

MARCOS AURÉLIO MATHIAS DE SOUZA

**METODOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS PARA AVALIAÇÃO DAS
TENSÕES DE CRESCIMENTO EM *Eucalyptus dunnii* Maiden**

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Ciências Florestais, no Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Jorge L. M. Matos

CURITIBA

2006

DEDICO

À Deus

Aos meus pais, Mathias (in memorian) e Clarice;

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

A Karla Nadal pelo apoio, compreensão e carinho e

Ao povo Brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jorge Luis Monteiro de Matos, pela valiosa orientação, trabalho e a amizade formada nesses anos.

Aos professores Graciela Bolson de Muniz, Márcio Pereira da Rocha, Romano Timofeiczky Junior, Ricardo Jorge Klitzke, Setsuo Iwakiri, pela amizade e colaboração no meu aprendizado.

Aos colegas de trabalho Daniel, Prata, Gilnei, Antônio Américo, Rodrigo, Max, Rosilani, Sílvia, Patrícia, Carlos, pela amizade e grande ajuda prestada ao longo dessa fase.

Aos funcionários da UFPR Reinaldo, Davi, Vitor, Antônio, Tânia pela paciência, consideração e companheirismo.

Ao Jean e Élson pela amizade camaradagem.

Às empresas RIGESA e MADEM por auxiliar nas pesquisas com materiais e corpo técnico.

A CAPES pelo apoio financeiro que foi fundamental para a realização desse estudo.

E a todos aqueles que me deram de alguma forma incentivo e não foram citados aqui e,

Ao povo Brasileiro por me dar essa oportunidade.

SUMÁRIO

LISTADE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	XI
RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XI
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3 REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 EUCALYPTUS DUNNII.....	5
3.2 TENSÕES DE CRESCIMENTO.....	6
3.3 ORIGEM DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO	7
3.4 DISTRIBUIÇÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO	9
3.5 MEDIÇÕES DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO	10
3.6 RELAÇÕES ENTRE TENSÕES DE CRESCIMENTO E PROPRIEDADES DA MADEIRA 11	
3.7 RELAÇÕES DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO COM ANATOMIA DA MADEIRA ...	12
3.8 FATORES QUE AFETAM AS TENSÕES DE CRESCIMENTO	13
3.8.1 Fator genético	14
3.8.2 Diâmetro da tora	14
3.8.3 Desbaste.....	15
3.8.4 Desrama	16
3.8.5 Taxa de crescimento	16
3.8.6 Variação dentro da árvore.....	17
3.8.7 Outros fatores que afetam as tensões de crescimento	17
3.9 MÉTODOS DE CONTENSÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO	17
3.10 METODOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS	20
3.10.1 Equipamento Extensômetro (CIRAD <i>Fôret</i>)	20
3.10.2 Equipamento <i>Strain Gauge</i>	21
3.10.3 Equipamento <i>Stress Wave Timer</i>	21
3.11 RESULTADO DE PESQUISA UTILIZANDO METODOLOGIAS PARA MEDIÇÕES DE TENSÕES DE CRESCIMENTO.....	21
3.12 MELHORAMENTO GENÉTICO DO EUCALIPTO	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 ETAPA I (ESTUDO PRELIMINAR).....	26
4.2 ETAPA II (EXPERIMENTO DEFINITIVO).....	26
4.3 SELEÇÃO DAS ÁRVORES	28
4.4 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO	29

4.5	AVALIAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL).....	29
4.6	AVALIAÇÃO DO EQUIPAMENTO STRESS WAVE TIMER.....	30
4.7	METODOLOGIA DE DESDOBRO DAS TORAS EM SERRARIA.....	31
4.8	DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA DAS ÁRVORES.....	32
4.9	AVALIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE.....	33
4.10	AVALIAÇÃO DAS DIMENSÕES DAS FIBRAS.....	34
4.11	AVALIAÇÃO E MEDIÇÃO DAS TÁBUAS.....	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
5.1	ETAPA I.....	39
5.2	ETAPA II (EXPERIMENTO DEFINITIVO).....	41
5.2.1	Características dendrológicas do material de estudo.....	41
5.2.2	Anatomia da Madeira.....	43
5.2.3	Defeitos em Tábuas e Teor de Umidade.....	44
5.2.4	Massa Específica.....	46
5.3	TÉCNICAS NÃO DESTRUTIVAS DE AVALIAÇÃO DA INTENSIDADE DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO.....	48
5.3.1	Equipamento extensômetro (CIRAD <i>Fôret</i>).....	48
5.3.2	Equipamento <i>Stress Wave Timer</i>	54
5.3.3	Extensômetro x <i>Stress Wave Timer</i>	57
5.4	RACHADURAS DE TÁBUAS.....	57
5.5	CORRELAÇÕES ENTRE AS CARACTERÍSTICAS ESTUDADAS.....	59
5.5.1	Correlações das árvores tratadas com o herbicida.....	59
5.5.2	Correlações das árvores não tratadas com Herbicida.....	62
6	CONCLUSÕES.....	65
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
8	ANEXOS.....	73

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO ONDE FOI COLETADO O MATERIAL DE ESTUDO	27
FIGURA 02 - VISTA PARCIAL DO PLANTIO DE ESTUDO	27
FIGURA 03 - DESENHO DEMONSTRATIVO DA RETIRADA DOS DISCOS DAS DUAS TORAS PARA ANÁLISE ANATÔMICO E DETERMINAÇÃO DE UMIDADE	28
FIGURA 04 - APARELHO E COLETA DAS DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAL	29
FIGURA 06 - DESCARGA DAS TORAS NO PÁTIO DA SERRARIA E DETALHES DAS TORAS PINTADAS PARA ENTRADA DO DESDOBRO	31
FIGURA 07 - SISTEMA DE DESDOBRO UTILIZADO	32
FIGURA 08 – SECAGEM AO AR LIVRE DOS DISCOS PARA MEDIÇÃO DO TEOR DE UMIDADE E ANATOMIA DA MADEIRA.....	33
FIGURA 09 - SECAGEM EM ESTUFAS E PESAGEM DOS DISCOS PARA QUANTIFICAR O TEOR DE UMIDADE.	34
FIGURA 10 - SEQÜÊNCIA DA PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS PARA AS MEDIÇÕES DAS FIBRAS	35
FIGURA 11 - MEDIÇÃO DAS EXTENSÕES DAS RACHADURAS DAS TÁBUAS	38
FIGURA 12 - VARIAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA DAS ÁRVORES DE <i>EUCALÝPTUS DUNNII</i> DE 14 ANOS DE IDADE ESTUDADAS.....	47
FIGURA 13 - EFEITO DO TEMPO DESDE A APLICAÇÃO DO HERBICIDA E A DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL MEDIDA NAS ÁRVORES DE <i>EUCALÝPTUS DUNNII</i> DE 14 ANOS DE IDADE	54
FIGURA 14 – VALORES INDIVIDUAIS DE VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS DE TENSÃO OBSERVADOS NAS ÁRVORES DE <i>EUCALÝPTUS DUNNII</i> DE 14 ANOS DE IDADE.....	56

