

**DETERMINAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAIS
DECORRENTES DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO EM *Eucalyptus* spp.**

DETERMINATION OF LONGITUDINAL RESIDUAL STRAIN
DUE TO GROWTH STRESS IN *Eucalyptus* spp.

Rafael Beltrame¹ Marília Lazarotto¹ Clovis Roberto Haselein²
Elio José Santini² Paulo Renato Schneider³ Aurélio Mendes Aguiar⁴

RESUMO

O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de determinar as deformações residuais longitudinais (DRL), decorrentes das tensões de crescimento em árvores em pé e vivas de diferentes clones de *Eucalyptus* spp. Para tanto, foram selecionados 12 clones do gênero *Eucalyptus* com nove anos de idade, por meio das maiores áreas basais (G). Foram selecionadas 12 árvores de cada clone, onde foram medidas as variáveis de densidade básica (DB), espessura de casca (EC), diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total (H). As medições da DRL foram realizadas, com o auxílio do extensômetro (*Growth Strain Gauge*), pelo método CIRAD-Forêt. As leituras foram realizadas em quatro posições ao redor do tronco da árvore. Em relação aos níveis das DRL, os resultados obtidos no estudo indicaram que os clones apresentaram grandes variações entre si, apresentando um valor médio considerado elevado quando comparado com resultados encontrados na literatura. O clone 8 se destacou por apresentar os menores níveis de deformação, sendo considerado um material recomendado para programas de melhoramento genético e para produção de madeira sólida. Já o clone 1, apresentou os maiores valores das DRL. Ocorreram variações das DRL, ao longo da circunferência do tronco das árvores, sendo mais acentuadas na linha referente à posição Leste. Analisando as correlações entre as variáveis, verificou-se que as DRL apresentaram correlações significativas com a EC, DAP e o volume total da árvore em pé (VOL).

Palavras-chave: deformações; extensômetro; melhoramento genético; qualidade da madeira.

ABSTRACT

This study was carried out to determine the longitudinal residual strain (DRL) resulting from growth stress in standing trees, in different clones of *Eucalyptus* spp. Twelve clones of 9-year-*Eucalyptus* spp. were selected by basal area (G). From each clone, 12 trees of each clone were selected, and the following variables were measured: basic density (DB), bark thickness (EC), diameter at breast height (DBH) and total height (H). The measurements of DRL were performed in living trees, using an extensometer (*Growth Strain Gauge*), according to the CIRAD-Fôret method. Readings were taken at four locations around the tree trunk. In relation to the levels of DRL, the results obtained in the study indicated that the clones showed large variations among themselves, presenting values considered high ones when compared with the results found in literature. The clone 8 was distinguished by having the lowest levels of strain and was considered as a suitable and recommended material for the production of solid wood and for breeding programs. On

1. Engenheiro Florestal, Msc., doutorando (a) do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). browbeltrame@yahoo.com.br / lilazarotto@yahoo.com.br
 2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), clovis.haselein@smail.ufsm.br, eliosantini@smail.ufsm.br
 3. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), paulors@smail.ufsm.br
 4. Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador Sênior em Melhoramento Genético Clássico da Empresa FIBRIA, Rod. General Euryale de Jesus Zerbine, Km 84, CEP 12340-010, Jacareí (SP), aurelio.aguiar@fibria.com.br
- Recebido para publicação em 23/09/2010 e aceito em 18/03/2011

the other hand, the clone 1 showed the highest values of the DRL. There were variations in the DRL, along the circumference of the trunk of trees, and it was more pronounced in the East heading line. Analyzing the correlations between variables, it was found that the DRL values were significantly correlated with EC, DAP and the standing tree volume (VOL).

Keywords: deformations; extensometer; breeding; wood quality.

INTRODUÇÃO

Entre as diversas espécies de interesse econômico, plantadas comercialmente nas zonas tropicais e subtropicais do globo, inegavelmente, as do gênero *Eucalyptus* estão entre as mais bem sucedidas, face ao rápido crescimento, diversidade de espécies e atendimento a uma ampla gama de propósitos industriais. O gênero apresenta atributos que o torna importante fonte de matéria-prima fabril, dentre eles, destaca-se a sua capacidade produtiva, a adaptabilidade a diversos ambientes, o que possibilita atender a requisitos tecnológicos dos mais diversos segmentos do setor madeireiro (ASSIS, 1999).

