), respectivamente.

Observa-se na Tabela 2, que os valores médios dentro das posições cardinais foram muito variáveis. Entre os extratos E1 e E3, os valores médios estão muito próximos, destacando o extrato E3, com o maior valor médio. Destaca-se também os elevados coeficientes de variação dentro dos extratos, em que o primeiro extrato apresentou os menores valores. A maior idade das árvores no extrato E3

pode ter contribuído para os maiores valores absolutos encontrados para a DRL, e conseqüentemente menor variabilidade entre as árvores.

Raymond et al. (2004), avaliando as tensões de crescimento em *Eucalyptus globulus* em idades de 288 e 324 meses, encontraram um valor médio para a DRL de 0,125 mm, superior somente ao extrato E1 deste estudo

(0,113 mm), valor este muito baixo. Este, por sua vez, indica que através de uma condução de talhadia simples, com apenas um desbaste sistemático e seletivo, pode-se obter uma madeira com menor propensão a rachamentos.

Os dados médios para as deformações residuais longitudinais e os respectivos desvios padrões para os extratos estudados estão ilustrados na Figura 2.

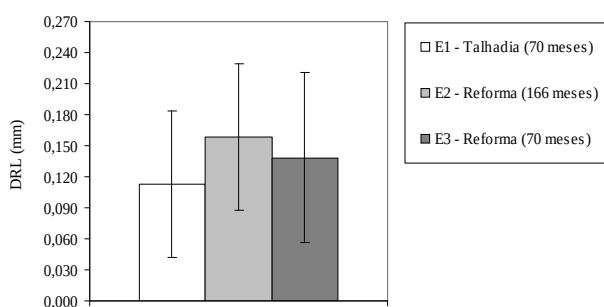


Figura 2 – Representação gráfica da Deformação Residual Longitudinal (DRL) média e respectivos desvios padrões para os extratos estudados.

Figure 2 – Graphic representation of the average Longitudinal Residual Strain (DRL) and respective standard deviations for the studied extracts.

Trugilho et al. (2004), em trabalho com *Eucalyptus dunnii* em idades variando de 108 a 156 meses, afirmam a existência de uma alta variabilidade para DRL. Os mesmos autores mencionam que a existência de elevados coeficientes pode ser uma boa alternativa quando se pretende trabalhar com a realização de seleção de árvores com potencial para produção de madeira sólida, tendo em vista que a DRL está relacionada com rachaduras e empenamentos quando as peças são serradas. Neste trabalho, pode-se observar na Figura 2 um comportamento pouco variável para a DRL, principalmente entre os extratos E1 e E3, ambos com mesma idade (70 meses), bem como a pouca variação dos dados em relação à média nos três extratos. Na Figura 3, ilustra-se graficamente os valores médios obtidos da deformação residual longitudinal de crescimento para cada árvore em função da posição no tronco.

As árvores apresentaram um comportamento próprio para cada posição cardinal avaliada, sendo a face voltada para o sul a que apresentou as menores deformações residuais longitudinais médias (0,091mm). As árvores apresentaram para as quatro posições cardinais coeficientes de variação média relativamente elevados, variando de 18,61% (face oeste) a 92,92% (face leste). Lima et al. (2004) encontraram coeficientes de variação de 13% a 80% na

madeira de quatro clones de *Eucalyptus grandis* e de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* plantado na região de Aracruz, ES, no espaçamento de 3,0 x 3,0m para idades entre 102 e 170 meses. Observando-se a Figura 3, nota-se que as maiores DRL's estão mais frequentes nas faces norte e leste, com média de 0,184 mm e 0,165mm, respectivamente.

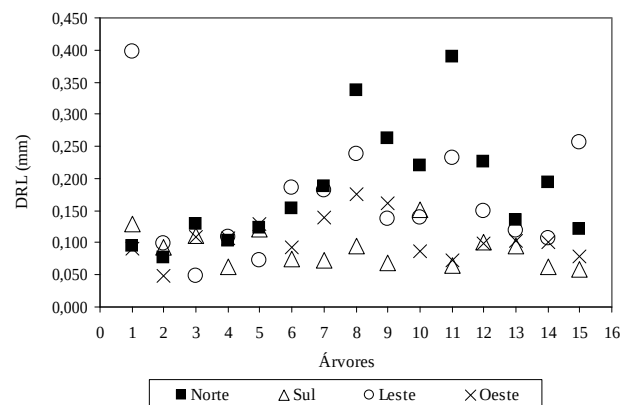


Figura 3 – Representação gráfica dos valores da Deformação Residual Longitudinal (DRL) obtidos para cada ponto cardinal em cada árvore em nível do DAP.