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO FENOTÍPICA ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL), DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP), ALTURA TOTAL (HT) INCREMENTO MÉDIO ANUAL (IMA)	22
TABELA 02 - RESULTADOS DE RACHADURAS (%), ARQUEAMENTO (MM/M) E ENCURVAMENTO (MM/M), EM TÁBUAS DE <i>EUCALYPTUS DUNNII</i> ..	23
TABELA 03 – VALORES MÉDIOS DE DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL E ALGUMAS MEDIDAS DE DISPERSÃO DE ÁRVORES DE <i>EUCALYPTUS DUNNII</i> E 10 ANOS DE IDADE.....	23
TABELA 04 - VALORES MÉDIOS DAS MEDIÇÕES REALIZADAS COM OS TRÊS EQUIPAMENTOS EM TORAS DE <i>EUCALYPTUS DUNNII</i> DE 10 ANOS DE IDADE	39
TABELA 05 - VALORES MÉDIOS DAS MEDIÇÕES DE DEFORMAÇÃO RESIDUAIS LONGITUDINAIS (DRL) REALIZADAS COM ÁRVORES EM PÉ DE EUCALIPTO	40
TABELA 06 - VALORES DAS CORRELAÇÕES SIMPLES ENTRE AS CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	41
TABELA 07 - DADOS DENDROMÉTRICOS E ALGUMAS MEDIDAS DE DISPERSÃO DAS ÁRVORES ESTUDADAS	42
TABELA 08 – VALORES MÉDIOS E ALGUMAS MEDIDAS DE DISPERSÃO DAS FIBRAS DO <i>EUCALYPTUS DUNNII</i> DE 14 ANOS DE IDADE	43
TABELA 09 - VALORES MÉDIOS DE DEFEITOS OBSERVADOS EM TÁBUAS PROCESSADAS DE <i>EUCALYPTUS DUNNII</i> DE 14 ANOS DE IDADE. ...	45
TABELA 10 - MASSAS ESPECÍFICAS BÁSICAS MÉDIAS DAS 20 ÁRVORES DE <i>EUCALYPTUS DUNNII</i> DE 14 ANOS COM E SEM APLICAÇÃO DO HERBICIDA.....	46
TABELA 11 - VALORES DE MÉDIAS, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA.....	47
TABELA 12 - VALORES DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL MEDIDA EM CADA PONTO CARDEAL E SEUS VALORES MÉDIOS NA 1ª MEDIÇÃO DAS ÁRVORES EM PÉ DE <i>EUCALYPTUS DUNNII</i> DE 14 ANOS DE IDADE	49
TABELA 13 - VALORES MÉDIOS DAS DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAIS E ALGUMAS MEDIDAS DE DISPERSÃO MEDIDAS NAS ÁRVORES DE <i>EUCALYPTUS DUNNII</i> DE 14 ANOS DE IDADE.....	50
TABELA 14 - VALORES MÉDIOS DAS DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAIS DAS TRÊS MEDIÇÕES MEDIDAS EM ÁRVORES DE 14 ANOS DE <i>EUCALYPTUS DUNNII</i> NUM PERÍODO DE 30 DIAS	52
TABELA 15 - VALORES DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL DAS 3 MEDIÇÕES REALIZADAS EM ÁRVORES DE <i>EUCALYPTUS DUNNII</i> COM 14 ANOS, COM APLICAÇÃO DO HERBICIDA “ CHOPPER”.....	53
TABELA 16 – VALORES MÉDIOS DA VELOCIDADE DAS ONDAS DE TENSÃO MEDIDAS EM ARVORES DE <i>EUCALYPTUS DUNNII</i> COM 14 ANOS DE IDADE	55

TABELA 17 – VALORES MÉDIOS DAS RACHADURAS DE EXTREMIDADES DE TÁBUAS DAS TORAS A E B COM E SEM APLICAÇÃO DE HERBICIDA DE <i>EUCALYPTUS DUNNII</i> DE 14 ANOS DE IDADE.	58
TABELA 18 – VALORES DAS CORRELAÇÕES SIMPLES ENTRE AS CARACTERÍSTICAS AVALIADAS DAS 10 ÁRVORES DE <i>EUCALYPTUS DUNNII</i> DE 14 ANOS DE IDADE COM APLICAÇÃO DO HERBICIDA..	61
TABELA 19 – VALORES DAS CORRELAÇÕES SIMPLES ENTRE AS CARACTERÍSTICAS AVALIADAS DAS 10 ÁRVORES DE <i>EUCALYPTUS DUNNII</i> DE 14 ANOS DE IDADE SEM APLICAÇÃO DO HERBICIDA...	64

RESUMO

Este trabalho teve com objetivo avaliar metodologias não destrutivas de avaliação de tensões de crescimento, metodologia de contensão de tensões de crescimento através da aplicação do herbicida com principio ativo “Imazapyr” de nome comercial “Chopper” e algumas características da madeira em *Eucalyptus dunnii*. Foram utilizadas 20 árvores de 14 anos de idade provenientes de sementes importadas da Austrália, plantada em espaçamento de 2,50m x 2,50m, sem nenhum tipo de manejo ou tratos silviculturais, dos plantios comerciais da Fazenda Ella Olsen que pertence à Rigesa RIGESA- MeadWestvaco, localizada no município de Canoinhas, Norte do Estado de Santa Catarina. Foram analisados três tipos de aparelhos (Extensômetro, Stress Wave Timer e Strain Gauge), sendo que os que apresentaram boa correlação foi o Strain Gauge e Extensômetro (-0,74) e o Strain Gauge com Stress Wave Timer (-0,52). Houve uma boa correlação entre o Extensômetro e a determinação das rachaduras de extremidade de tábuas, tanto na primeira medição quando na terceira medição (30 dias após a primeira), que foram de 0,85 e 0,81 respectivamente. O herbicida se mostrou eficiente na redução das tensões de crescimento na primeira fase (piloto) o que não foi observado no trabalho definitivo. O Extensômetro mostrou ser um aparelho eficiente de fácil manuseio e rapidez em relação aos Strain Gauge e o Stress Wave Timer.

Palavras Chaves: Eucalitpto, tensões de crescimento, metodologias não destrutivas.

ABSTRACT

This work had with objective to evaluate methodology non destructive of evaluation of growth stress, a methodology of reduction of growth stress through the application of the herbicide with trade name “Imazapyr ” Chopper” and some characteristics of the wood in *Eucalyptus dunnii* MAIDEN. Twenty trees 14 years old originating from imported seeds of Australia were used, planted in the spacing 2,50m x 2,50m, without any handling type or treatments silvicultural, of the commercial plantings of Farm Ella Olsen that it belongs to Rigesa RIGESA - MeadWestvaco, located in the district of Canoinhas, North of the State of Santa Catarina. Three types of equipments were analyzed (Extensometer (CIRAD Fôret), Stress Wave Timer and Strain Gauge), and the ones that presented good correlation it was Strain Gauge and Extensometer (-0,74) and Strain Gauge with Stress Wave Timer (-0,52). There was a good correlation between Extensometer and cracks of extremity of boards, so much in the first measurement when in the third measurement (30 days after the first), that were respectively of 0,85 and 0,81. The herbicide was shown efficient in the reduction of the growth stress in the first phase (I) what was not observed in the definitive work. Extensometer was shown to be an efficient equipment of easy handling and speed in relation to Strain Gauge and Stress Wave Timer.

Key words: Eucalyptus, growth stresses, nondestructive methods

1 INTRODUÇÃO

O setor madeireiro vem buscando ao longo dos anos novas alternativas para suprimir a matéria prima de floresta tropicais. Essa busca se deve pelo motivo dos custos ficarem altos, devido à madeira estar longe dos centros consumidores, aumentando assim, o custo de transporte e também pela grande pressão da sociedade através dos ambientalistas sobre essas madeiras.