Embora o eucalipto apresente inúmeros atributos para fins madeireiros, existem limitações impostas pelas tensões de crescimento, que são muito comuns nesse gênero. As tensões de crescimento são responsáveis pelo aparecimento de rachaduras e empenamentos que dificultam a utilização do eucalipto na produção de madeira serrada (MALAN, 1995). Porém, os altos níveis das tensões de crescimento não são exclusivos dos eucaliptos, ocorrendo também em outras folhosas.

A tensão de crescimento é uma característica que está presente na maioria das árvores e está relacionada com o equilíbrio do tronco, suportando o peso da copa, a ação de fatores como vento e inclinação do terreno. Nas folhosas, como no gênero *Eucalyptus*, a tensão de crescimento é mais acentuada do que nas coníferas, sendo que a madeira deste gênero apresenta consideráveis níveis de tensões.

É possível afirmar que as tensões de crescimento são as principais responsáveis pelos baixos rendimentos no processamento da madeira de eucalipto, devido à redução das dimensões das peças, caudadas por defeitos, como rachaduras. Essas restrições ao uso desse material são mais proeminentes em florestas jovens do que em adultas, como consequência de diversos fatores intrínsecos à madeira (NICHOLSON, 1973).

Os métodos de medições utilizados determinam as deformações residuais longitudinais (DRL) e não a tensão de crescimento, propriamente dita. Uma vez determinada a deformação residual longitudinal de uma peça em relação ao seu

comprimento, 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 conhecer o valor da tensão de crescimento (LISBOA, 1993).

A utilização de métodos não destrutivos permite determinar, de maneira rápida e precisa, os níveis das tensões de crescimento presentes em populações de eucalipto. Isto possibilita selecionar árvores produtoras de madeira com a agregação de importantes atributos tecnológicos para o seu uso industrial.

Dessa forma, se torna importante conhecer os níveis das tensões de crescimento em populações de eucalipto, para que se possam selecionar corretamente as espécies menos propensas a manifestações de defeitos e melhorá-las geneticamente.

Diante deste contexto, este estudo teve como objetivos determinar as deformações residuais longitudinais (DRL), decorrentes das tensões de crescimento em árvores em pé e vivas de diferentes clones de *Eucalyptus* spp.; avaliar a variação da DRL ao longo da circunferência do tronco da árvore, em função das posições de leitura (linhas e entre linhas do plantio); e avaliar a existência de correlação entre as DRL e algumas características da madeira (diâmetro, altura, espessura de casca, volume e densidade básica).

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do local de coleta

O material utilizado neste estudo foi proveniente de um povoamento experimental, localizado no município de Eldorado do Sul, no estado do Rio Grande do Sul. A área do experimento está situada, aproximadamente, nas coordenadas geográficas 51°37'54" de longitude Oeste e 30°7'33" de latitude Sul. O povoamento experimental foi implantado em setembro de 2000, sob um espaçamento inicial de 3,0 m x 2,7 m, sendo que cada tratamento era composto por 25 árvores, assim, formando uma parcela.

Materiais genéticos

Os clones do gênero *Eucalyptus* foram previamente selecionados, através de um inventário florestal, onde se selecionou 12 clones com os maiores valores de área basal, descritos na Tabela 1.

Para as medições das variáveis do estudo, foram selecionadas 12 árvores de cada clone, de acordo com a forma do fuste (retilíneos), ausência de bifurcação, fenótipo, boas condições fitossanitárias e rejeitando árvores localizadas próximas às bordaduras, eliminando as interferências ocasionadas pelos ventos e relevos com inclinações acentuadas.

Medições das variáveis do estudo

Diâmetro a altura do peito (DAP)

A medição do DAP foi realizada com o auxílio de uma suta métrica, onde se mediu o diâmetro com casca das árvores selecionadas.

Espessura de casca (EC)

Para efetuar a medição da espessura de casca das árvores selecionadas, utilizou-se um facão para a retirada da casca a altura do DAP e em seguida, utilizando um paquímetro digital, mediu-se a espessura da casca.