Figure 3 – Graphic representation of the values of the Longitudinal Residual Strain (DRL) obtained for each cardinal point in each tree at the DBH height.

Pela Figura 4, apresenta-se o coeficiente de variação médio da DRL para os pontos cardinais avaliados para cada árvore.

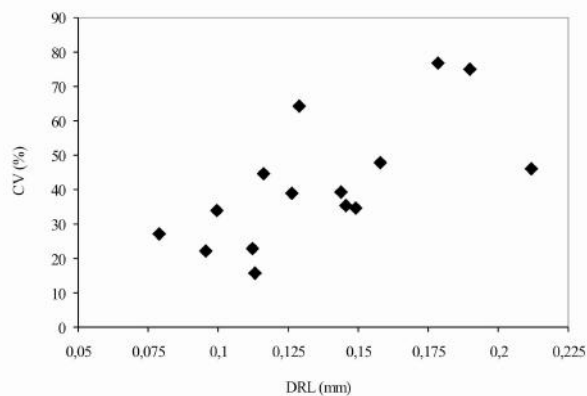


Figura 4 – Coeficiente de Variação (CV) para as posições de tomada da Deformação Residual Longitudinal (DRL) para cada árvore, em função da DRL média.

Figure 4 – Coefficient of Variation (CV) for the positions of socket of the Longitudinal Residual Strain (DRL) for each tree, in function of medium DRL.

O comportamento médio do coeficiente de variação em função da DRL, ilustrado na Figura 4, indica que as menores variações estão localizadas nas menores DRL's.

Raymond et al. (2004) encontraram valores crescentes para a DRL a partir de 1,30 m até a altura de 4,0m. Os autores também afirmam que entre as árvores houve grande variação para a deformação longitudinal de crescimento, o mesmo encontrado neste estudo.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi realizado, as seguintes conclusões são apresentadas:

- O extensômetro é um aparelho de fácil manuseio, permitindo leituras rápidas e com boa confiabilidade na medição de tensões de crescimento.

- A deformação residual longitudinal (DRL) do lenho nos extratos estudados, apresentou valores muito próximos entre si, indicando pouca variabilidade entre os mesmos.

- Os valores elevados para o coeficiente de variação encontrados para as posições cardinais em todos os extratos avaliados indicam haver um comportamento muito heterogêneo entre as árvores estudadas, o que pode favorecer estudos futuros na seleção genética de indivíduos menos susceptíveis a problemas tecnológicos, como rachamento e empenamentos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARACTERÍSTICAS intrínsecas da madeira. **Remade – Revista da Madeira**, [S.l.], ano 11, n. 59, set. 2001. Disponível em: <<http://www.remade.com.br>>. Acesso em: 20 jul. 2005.
- KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forestry Abstracts**, [S.l.], v. 48, n. 3, p. 131-189, 1987.
- LATORRACA, J. V.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.
- LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; NOGUEIRA, M. C. S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 58, p. 111-125, 2000.
- LIMA, J. T. et al. Deformações residuais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 107-116, 2004.
- MAEGLIN, R. R. Juvenile wood, tension wood, and growth stress effects on processing hardwoods. In: APPLYING THE LATEST RESEARCH TO HARDWOOD PROBLEMS: ANNUAL HARDWOOD SYMPOSIUM OF THE HARDWOOD RESEARCH COUNCIL, 15., 1987. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1987. p. 100-108.
- MIRANDA, M. J. A. C.; NAHUZ, M. A. R. Estudo da influência do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* Smith nos índices de rachamento após o desdobro e após a secagem. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 55, p. 107-116, 1999.
- RAYMOND, C. A. et al. Evaluation of on-destructive methods of measuring growth stress in *Eucalyptus globules*: relationships between strain, wood properties and stress. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 190, p. 187-200, 2004.
- SANTOS, P. E. T. **Avaliação de características tecnológicas de madeira para serraria em progênies de polinização aberta de eucalipto e implicações para o melhoramento genético**. 2002. 153 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- TRUGILHO, P. F. et al. Efeitos da idade e classe diamétrica na deformação residual longitudinal em árvores de *Eucalyptus dunni* Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 725-731, 2004.
- TRUGILHO, P. F. et al. Avaliação da tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 9, n. 1, p. 38-44, 2002.