A forma de exploração dessas árvores das florestas tropicais é um grande agravante para o meio ambiente e por não dizer a nós. Apesar de se ter conhecimento de manejo florestal, isto ainda é pouco utilizado pelos madeireiros, devido ao seu alto custo e por falta de uma fiscalização mais rigorosa dos órgãos governamentais e, ainda, devido à cultura de extrativismo dos madeireiros, por ainda haver um grande volume de madeira em nossa floresta Amazônica, não se tem a preocupação de se utilizar dessas técnicas.

Além das situações citadas acima, tem-se ainda a evolução das serrarias na área de maquinário e ferramentas de cortes, onde, se busca uma matéria prima mais homogênea, tanto no sentido das propriedades da madeira físico-mecânicas como na padronização dos diâmetros das toras. Essas características fazem com que se tenha maior rendimento e eficiência das serrarias, tornando mais lucrativas e mais competitivas empresas no mercado mundial.

Em busca de diminuir o impacto sobre as florestas e os custos, torna-se importante estudar novas espécies florestais para que possa acrescentar e ou substituir as espécies utilizadas, diminuindo com isso a possibilidade de extinção de algumas espécies florestais.

Outra situação que se deve levar em consideração no mercado exterior é a nova tendência de se usar madeira de florestas plantadas que é uma estratégia dos ambientalistas para que ocorra a diminuição da exploração das florestas nativas. Nesse setor a madeira de eucalipto se enquadra, pois possui várias características que a torna uma grande esperança para setor madeireiro.

O eucalipto é um gênero que vem buscando seu valor no setor de madeira

serrada, pois apresenta ótima qualidade, aproximando-se das nativas, só que com algumas vantagens, que são a de possuir uma grande gama de variedade, podendo ser utilizada de várias formas e através de melhoramento genético para posteriores usos, pois o eucalipto possui mais de 600 espécies.

O Brasil é um dos maiores produtores e conhecedores de alta tecnologia na área de silvicultura do eucalipto, onde, podemos absorver árvores plantadas para outros objetivos para o setor de madeira serrada.

A maioria das espécies do gênero eucalipto tem uma ótima forma, bom crescimento e madeira com boa resistência mecânica similar as folhosas tropicais, com isso se tornando promissoras.

Apesar de todas essas qualidades o eucalipto possui algumas características indesejáveis que são as rachaduras, empenamentos e difícil secagem entre outras, orem muitas delas também ocorrem nas madeiras de árvores tropicais.

A tensão de crescimento é uma característica que todas as árvores possuem e que tem como função manter a árvore em pé, equilibrada em função do peso de sua copa e outros fatores como vento, galhos e etc. Nas coníferas a tensão de crescimento não é tão acentuada quanto nas folhas e dentro das folhosas a madeira de eucalipto é uma das que tem maiores tensões, onde através delas ocorrem grande rachaduras e empenamentos nas toras e madeira serrada.

Alguns trabalhos foram desenvolvidos nos últimos anos procurando entender, quantificar e criar métodos de controle dessas rachaduras e empenamentos provocados pela tensão de crescimento e correlaciona-los com outras características da madeira (GARCIA, 1992; SOUZA, 2002; TRUGILHO, 2005).

Devido a isto, vêm se buscando ao longo dos últimos anos no Brasil, conhecimentos técnicos na área de tecnologia da madeira de eucalipto para que se possa utilizá-la no setor de móveis. Essas espécies já vem sendo utilizadas alguns anos por países como África do Sul, Argentina, Austrália e outros com grande êxito.

Este estudo teve como objetivo fornecer conhecimentos sobre a tensão de crescimento e suas metodologias de avaliação, bem como buscar alternativas de

redução de seus efeitos, visando possibilitar o uso da madeira de eucalipto como substituta das folhosas tradicionais.

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo geral*

Avaliar metodologias não destrutivas para determinação de tensões de crescimento em *Eucalyptus dunnii* e uso de herbicida para minimização de seus efeitos.

2.2 *Objetivos específicos*

- Determinar a técnica de avaliação não destrutiva que melhor estime a intensidade das tensões de crescimento ocorrentes em árvores de *Eucalyptus dunnii*.
- Avaliar a eficiência da aplicação do herbicida sistêmico Imazapyr na redução de tensões de crescimento de árvores em pé.
- Avaliar as correlações do efeito das tensões de crescimento sobre qualidade final de madeira serrada do *Eucalyptus dunnii*.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 *Eucalyptus dunnii*

O *Eucalyptus dunnii* atinge 50 m de altura e 1 a 1,5 m de DAP (ocasionalmente 2,5 m), com fuste limpo de 30 a 35 m. A espécie tem uma distribuição restrita na região nordeste de New South Wales e sudeste de Queensland. A distribuição ocorre aproximadamente a 250 km a Oeste de Coff's Harbour em NSW até o Oeste de Warwick em QLD, aparentemente em duas áreas isoladas. As latitudes variam de 28 a 30° e altitudes de 300 a 750 m. O clima é quente e úmido, com média das temperaturas máximas do mês mais quente compreendida entre 27 a 30° C, e a média das mínimas do mês mais frio varia de 0 a 3° C. Ocorrem de 20 a 60 geadas por ano, com baixa intensidade. Precipitação pluviométrica média anual variando de 1000 a 1750 mm, chuvas concentradas no verão, mas há meses com menos de 40 mm de precipitação. Ocorre principalmente no fundo de vales e baixas altitudes, mas também ocorre próximo aos cumes originados de basalto. Apresenta-se também em solos derivados de rochas sedimentares e piçarra. É de Floresta Aberta Alta e as principais espécies associadas são: *E. saligna*, *E. microcorys*, *E. grandis*, *E. propinqua*, *E. dalrympleana* var *heptantha* e *Casuarina torulosa*. É uma das espécies com maior crescimento na Austrália. Densidade Básica = 0,800 g/cm³. (EMBRAPA, 1988)

A madeira é muito semelhante a do *E. grandis*, podendo ter as mesmas utilizações. Os primeiros estudos visando seu aproveitamento para celulose e papel são altamente animadores.

Segundo a FAO (1981), o *E. dunnii* na Austrália, atinge altura de 40 a 50 metros, e é considerada uma das espécies do gênero de crescimento mais rápido e tolerante ao frio.

No Brasil os plantios comerciais com *E. dunnii*, conforme a EMBRAPA (1986), são limitados pela baixa produção de sementes. Como a importação de sementes em grande escala é difícil, os plantios ficam condicionados à disponibilidade de sementes ou de mudas obtidas através de propagação

vegetativa. Neste aspecto GRAÇA (1987) analisando diferentes populações de *E. dunnii* no Brasil observou que as maiores percentagens de florescimento ocorreram em latitudes próximas da área de ocorrência natural desta espécie. Constatou também que há necessidades de uma temperatura mínima para a iniciação do florescimento dessa espécie.

No sul do Brasil, o *E. dunnii* tem se destacado, pelo rápido crescimento, uniformidade dos talhões, forma das árvores e tolerância às geadas (EMBRAPA, 1988). Referiu ainda que o *E. dunnii* é indicado para plantios comerciais em todo o Estado de Santa Catarina, abaixo de 1000 metros de altitude, com cuidados em relação à geadas no planalto catarinense. Nas proximidades de Lages, a espécie tem mostrado suscetibilidade à geada tardia, sofrendo danos graves com um ano de idade. Acrescentou ainda que a maior importância do *E. dunnii* está nos plantios em altitudes acima de 500 metros, onde o inverno é fator limitante a muitos eucaliptos.