Densidade básica (DB)

Para estimar a densidade básica das árvores em pé e vivas, utilizou-se o Pilodyn, que informa a resistência do tronco a perfuração de um pino. Esse equipamento é de fácil manuseio,

rápida execução e somente destrutivo no local da leitura. Ele mede a profundidade de penetração do pino na madeira, através da resistência que a árvore oferece à perfuração do pino de 3 mm de diâmetro por 50 mm de comprimento. Esse pino penetra na madeira e registra a perfuração no tronco da árvore por meio de uma escala, que varia de 0 a 50 mm. A mensuração das árvores foi realizada sem a casca, a 1,30 m do solo.

A fim de determinar a densidade básica através do equipamento, foi utilizada uma equação balanceada, desenvolvida pela empresa que cedeu os clones de *Eucalyptus* spp. para o estudo, conforme a Equação 1:

$$DB = 679,52941 - 13,52125 \times r \quad (1)$$

Onde: DB = densidade básica para cada árvore (kg/m^3); r = resistência à perfuração, registrado na escala do Pilodyn (mm).

Altura (H)

Depois de selecionadas as 12 árvores correspondentes da parcela, foi medida a altura destas com o auxílio de um equipamento denominado Vertex III. Esse equipamento contém um *transponder* que é preso na árvore, sendo sua função captar a distância em que o operador se afasta da árvore bem como a altura da mesma.

Volume da árvore em pé (VOL)

O cálculo do volume foi obtido por meio da

TABELA 1: Clones de *Eucalyptus* spp. selecionados para o estudo.

TABLE 1: Clones of *Eucalyptus* spp. selected for the study.

Material Genético	Tratamento	Genealogia	Idade (anos)	G (m^2/ha)
Clone 1	246	<i>Eucalyptus urophylla</i> × <i>Eucalyptus grandis</i>	9	10, 812
Clone 2	273	<i>Eucalyptus urophylla</i> 34062 × <i>Eucalyptus grandis</i> M- 1	9	10, 312
Clone 3	265	<i>Eucalyptus urophylla</i> 34062 × <i>Eucalyptus grandis</i> M- 2	9	10, 118
Clone 4	61	<i>Eucalyptus saligna</i> × <i>Eucalyptus saligna</i> 01	9	9, 940
Clone 5	518	<i>Eucalyptus grandis</i> × <i>Eucalyptus grandis</i>	9	9, 446
Clone 6	561	<i>Eucalyptus grandis</i> × <i>Eucalyptus grandis</i>	9	8, 813
Clone 7	117	<i>Eucalyptus urophylla</i> × <i>Eucalyptus urophylla</i>	9	8, 663
Clone 8	648	<i>Eucalyptus urophylla</i> 34058 × <i>Eucalyptus dunnii</i> 16 L	9	8, 341
Clone 9	429	<i>Eucalyptus grandis</i> × <i>Eucalyptus tereticornis</i>	9	8, 299
Clone 10	562	<i>Eucalyptus grandis</i> × <i>Eucalyptus grandis</i>	9	6, 908
Clone 11	345	<i>Eucalyptus urophylla</i> 34058 × <i>Eucalyptus dunnii</i> 17 L	9	5, 869
Clone 12	74	<i>Eucalyptus saligna</i> × <i>Eucalyptus saligna</i> 01	9	5, 671

Em que: G = área basal.

altura, diâmetro (medido a 1,30 m da base da árvore) e o fator de forma artificial (Equação 2):

$$V = \left(\frac{\pi \times d^2}{4} \right) \times h \times f_{1,3} \quad (2)$$

Onde: V = volume da árvore em pé (m³); d = diâmetro ao nível do peito (m); h = altura total da árvore (m); f_{1,3} = fator de forma artificial.

O fator de forma artificial é obtido pela razão entre o volume rigoroso da árvore (total ou parcial, método de Smalian), tomado em relação ao volume de um cilindro, cuja altura e diâmetro sejam iguais ao da árvore considerada, expresso pela Equação 3:

$$f_{1,3} = \frac{V_r}{V_c} \quad (3)$$

Onde: f_{1,3} = fator de forma artificial; V_r = volume rigoroso; V_c = volume do cilindro com diâmetro a 1,30 m do nível do solo.

No caso deste estudo, o fator de forma do povoamento de *Eucalyptus* spp. já era conhecido, pois pertence a uma área experimental onde este foi determinado em estudos prévios, sendo de f_{1,3} = 0,4153.

Avaliação da deformação residual longitudinal (DRL)

As medições das deformações residuais longitudinais (DRL) foram realizadas em árvores

vivas, com o auxílio do extensômetro (*Growth Strain Gauge*), pelo método CIRAD-Forêt, que forneceu os dados dessa deformação. Primeiramente, foi removida a casca do tronco das árvores na altura do DAP de modo a abrir uma janela no tronco. Em seguida foram introduzidos nesse local e na direção da grã dois pinos distantes entre si, em 45 mm, para a fixação do aparelho de medição dotado de um mostrador digital. Posteriormente, com auxílio de uma furadeira manual, foi realizado um furo de 20 mm de diâmetro, na posição mediana entre os pinos.

O rompimento dos tecidos do lenho resultante desta perfuração provoca a liberação das tensões de crescimento, registrada diretamente pelo mostrador do aparelho, conforme a Figura 1.

As leituras das DRL foram realizadas em quatro posições ao redor do tronco de uma mesma árvore (MUNERI et al., 1999; MUNERI et al., 2000), seguindo a orientação do plantio, com o objetivo de padronizar as medições. As linhas e entre linhas estavam orientadas em relação aos pontos cardeais, sendo mais uma característica levada em consideração. A ordem das leituras ocorreu na seguinte sequência:

- 1º Leitura: linha do plantio, referente à posição Leste,
- 2º Leitura: entre linha do plantio, referente à posição Norte,
- 3º Leitura: linha do plantio, referente à posição Oeste,
- 4º Leitura: entre linha do plantio, referente à posição Sul.

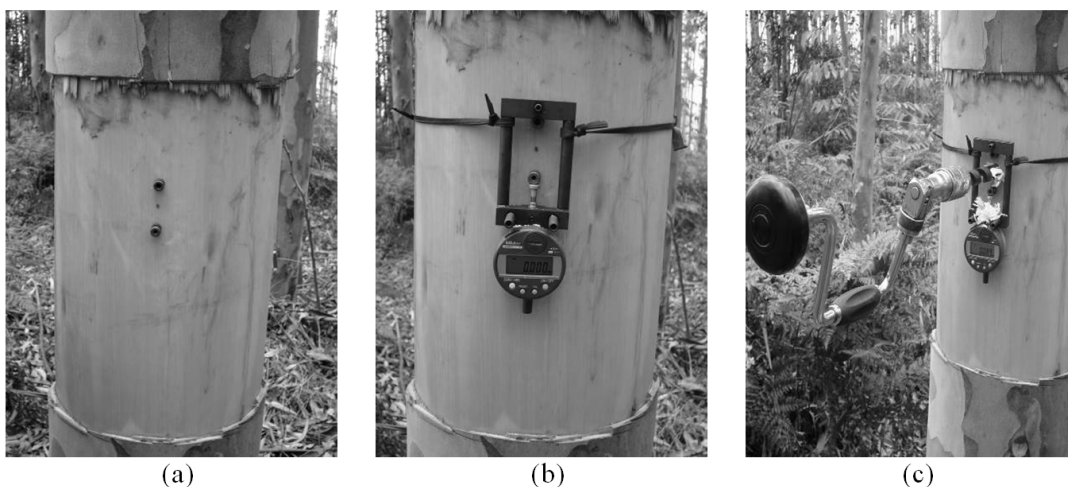


FIGURA 1: Medição da deformação residual longitudinal (DRL): fixação dos pinos (a); fixação do extensômetro (b); perfuração do tronco com auxílio de uma furadeira manual (c).
 FIGURE 1: Measurement of longitudinal residual strain (DRL): pins fixation (a); extensometer fixation (b); drilling the trunk with the aid of a hand drill (c).

As medições das deformações foram realizadas na ausência de ventos, uma vez que o movimento da árvore faz com que as forças de sustentação oscilem dentro do tronco, alterando o valor registrado no aparelho.