3.2 TENSÕES DE CRESCIMENTO

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

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

O papel principal destas tensões é fornecer suporte à árvore durante a sua vida. Através da sua ativação, a árvore regula a posição de sua copa em resposta

as condições ambientais que lhe são impostas. Como as árvores estão imóveis, a ação das tensões em um de seus lados, por exemplo, permite que ela se curve numa direção mais favorável, embora árvore de grande diâmetro necessite de vários anos para, lentamente, se endireitarem (KUBLER, 1987).

As tensões de crescimento ocorrem na árvore antes da derrubada, atuando como uma forma de dar-lhes estabilidade (VAN WYK, 1978). Estas estão em equilíbrio enquanto a árvore está em pé, mas tão logo esta é cortada, ocorrem imediatamente deformações e rachaduras nos topos de toras, em função da modificação do estado de equilíbrio que vigorava durante o crescimento (FERRAND, 1983). Sendo assim, a zona periférica da tora, sob tração, tende, após o abate, a expandir e empurrar a face do corte para o exterior, causando rachaduras de topo nas toras (MALAN, 1979).

3.3 ORIGEM DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO

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

De acordo com CONRADIE (1980), Jacobs em 1938 foi o primeiro pesquisador que sugeriu ser a origem das tensões o resultado de possível encurvamento da nova camada de crescimento da madeira, e que esse fenômeno da mudança dimensional ocorre em um determinado estágio de desenvolvimento da célula.

As tensões de crescimento originam-se na região cambial dos troncos das árvores, durante a maturação das paredes celulares. Essas tendem a contraírem-se longitudinalmente, e simultaneamente expandirem-se lateralmente. Desde que

essas células são partes integrantes dos tecidos das árvores, elas são quase que inteiramente impedidas de sofrerem essas alterações dimensionais (WILHELMY & KUBLER, 1973).

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

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

BOYD (1950c) criticou a teoria de JACOBS (1945), onde este autor considerou que as forças de sucção nas árvores são maiores nos topos e sendo assim, as tensões deveria apresentar uma distribuição semelhante, o que não é o caso; como também, que as forças de sucção consideradas para a formação de tensão são capazes de causar colapsos nas fibras, o que também não acontece normalmente.

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

Segundo FERNADES (1982) as rachaduras e empenamentos que ocorrem na madeira acima do ponto de saturação das fibras têm origem nas tensões de crescimento. Deste modo, as avaliações efetuadas nas toras recém abatidas

podem não manifestar o total das tensões de crescimento antes do abate, porém certamente refletem o nível de intensidade dessas forças, sem a presença das tensões de crescimento.

3.4 DISTRIBUIÇÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO

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

Os índices que refletem o nível de tensões de crescimento apresentam três padrões de variação com a altura da árvore. Uma das tendências é a de diminuir com a altura (CHAFE, 1985; PURNELL, 1988; GAIOTTO, 1993; SCHACHAT et al., 1998; DEL MENEZZI, 1999), a outra é de aumentar até meio da árvore e o partir desse ponto diminuir (YAO, 1979 e MALAN, 1984) e a última, de aumentar com a altura (CHAFE, 1981).

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

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

A distribuição das tensões longitudinais de crescimento varia de uma tração máxima na periferia da árvore até um valor máximo de compressão, na medula. A transição entre tração e compressão se dá por volta de 2/3 do raio da

tora, medindo a partir da medula (JACOBS, 1945).

Em algumas espécies o aumento do diâmetro e o efeito acumulativo das camadas sucessivas de crescimento em estado de tração induzem a parte central do tronco a uma compressão superior ao limite elástico, causando o desenvolvimento de inúmeras fendas de compressão tanto na madeira como nas paredes das células, observada pela primeira vez na Austrália e denominada de madeira quebradiça (“*brittleheart*”) (DINWOODIE, 1966 e MALAN, 1984).

3.5 MEDIÇÕES DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO

Algumas 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 e, inversamente, peças removidas próximas à medula tenderão a alongar-se em resposta ao estado de compressão anterior.

Uma vez determinada a deformação de uma peça em relação ao seu comprimento (deformação residual longitudinal – DRL), quando ainda no interior da árvore, basta multiplicar este valor pelo correspondente módulo de elasticidade determinado na própria peça em que foi medida a alteração de comprimento, ou simplesmente pelo valor médio deste módulo, determinado em laboratório para a espécie em questão (LISBOA, 1993).

Deformações longitudinais periféricas podem ser determinadas através da liberação de tensões, proporcionadas por dois orifícios perfurados acima e abaixo de extensômetros de medição fixados no tronco de uma árvore. As medições das deformações periféricas no tronco referem-se tão somente à madeira mais recentemente formada. De acordo com ARCHER (1986) esse método é relativamente simples, de execução rápida, somente destrutiva localmente e pode ser aplicado na própria árvore. De acordo com esse método é possível examinar

detalhadamente as tensões circunferenciais ao longo do comprimento de toras e árvores, permitindo a comparação entre árvores e o acompanhamento de alterações que possam ocorrer em tratamentos para redução e para seleção daquelas com baixas tensões, com fins a estudos genéticos e de utilização em experimentos de propagação vegetativa. A perfuração dos orifícios fornece uma estimativa da total liberação das deformações próximas a eles, 15 % inferior ao valor obtido com a remoção completa da peça de madeira (NICHOLSON, 1971). Conseqüentemente, este método é apenas indicado para trabalhos de campo, onde se desejam obter a intensidade aproximada das deformações de crescimento, sua distribuição periférica e sua variação entre árvores e espécies. Este método é chamado de método de NICHOLSON.

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

Mesmo considerando a importância do conhecimento e dos efeitos das tensões de crescimento para a utilização da madeira, no Brasil este tema tem sido pouco estudado. Mais recentemente, entretanto, devido ao crescente emprego do *Eucalyptus* como produtor de madeira serrada, várias questões sobre os níveis, os efeitos, as variações e possíveis formas de controle das tensões de crescimento têm surgido. Entre outros, cita-se os trabalhos de FERNANDES (1982), GARCIA (1992), LISBOA (1993), SCHACHT *et al.* (1998) e CRESPO (2000).

3.6 RELAÇÕES ENTRE TENSÕES DE CRESCIMENTO E PROPRIEDADES DA MADEIRA

Poucos são os estudos que tentaram relacionar a tensão de crescimento com as propriedades da madeira. Alguns estudos nessa linha de raciocínio são os de: a) NICHOLSON e HILLIS (1975), que estudando o comportamento da madeira de *Eucalyptus regnans* concluíram que a contração volumétrica (a 12% de umidade) está relacionada com o comportamento longitudinal da tensão de

crescimento, módulo de elasticidade, densidade básica e estrutura da fibra. b) FERNANDES (1982), trabalhando com cinco progênies de *Eucalyptus urophylla*, estudou as relações da tensão de crescimento destas com as variações de densidade da madeira, obtendo resultados que permitiram concluir a existência de grandes variações das rachaduras nas extremidades dos toretes, sendo as variações dentro de progênies maiores do que entre progênies.

LIMA (2001), estudando quatro clones e uma variedade de eucalipto com idades diferentes, observou que não apresentaram coeficiente de correlação de Pearson significativo com as propriedades da madeira.

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

3.7 RELAÇÕES DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO COM ANATOMIA DA MADEIRA

HILLIS (1973) relata que o nível de tensão longitudinal, gerado num determinado ponto da superfície de um tronco, está estreitamente relacionado à estrutura das fibras celulares contidas na madeira e pode ser medidas por elas. Nesse sentido MALAN (1984) estudou a associação entre o nível de tensões de crescimento e diversas características da madeira de *Eucalyptus grandis* e os resultados obtidos permitiram ao autor concluir que as árvores com altos níveis de crescimento eram caracterizadas por elevadas densidades da madeira nas partes externas do lenho, resultando num elevado gradiente de densidade no sentido medula-casca do tronco. Concluiu ainda que os altos níveis de tensões de tração longitudinal na periferia dos troncos estavam intimamente associados à proporção de fibras com paredes celulares espessas e que essas fibras

apresentavam comprimentos maiores, quando comparadas com aquelas árvores de menores níveis de tensão periférica. O referido autor sugeriu que a redução do nível de tensão de crescimento em árvores, pode resultar em madeiras de baixa densidade periférica dos troncos e em conseqüência, uma reduzida variação de qualidade da madeira no sentido medula-casca.

FERNANDES (1989) trabalhando com procedências de *Eucalyptus grandis* observou não haver correlação entre as dimensões de fibras e os índices de rachaduras de tábuas.

Estudando a relação das dimensões das fibras com a deformação residual longitudinal de *Eucalyptus dunnii*, TRUGILHO (2005) não encontrou uma diferença estatística, mas observou uma tendência de aumento das dimensões das fibras em relação a sua idade e tendo uma diminuição na deformação residual longitudinal (0,045mm) e no índice de rachaduras de tábuas (0,42%).

JACOBS (1938, 1939) em seus primeiros trabalhos na Austrália, observou que as tensões de crescimento foram explicadas em termos de tensões das fibras devido à sua retração que ocorre conforme as fibras se solidificam a partir do câmbio.

3.8 FATORES QUE AFETAM AS TENSÕES DE CRESCIMENTO

De acordo com DEL MENEZZI (1999), muitos fatores externos, ambientais ou silviculturais, podem influenciar a intensidade das tensões de crescimento, a saber: a taxa de crescimento, a desrama, o desbaste, o espaçamento, o manejo florestal, o tipo de solo e os ventos.

As hipóteses de origem das tensões de crescimento na madeira de eucalipto levam em consideração o fator intrínseco das espécies, mas muitas evidências apontam também uma significativa influência ambiental (WILKINS, 1986; KUBLER, 1987).

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

3.8.1 Fator genético

FERNANDES (1982) estudou as tensões de crescimento em progênies de *E. urophylla* e detectou grande variação na intensidade de rachaduras nas extremidades das pranchas centrais. As variações dentro das progênies foram maiores do que entre progênies. Atento ao fato de que o índice de rachadura das peças serradas reflete o nível interno de tensão de crescimento, conclui que, existe um controle genético da intensidade de tensão de crescimento, já que, os fatores ambientais de crescimento e o processamento das toras foram idênticos. Isso sugere a possibilidade de manipulação genética dessas características. Mas, FERNANDES et al.(1989) estudaram a variação do nível de tensão de crescimento em cinco procedências de *E. grandis* e não encontraram diferenças significativas entre os tratamentos.

BAENA (1982) observou em seu estudo que o *E. grandis* produz maior proporção de perda por rachadura de topo do que o *E. saligna*, concluindo com isso, que a tensão crescimento é um fator genético herdável.

De acordo com MALAN (1988), estudando características de crescimento em *E. grandis*, na África do Sul, conclui que práticas silviculturais possam não ser um instrumento para reduzir o nível de tensão de crescimento em árvore e que outros fatores genéticos e ambientais podem estar envolvidos.

SOUZA (2002) em seu estudo com clones de híbridos de *Eucalyptus* obteve valores de herdabilidade elevados (94,3%), indicando ser uma característica altamente herdável, podendo ser incluída nos programas de melhoramento genético.

3.8.2 Diâmetro da tora

É reconhecido que, com o aumento da tora em diâmetro, obtida por desbaste ou ampliação do prazo de rotação, os efeitos da tensão de crescimento são reduzidos (SHIELD, 1995).

Conforme VAN WYK (1978) toras de maior diâmetro têm potencial maior de produzir tábuas de melhor qualidade do que toras de pequeno diâmetro.

FERNANDES et al. (1986) estudando a relação entre os níveis de tensão de crescimento e os diâmetros de toras de *E. saligna* encontraram relações altamente significativas. As deformações causadas pelas tensões internas de crescimento diminuíram com o aumento do diâmetro da tora.

FERNANDES et al. (1989) trabalhando com três progênies de *E. grandis*, observou que os valores obtidos através da análise de regressão indicaram que o índice de rachadura decresce com o aumento do DAP.

CHAFE (1995) em seus estudos com árvores em pé de *E. nitens*, observou que não houve uma correlação significativa entre tensões de crescimento e o diâmetro da árvore. Entretanto, a correlação foi altamente significativa e positiva para árvore em pé de *E. regans* e árvores abatidas de *E. nitens*.

3.8.3 Desbaste

Desbaste, por definição, reduz a densidade populacional. Se não causar reorientações das copas remanescentes o desbaste poderá provocar diminuição das tensões de crescimento. Entretanto, desbastes rigorosos poderão induzir a novas orientações das copas das árvores e nesse caso o problema das tensões de crescimento poderá ser agravado (KUBLER, 1987).

De acordo com HILLIS e BROWN (1978), plantações com espaçamento mais uniforme podem ter tensões de crescimento mais reduzidas, em relação às árvores que crescem em condições normais.

Embora pouco testado experimentalmente acredita-se que o nível de tensão de crescimento pode ser minimizado pelas condições de crescimento e distribuição espacial uniforme da população. O nível de tensão gerado nos troncos das árvores seria minimizado pela não necessidade das árvores de reorientação de suas copas. A população deve ser desbastada levemente, freqüentemente e uniformemente (Kubler, 1988 citado por MALAN, 1995).

De acordo com WAUGH (1972) citado por OPIE et al. (1984), em seu estudo com população clonal de poplar observou que desbastes pesados aumentaram em até 30% o nível de deformações de crescimento. Embora

FERRAND (1983) estudando intensidade de desbaste com *E. nitens*, verificou que os níveis de tensões de crescimento diminuíram a medida que se aumentou a intensidade de desbaste.

3.8.4 Desrama

Desrama após os primeiros anos, causa aumento na tensão de crescimento, devido as novas orientações das copas das árvores. Porém, com o passar do tempo, as árvores tendem a se estabilizar e as tensões também se estabilizam (Luckholff, 1967 citado por KUBLER, 1987). Outras pesquisas realizadas por outros autores, com o mesmo material e mesma idade de rotação, demonstraram não ser significativa a relação entre a intensidade de desrama e o grau de rachadura nos topos das toras (MALAN, 1979).

3.8.5 Taxa de crescimento

MARSH (1957) recomenda desbastes conservadores na primeira metade da rotação de 30 anos seguidos por desbaste de intensidade suficiente para manter uma taxa de crescimento constante. Aro (1961), citado por KUBLER (1987) verificou em seus trabalhos que alterações bruscas na taxa de crescimento, podem aumentar as rachaduras de topo.