Análises estatísticas

Os valores das variáveis mensuradas para o estudo (DRL, DB, EC, DAP, H, VOL) e os valores referentes às quatro posições de leituras realizadas ao redor do tronco: linha (Leste), entre linha (Norte), linha (Oeste), entre linha (Sul)) foram submetidos a análises de variância, considerando o valor de $p=0,05$, que corresponde ao nível de 95% de confiabilidade. Para tanto, foi utilizado o pacote estatístico *Statistical Analysis System* (SAS, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Valores médios das variáveis

Os valores médios encontrados para a deformação residual longitudinal (DRL), densidade básica (DB), espessura de casca (EC), diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (H) e volume da árvore em pé (VOL), para cada clone estudado, estão apresentados na Tabela 2.

Observa-se que a deformação residual longitudinal média (DRL) nas árvores vivas, decorrente das tensões de crescimento, apresentou valor médio de 0,111 mm para os clones estudados. Pelos resultados da DRL, verifica-se a existência

de grande variação entre os clones avaliados, onde o clone 8 apresentou o menor valor (0,076 mm), enquanto que o clone 1 apresentou o maior valor (0,202 mm), indicando maior deformação.

Muneri et al. (2000), avaliando a intensidade das tensões de crescimento por meio das DRL, obtiveram valores médios de 0,077 mm para a DRL em *Eucalyptus cloeziana*, aos 4 anos de idade. Para Lima et al. (2004), estudando as DRL em clones de *Eucalyptus* spp. em diferentes idades, encontraram valores médios de 0,071 mm, apresentando valores com menores deformações quando comparados com a média do estudo. Já Trugilho (2005) obteve valores médios de 0,090 mm para 11 clones de *Eucalyptus* spp., aos seis anos de idade. Da mesma forma, Rodrigues et. al., (2008), encontraram valores médios de 0,081 mm de DRL para 13 clones de *Eucalyptus* spp., aos dez anos de idade.

Comparando os valores médios das DRL dos autores citados, nota-se que os clones de *Eucalyptus* spp., do presente estudo, apresentam um elevado nível de tensões ou deformações. Deve ser ressaltado que as idades, os locais de avaliação e as espécies estudadas não são as mesmas, o que pode ter contribuído para a ocorrência dessa diferença.

Avaliando os níveis da DRL, o clone 8 seria o escolhido para a seleção, caso a sua finalidade fosse a produção de madeira com baixos níveis de tensão de crescimento, já que este apresentou o menor valor de deformação. Isso poderá propiciar

TABELA 2: Valores médios das variáveis mensuradas para cada clone.

TABLE 2: Mean values of measured variables for each clone.

Clone	DRL (mm)	DB (Kg/m ³)	EC (mm)	DAP (cm)	H (m)	VOL (m ³)
1	0,202	474,45	10,88	22,91	33,23	0,575
2	0,101	468,82	7,01	24,90	32,93	0,682
3	0,089	495,86	9,22	27,12	34,32	0,830
4	0,093	431,64	7,08	26,55	34,22	0,798
5	0,102	467,69	8,61	22,22	31,32	0,517
6	0,156	476,71	8,69	23,09	30,72	0,541
7	0,114	540,94	11,53	24,60	33,28	0,666
8	0,076	456,43	7,88	23,73	31,15	0,581
9	0,107	484,59	5,78	22,88	31,72	0,559
10	0,094	437,83	6,78	24,41	30,96	0,619
11	0,093	477,83	7,11	23,38	30,99	0,564
12	0,108	450,79	6,07	22,78	32,91	0,564
Média	0,111	471,96	8,05	24,05	32,31	0,625

Em que: DRL = deformação residual longitudinal; DB = densidade básica; EC = espessura de casca; DAP = diâmetro a altura do peito; H = altura total; VOL = volume da árvore em pé.

uma produção de madeira de melhor qualidade, reduzindo, assim, os principais defeitos decorrentes da tensão, como cerne quebradiço, fendas ou rachaduras de extremidade de tora e empenamentos das peças serradas (GARCIA et al., 2001; CRÊSPO, 2000; GARCIA, 1992; NICHOLSON, 1973).