MALAN (1979) em pesquisa com espécies de eucaliptos, observou ter encontrado uma pequena, mas significativa, correlação positiva entre o incremento médio anual (IMA) e as rachaduras de topos de toras.

Em estudos realizados por WILKINS e KITAHARA (1991) com árvores de *E. grandis* de 22 anos e de diâmetros diferentes, concluíram que não houve uma correlação significativa entre as deformações periféricas longitudinais, oriundas das tensões de crescimento e a taxa de crescimento.

De acordo com HILLIS e BROWN (1978), não existe evidência quantitativa do aumento das tensões de crescimento relacionado com a rapidez de crescimento da árvore.

3.8.6 Variação dentro da árvore

Em seus estudos com *E. regnans*, CHAFE (1981), observou a ocorrência do aumento das tensões de crescimento no sentido base-topo, que foi comprovada estatisticamente através de correlação. De acordo com o autor, toras obtidas da região superior estão mais suscetíveis as rachaduras, uma vez que maiores níveis de tensões são distribuídos em um menor diâmetro de tora.

CHAFE (1985) estudando esse mesmo tipo de variação das tensões de crescimento em *E. nitens*, encontrou um resultado oposto ao apresentado anteriormente, ou seja, uma diminuição das tensões no sentido base-topo.

Segundo LIMA et al. (2000), em seus trabalhos com *E. grandis* de idade de 18 anos, observou que o índice de rachadura (IR) tende a diminuir com a altura da árvore, sendo ligeiramente maior na tora obtida à altura mediana da árvore. Este fato pode ser explicado pela tendência de melhor orientação da grã na parte central da árvore. Porém, não foram estatisticamente diferentes.

3.8.7 Outros fatores que afetam as tensões de crescimento

De acordo com BAENA (1982) a intensidade de tensões de crescimento tende a ser maior em indivíduos de idades jovens, diminuindo consideravelmente com o envelhecimento.

HILLIS e BROWN (1978) afirmam que os níveis de tensões de crescimento são mais elevados na estação chuvosa do que na estação seca.

Conforme Jacobs (1945), citado por LISBOA (1993), concorda que o peso da árvore constitui-se numa contribuição secundária às tensões de crescimento longitudinal.

3.9 MÉTODOS DE CONTENSÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO

MONTAGNA (1991) estudando métodos de desdobro em *Eucalyptus grandis* visando diminuir o efeito das tensões de crescimento constatou que desdobrando pelo sistema de corte à 1/3 do raio da tora apresenta índices de rachaduras nas tábuas menores que quando desdobradas pelo sistema de cortes

paralelos, diminuindo, naturalmente, os danos causados pelas rachaduras.

Já CARDOSO JUNIOR (2005) trabalhando com clones de híbridos de *Eucalyptus* constatou que o aumento do espaçamento entre plantas foi diminuindo a deformação residual longitudinal, indicando com isso, uma grande ferramenta para gerar árvores com menores tensões de crescimento.

Segundo BORGES et al (2004), o efeito do tratamento térmico sobre as conseqüências das tensões de crescimentos, mostrou-se eficiente ficando evidente a menor deformação radial, das amostras tratadas em relação à referência.

Conforme SEVERO et al. (2000), a vaporização das toras de *Eucalyptus dunnii* por um período de 20 horas, apresentou uma redução significativa para redução das tensões de crescimento.

O tratamento térmico da madeira pode ser usado com diversos objetivos: maior estabilidade dimensional (pela redução da higroscopicidade), resistência à degradação fúngica, maior dureza superficial e relaxamento das tensões de crescimento (STAMM, 1964; QUIRINO, 1997; TJEERDSMA et al. 1998; HIETALA et al., 2002 e QUIRINO & VALE, 2002). Entretanto, o tratamento térmico tem alguns efeitos adversos sobre a madeira, dentre os quais: escurecimento, perda de massa, redução da resistência mecânica e aumento da rigidez (KOTILAINEN, 2000; HAKKOU et al., 2003; HOFFMEYER et al. 2003; REPELLIN & GUYONNET, 2003; BORGES & QUIRINO, 2004). REPELLIN & GUYONNET (2003) indicam como solução para os efeitos negativos do tratamento térmico a aplicação de baixas temperaturas e de longos tempos de tratamento.

MATOS et al. (2003) também trabalhando com *Eucalyptus dunnii* de 13 anos de idade e com cinco técnicas de redução dos efeitos das tensões de crescimento, constataram que o anelamento do tronco da árvore e posteriormente de suas respectivas toras foi o que apresentou melhores resultados na redução das rachaduras das tábuas obtidas.

LIMA et al. (2000) analisaram um povoamento de *Eucalyptus grandis* de 18 anos de idade, manejado pelo sistema CCT no Estado de São Paulo, em

diferentes séries de desbaste. Concluíram que os sistema de manejos não influenciaram significativamente nas rachaduras de peças úmidas, mas, influenciaram nos índices de rachaduras das extremidades de toras e o encurvamento das peças serradas úmidas. Somente as intensidades de desbastes de 50% e 67% diferiram da testemunha.

JARA et al. (1997) estudando a influência do tratamento térmico na redução das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* com 19 anos de idade, constataram que toras aquecidas por um período de 67 horas com temperatura média de 64,5 °C ocorreu uma redução significativa das tensões de crescimento, maximizando o rendimento em madeira serrada e minimizando o rachamento de tábuas, quando estas foram desdobradas pelo método de cortes simultâneos no engenho de quadro cheio.

Hoje em dia vem se buscando uma outra atribuição ao herbicida Imazapyr, que é a redução das tensões de crescimento através da aplicação em árvores em pé. Trata-se de um herbicida de ação sistêmica de amplo espectro, pertencente ao grupo químico das imidazolinonas. A atividade herbicida do imazapyr é resultante da interação de vários fatores, incluindo componentes biológicos e físicos que determinam como o herbicida atua e alcança o local de ação das imidazolinonas. Os fatores biológicos incluem a habilidade de absorção e translocação do herbicida até o local de ação e a capacidade que a planta tem de tornar o herbicida atóxico. Para que as imidazolinonas propiciem a morte da planta, esta deve absorver e translocar o herbicida até os pontos de crescimento, meristemas, tanto através das raízes como através das folhas. Nos meristemas, o composto atua na enzima acetolactase síntase (ALS), responsável por uma das etapas da síntese dos aminoácidos alifáticos de cadeias ramificadas, valina, leucina e isoleucina. A quantidade de herbicida que alcança os pontos de crescimento depende da imidazolinona em teste, do local de absorção e a habilidade da planta em metabolizar o herbicida. O efeito residual do imazapyr varia de 6 meses a 2 ano sem regiões de clima temperado e de 3 a 6 meses, para clima tropical, conforme a dosagem utilizada. (CHRISTOFFOLETI, 1998)

MATOS et al. (2003), utilizaram o composto Imazapyr na redução das

tensões de crescimento do *Eucalyptus dunnii* na árvore e a técnica de anelamento e morte da árvore em pé, foram os mais eficientes na redução das tensões de crescimento, sendo o método do herbicida o mais indicado devido a sua praticidade e por apresentar menor perda em volume de madeira.

YAMAMOTO (2005), trabalhando com *Eucalyptus dunnii* com 10 anos de idade e utilizando o equipamento *Strain Gauge* para medições de tensões de crescimento em toras de árvores tratadas e toras não tratadas com herbicida Imazapyr, obteve redução das tensões de crescimento para toras com tratamento de herbicida em relação as toras não tratadas.

3.10 METODOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS

Para avaliação das tensões de crescimento os métodos não destrutivos utilizado para medição de tensão de crescimento de crescimento mais mencionadas na literatura são o uso do Extensômetro (CIRAD *Fôret*), o *Strain Gauge* e o mais recente o *Stress Wave Timer*.

3.10.1 Equipamento Extensômetro (CIRAD *Fôret*)

O Extensômetro (CIRAD *Fôret*) tem como parâmetro de medição a deformação ocorrida devido à tração das fibras quando estas são liberadas pelo orifício na área central entre dois pontos a 45 mm de distância entre eles. Essa deformação é registrada em um relógio comparador digital que é medido em mm.

A tensão de crescimento é proporcional ao valor da DRL média, sendo obtida de forma indireta, e calculada indiretamente pela fórmula:

$$TCL = \frac{MOExDRL}{45}$$

onde, TCL é a estimativa da tensão de crescimento longitudinal (Kgf/cm²), MOE é o módulo de elasticidade para ensaio de flexão estática (Kgf/cm²), DRL é a deformação residual longitudinal (mm) e o 45 é a distância entre os dois pinos onde ocorre a deformação (mm).

3.10.2 Equipamento *Strain Gauge*

Strain Gauge é um equipamento que tem como parâmetro a medição da deformação residual longitudinal causada pela compressão das fibras, pois esse aparelho através de uma pequena célula de carga quantifica o quanto ocorre de deformação. Sua medição se dá por meio da compressão, pois quando a tensão é liberada através de dois cortes, um acima e outro abaixo da célula de carga, ocorre uma deformação devido ao relaxamento das fibras causando uma compressão que é medida por essa célula e através de impulsos elétricos, transferidos para um aparelho que a codifica e transforma em tensão.

3.10.3 Equipamento *Stress Wave Timer*

O aparelho *Stress Wave Timer* registra a velocidade da onda de tensão percorrida em um corpo. Esse aparelho não trabalha com a deformação e sim com a velocidade de propagação das tensões de ondas e, sua metodologia consiste em aplicar ondas de tensão empregando-se o método de impacto com o martelo e o transdutor de chegada das ondas para registra-las.

3.11 RESULTADO DE PESQUISA UTILIZANDO METODOLOGIAS PARA MEDIÇÕES DE TENSÕES DE CRESCIMENTO

SOUZA (2002), estudando clones híbridos naturais do gênero *Eucalyptus*, aos 6 anos de idade, realizou uma avaliação da deformação residual longitudinal de clones de árvores de eucalipto que teve como objetivo observar a funcionalidade e aplicabilidade do aparelho extensômetro (“CIRAD *Fôret*”), as rachaduras de extremidades de tábuas, características de crescimento e algumas propriedades da madeira.

Os resultados foram que o aparelho se mostrou de boa praticidade e precisão tornando-se mais uma ferramenta para a seleção de clones, para o melhoramento florestal, visando à produção de madeira serrada. Na questão de relação com as características de crescimento não houve correlação, como mostra

a Tabela 01.

TABELA 01 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO FENOTÍPICA ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL), DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP), ALTURA TOTAL (HT) INCREMENTO MÉDIO ANUAL (IMA)

	<i>DLR</i>	<i>DAP</i>	<i>HT</i>	<i>IMA</i>
<i>DLR</i>	1	-0,26	0,10	-0,09
<i>DAP</i>		1	0,42	0,83
<i>HT</i>			1	0,78
<i>IMA</i>				1

Não houve diferença estatística significativa na DRL determinada no DAP e a 3 m de altura, demonstrando que a medição no DAP é suficiente para estimar a DRL da árvore, o que permite um ganho nas condições e rapidez do processo de coleta de dados.

Na relação entre a deformação residual longitudinal e algumas características da madeira apresentaram algumas correlações, como a DRL e o índice de rachamento foi elevado (0,68), o que permite utilizar esta variável como uma ferramenta confiável para a seleção de genótipos menos propensos ao desenvolvimento de rachaduras em tábuas.

A DRL apresentou correlação positiva e significativa com as densidades básica e seca, ângulo da grã, contração volumétrica, radial e tangencial e resistência ao fendilhamento. Não foi observada correlação com os teores de lignina insolúvel, solúvel e total. Foi também observado que os coeficientes de herdabilidade estimados foram elevados para todas as características avaliadas, indicando a existência de um alto controle genético e permitindo o melhoramento pela seleção.

MATOS et al. (2003) testaram diferentes técnicas de obtenção de toras de *Eucalyptus dunnii* com 13 anos de idade, da empresa RIGESA, Celulose, Papel e Embalagens Ltda, no município de Três Barras no Estado de Santa Catarina para serraria, visando à redução das tensões de crescimento. As técnicas utilizadas foram anelamentos das toras, uso de herbicidas sistêmicos com princípio ativo “Imazapyr” de nome comercial “Chopper”, aplicação de selantes nos topos de

toras, toras com 12 dias no campo, para depois serem desdobradas e toras que foram desdobradas após 72 horas do seu abate. Os métodos de obtenção das toras pela técnica de anelamento e morte pelo herbicida, foram os mais eficientes na redução das tensões de crescimento, sendo o método do herbicida o mais indicado devido a sua praticidade e por apresentar menor perda em volume de madeira. Os resultados obtidos na pesquisa estão demonstrados na Tabela 02.

TABELA 02 - RESULTADOS DE RACHADURAS (%), ARQUEAMENTO (MM/M) E ENCURVAMENTO (MM/M), EM TÁBUAS DE *EUCALYPTUS DUNNII*

<i>Tratamento</i>	<i>Rachaduras médias (%)</i>	<i>Arqueamento médio (mm/m)</i>	<i>Encurvamento médio (mm/m)</i>
<i>Anelamento</i>	5,67 ^c	0,38 ^c	4,35 ^a
<i>Herbicida</i>	5,25 ^c	0,90 ^{bc}	3,00 ^b
<i>Selante</i>	12,05 ^a	1,56 ^a	4,88 ^a
<i>Toras 72 horas</i>	8,34 ^b	0,89 ^{bc}	4,95 ^a
<i>Toras 12 dias</i>	7,15 ^{bc}	1,35 ^{ab}	4,18 ^a
<i>C.V. entre tratamentos</i>	82,21	138,62	63,49
	(%)		

a, b, c referem-se ao teste de médias dos tratamentos pelo método de tukey a 95% de probabilidade.

C.V. – Coeficiente de Variação entre tratamentos

YAMAMOTO (2005), realizando estudo com *Eucalyptus dunnii* de 10 anos de idade dos plantios comerciais da empresa RIGESA Ltda, teve como objetivo estudar a redução das tensões de crescimento através da técnica de aplicação do herbicida Chopper, onde apresentou uma redução das tensões de crescimento nas árvores onde houve a aplicação do herbicida como mostra a Tabela 03.