Caso o interesse seja selecionar clones com altos níveis de DRL, ou seja, de tensão de crescimento, o clone 1 deve ser o escolhido, devido ao aumento nas deformações ser necessário em regiões predispostas aos ventos fortes e terrenos com elevadas inclinações, às quais necessitam do cultivo de árvores com maior estabilidade.

Outra variável, observada na Tabela 2, foi a densidade básica, determinada pelo Pilodyn, que é considerada uma das propriedades da madeira mais estudada, devido à facilidade de sua determinação, sua importância tecnológica e sua relação com outras características da madeira. Para os clones de eucalipto estudados, a densidade básica média apresentou valores de 471,96 Kg/m³. Esse valor é semelhante aos encontrados por Cruz et al., (2003), porém, inferior aos obtidos por Silveira et al., (1999), que também trabalharam com clones de *Eucalyptus* spp.

Rodrigues et al., (2008), analisando a densidade básica de 13 clones de *Eucalyptus* spp., aos dez anos de idade, encontraram valores médios de 506 Kg/m³. Como os valores de densidade básica encontrados na literatura, para espécies de *Eucalyptus*, variam de 340 (LIMA et al., 2007) a 730 Kg/m³ (CAIXETA, 2000), verifica-se, neste trabalho, que a densidade encontrada pode ser considerada como média para povoamentos jovens deste gênero.

Em relação às outras variáveis estudadas, espessura de casca, diâmetro a altura do peito, altura total e volume, foram observados valores médios de 8,05 mm, 24,05 cm, 32,31 m e 0,625 m³, respectivamente (Tabela 2).

Variação da deformação residual longitudinal ao redor do tronco

Na Tabela 3, encontram-se os resultados da análise de variância dos dados da DRL, em função das quatro posições de leitura ao redor do tronco da árvore: linha (Leste), entre linha (Norte), linha (Oeste), entre linha (Sul).

Os resultados da Tabela 3 evidenciam a existência de diferença estatística entre as quatro posições de leitura da DRL. Dessa forma, verifica-se que os valores da DLR apresentaram variações ao redor do tronco. Estas variações nas intensidades das tensões de crescimento em volta do tronco já haviam sido detectadas por Melo (2004), o qual observou que estas podem variar entre espécies e dentro da mesma espécie.

Na Tabela 4, encontram-se os valores médios das quatro posições de leitura da DRL ao redor do tronco da árvore (linha (Leste), entre linha (Norte), linha (Oeste) e entre linha (Sul) do plantio).

Observa-se, através dos resultados apresentados na Tabela 4, que a leitura realizada na posição da linha do plantio referente ao Oeste apresentou a menor média para a DRL, indicando menor deformação. Já os valores médios da DRL, nas entre linhas do plantio referentes ao Norte e ao Sul, não se diferenciaram entre si. O valor médio encontrado na linha do plantio referente à posição Leste apresentou o maior valor de deformação. Essa alta deformação, na linha especificada, pode ter sido influenciada por algum fator ambiental.

Cardoso Júnior (2004), em estudo realizado com 70 árvores matrizes de *Eucalyptus* spp., em uma área remanescente de seleção, encontrou nas posições referentes às orientações Leste e Oeste, as maiores variações da DRL, fato semelhante ao ocorrido no presente estudo.

Em contrapartida, Rodrigues et al., (2008), em estudo com clones de *Eucalyptus* spp., encontrou valores médios de 0,81 e 0,82 mm para linha e

TABELA 3: Análise de variância para as DRL dos clones de *Eucalyptus* spp., em função das quatro posições de leitura ao redor do tronco da árvore.

TABLE 3: Analysis of variance for DRL of *Eucalyptus* spp clones in relation to the four positions readings around the tree trunk.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Posições	3	0,23441	0,078136	23,22	< 0,0001
Erro	572	1,9249	0,003365	-	-
Total	575	2,15931	-	-	-

Em que: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro.

entre linha, demonstrando não haver diferenças significativas na DRL ao longo da circunferência do tronco.

As diferenças nas posições de leitura da DRL encontradas no presente estudo podem estar associadas a fatores ambientais predominantes, como a competição por luz ou pelo efeito de ventos, inclinação do fuste, pela variação do ângulo da grã na madeira, pelos fatores relacionados à presença de madeira de reação, ou mesmo pela tortuosidade (SCHACHT et al., 1998), especialmente, quando a curvatura ocorre em dois planos perpendiculares. A variação pode estar associada, ainda, a fatores internos como a constituição do material do tronco, tal qual a proporção de lenho juvenil.

TABELA 4: Comparação de médias da variável DRL, em função das quatro posições de leituras ao redor do tronco da árvore.

TABLE 4: Comparison of average variable DRL, depending on the positions of four readings around the tree trunk.

Tratamentos	DRL (mm)
Linha (Oeste)	0,083 A
Entre linha (Sul)	0,111B
Entre linha (Norte)	0,112 B
Linha (Leste)	0,140 C

Em que: DRL = deformação residual longitudinal média, em mm; Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si a 5% de significância pelo teste LSD (Least Significant Difference).

TABELA 5: Correlação de Pearson entre a deformação residual longitudinal (DRL), densidade básica (DB), espessura de casca (EC), diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (H) e volume da árvore em pé (VOL).

TABLE 5: Pearson correlation among longitudinal residual strain (DRL), basic density (DB), bark thickness (EC), diameter at breast height (DBH), total height (H) and volume of standing tree (VOL).

	DRL (mm)	DB (kg/m ³)	EC (cm)	DAP (cm)	H (m)	VOL (m ³)
DRL (mm)	1	0,126 ^{NS}	0,237**	-0,266**	-0,060 ^{NS}	-0,248**
DB (kg/m ³)		1	0,461**	0,122 ^{NS}	0,213*	0,130 ^{NS}
EC (cm)			1	0,359**	0,393**	0,367**
DAP (cm)				1	0,701**	0,987**
H (m)					1	0,769**
VOL (m ³)						1

Em que: * = significativo ao nível de 5%; ** = significativo ao nível de 1%; ^{NS} = não significativo.

Outra possível causa dessa diferença da DRL pode ser em decorrência de variações na madeira, que surgem em virtude da formação de madeira de reação que, para o caso de espécies do gênero *Eucalyptus*, é a de tração (ROGRIGUES, 2007).

Além disso, pode ocorrer uma maior insolação lateral nas árvores e/ou um crescimento desequilibrado da copa. Segundo Burguer e Richter (1991), esses fenômenos resultam na formação de madeira com propriedades desiguais, em decorrência da presença de madeira de tração em um dos lados do tronco.

Correlações entre a DRL e demais variáveis

Na Tabela 5, são apresentadas as estimativas da correlação de Pearson estabelecidas entre a deformação residual longitudinal e as demais variáveis do estudo.

Observa-se na Tabela 5, que os valores da DRL foram significativos quando correlacionados com a EC, DAP e VOL. Já as variáveis DB e H não apresentaram correlação com a DRL, indicando baixa influência sobre essa variável. A EC foi a única variável que apresentou correlação positiva e significativa com todas as variáveis.

Segundo Muneri et al. (2000), existem correlações positivas e significativas da DRL com a altura e diâmetro das árvores de *Eucalyptus cloeziana*. Esse fato denota o quanto são diversificadas as interações das DRL com as características de crescimento de uma espécie para outra.

Pesquisas realizadas recentemente não encontraram correlações positivas entre a intensidade das tensões de crescimento e dimensões de árvore, idade, diâmetro do tronco ou taxa de crescimento. Entretanto, é geralmente reconhecido que, com o crescimento da tora em diâmetro, obtido por desbaste ou ampliação do prazo de rotação, os efeitos das tensões de crescimento são reduzidos (SHIELD, 1995).

Portanto, pode-se deduzir que as DRL são mais fortemente correlacionadas com as características de crescimento, de fácil medição, do que com as propriedades da madeira, que são mais difíceis de serem dimensionadas (LIMA et al. 2004). Porém, Lima et al. (2004), conseguiram encontrar uma correlação significativa e positiva entre a DRL e a densidade básica da madeira em híbridos naturais de *Eucalyptus*.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado e à empresa FIBRIA, pelo empréstimo dos equipamentos e pela infraestrutura cedida durante a realização do trabalho.

CONCLUSÕES

As deformações residuais longitudinais, decorrentes das tensões de crescimento para *Eucalyptus* spp., apresentaram variações entre os clones, mostrando-se superiores às médias verificadas para outras espécies do gênero. Os menores níveis de deformações foram encontrados no clone 8 (*Eucalyptus urophylla* 34058 × *Eucalyptus dunnii* 16 L), o que o torna um material com potencial para programas de melhoramento genético e para a produção de madeira sólida.

O clone 1 (*Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis*) possui o maior nível de deformação entre os materiais estudados;

Ocorreram variações da deformação residual longitudinal, ao longo da circunferência do tronco das árvores, sendo mais acentuada na linha do plantio referente à posição Leste;

As deformações residuais longitudinais apresentaram correlações significativas com a espessura de casca, diâmetro a altura do peito e volume da árvore em pé;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, T. F. Aspecto do melhoramento de *Eucalyptus* para obtenção de produtos sólidos de madeira. In: WORKSHOP. **Técnicas de abate, processamento e utilização da madeira de eucalipto**. Viçosa: DEF: SIF: UFV: IEF, 1999. p. 61 – 72.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo, 1991. 154 p.
- CAIXETA, R. P. **Propriedades da madeira de *Eucalyptus*; classificação e seleção de genótipos utilizando marcador molecular e análise multivariada**. 2000. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- CARDOSO JÚNIOR, A. A. **Tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas relações com espaçamento idade e material genético**. 2004. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- CRESPO, E. A. **Tensão de crescimento e suas consequências, controláveis e não controláveis, no desdobro e secagem do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. 2000. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2000.
- CRUZ, C. R.; LIMA, J. T.; MUNIZ, G. I. B. Variação dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis** (IPEF), Piracicaba, n. 64, p. 33-47, 2003.
- GARCIA, J. N. **Estados de tensão em árvores e de deformação em peças de madeira serrada**. 1992. 262 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- GARCIA, J. N.; CRÊSPO, E. A.; BAILLÈRES, H. Influence of log characteristics and machines performance on *Eucalyptus* board and splitting and board deflections. In: INTERNATIONAL WOOD MACHINING SEMINAR, 15., 2001, Los Angeles. **Proceedings...** Berkeley: Wood Machining Institute, 2001. p. 163-171.
- LIMA, J. T. et al. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 107-116, 2004.
- LIMA, J. T. et al. Uso do resistógrafo para estimar a densidade básica e a resistência à perfuração da madeira de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 75, p. 85-93, 2007.
- LISBOA, C. D. J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis***

- Hill ex Maiden.** 1993. 298 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.
- MALAN, F. S. *Eucalyptus* improvent 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.
- MELO, V. M. **Variações nas propriedades da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias e sujeitos a tempestades.** 2004. 166 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- MUNERI, A. et al. 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 of *Eucalyptus* for Wood Products, 2000, Launceston,. **Proceedings...** Launceston. 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**, v. 187, p. 41-49, 1999.
- 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.
- RODRIGUES, E. A. C. et al. Seleção de clones de *Eucalyptus* para as propriedades físicas da madeira avaliadas em árvores no campo. **Cerne**, v. 14, n. 2, p. 147-152, 2008.
- SAS/STAT. **User's guide** – release 9.1.3 edition. Cary N. C.: SAS Institute Inc., 2004.
- SCHACHT, L.; GARCIA, J. N.; VENCOSKY, R. Variação genética de indicadores de tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, v. 54, p. 55-68, 1998.
- SHIELD, E. D. Plantation grown eucalyptus: utilization for lumber and rotary veneers primary conversion. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPEF: IPT: IUFRO: LCF-ESALQ-USP, 1995.p. 133-139.
- SILVEIRA, V. et al. Variação dimensional da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes espaçamentos. **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 105-124, 1999.
- TRUGILHO, P. F. **Tensão de crescimento em árvores vivas de clones de *Eucalyptus* spp. e de *Eucalyptus dunnii* Maiden e propriedades de sua madeira.** 2005. 123 f. Tese (Pós Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.