TABELA 03 – VALORES MÉDIOS DE DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL E ALGUMAS MEDIDAS DE DISPERSÃO DE ÁRVORES DE *EUCALYPTUS DUNNII* E 10 ANOS DE IDADE

<i>Tora</i>	<i>Com Chooper</i>	<i>Sem Chooper</i>
2	-723	-1226
3	-728	-1358
4	-765	-853
5	-798	-742
6	-931	-1090
7	-599	-959
<i>Média</i>	-757 A	-1038 B
<i>DP</i>	108	231
<i>CV</i>	14,34	22,33

DP = Desvio padrão; CV = coeficiente de variação; Médias com letras iguais indicam a igualdade entre as médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

3.12 MELHORAMENTO GENÉTICO DO EUCALIPTO

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

Tem-se utilizado a seleção de indivíduos superiores como uma técnica básica, onde o melhorista procura, através desse procedimento, explorar indiretamente a variabilidade natural da população e favorecer a obtenção de indivíduos com características desejáveis (MORI et al., 1986).

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

Deve-se considerar que os genótipos podem apresentar interações tanto para as características de crescimento, quanto para as que definem a qualidade da madeira (GRESPLAN, 1997). Desta forma, a seleção com base apenas nas

características de crescimento não assegura que a árvore selecionada tenha qualidade que proporcione a sua utilização, pois as propriedades da madeira que interferem na sua qualidade podem, às vezes, apresentarem maiores interações do que as características de crescimento (ZOBEL e TALBERT, 1984). Assim, as novas estratégias de melhoramento genético devem conciliar tanto com as características de crescimento, como com as propriedades da madeira, obtendo-se com isso, uma maior produtividade e madeiras de melhores qualidades.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ETAPA I (ESTUDO PRELIMINAR)

Esse estudo preliminar foi realizado com objetivo de calibrarem os equipamentos. Para tal, foram utilizadas 16 árvores de *Eucalyptus dunnii* de um plantio comercial por sementes com 10 anos de idade da empresa RIGESA - MeadWestvaco . Em oito árvores foi aplicado o herbicida Imazapyr de nome comercial Chopper e oito não foram aplicadas, servindo como testemunhas. Após um mês da aplicação do herbicida, foi feito o abate das 16 árvores e retirada a primeira tora de 2,00 metros de comprimento de cada árvore e levadas para o Laboratório Tecnologia da Madeira da Universidade Federal do Paraná. Foram feitas as medições de DRL com os aparelhos Extensômetro (CIRAD *Fôret*) que tem como parâmetro de medição a deformação ocorrida devido à tração das fibras quando estas são liberadas pelo furo na área central entre dois pontos a 45 mm de distância entre eles. O *Strain Gauge* que tem como parâmetro a medição da deformação causada pela compressão das fibras, pois esse aparelho através de uma pequena célula de carga quantifica o quanto ocorre de deformação. Sua medição se dá por meio da compressão, pois quando a tensão é liberada através de dois cortes, uma acima e outro abaixo da célula de carga, ocorre uma deformação devido ao relaxamento das fibras causando uma compressão que é medida por essa célula e através de impulsos elétricos, transferidos para um aparelho que a transforma em força e, o outro aparelho é *Stress Wave Timer* que registra a velocidade da onda de tensão percorrida em um corpo. Esse aparelho não trabalha com a deformação e sim com a propagação das tensões de ondas e sendo um aparelho de mais fácil trabalhabilidade e não destrutível entre os três, a qual se teve a justificativa de testar esse aparelho com os outros dois.

4.2 ETAPA II (EXPERIMENTO DEFINITIVO)

Foram utilizadas 20 árvores de 14 anos de idade de *Eucalyptus dunnii* proveniente de sementes importadas da Austrália, com espaçamento 2,50m x

2,50m, sem nenhum tipo de manejo ou tratos silviculturais. São provenientes dos plantios comerciais da Fazenda Ella Olsen que pertence à RIGESA - MeadWestvaco, localizada no município de Canoinhas, Norte do Estado de Santa Catarina (Figura 01).

FIGURA 01 - LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO ONDE FOI COLETADO O MATERIAL DE ESTUDO



A área está situada a 17°36'09'' Sul de latitude, 46°42'42'' Oeste de longitude e altitude 550m. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw, tropical úmido de savana, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 24°C e a precipitação média anual é de 1.450 mm. Figura 02 apresenta a vista parcial do plantio onde foram coletados os dados.

FIGURA 02 - VISTA PARCIAL DO PLANTIO DE ESTUDO

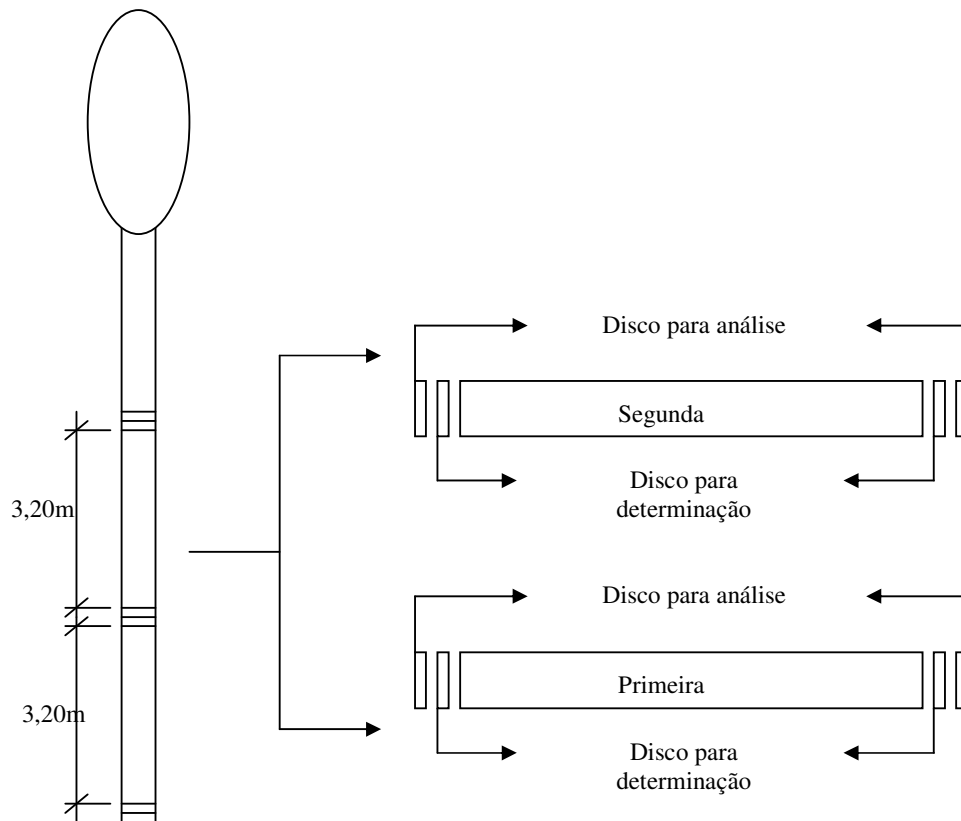


4.3 SELEÇÃO DAS ÁRVORES

As árvores foram selecionadas de acordo com a forma do fuste (retilíneo), ausência de bifurcação, boas condições fitossanitárias e diâmetros acima de 30cm e, localizadas dentro do povoamento, rejeitando as árvores próximas às bordaduras para eliminar a interferências ocasionadas por ventos, radiação solar, copas desproporcionais que possam interferir nas medições de deformações residuais de crescimento.

Das árvores estudadas foram retirados discos nas extremidades das duas toras e transportados para o Laboratório de Tecnologia do setor de Ciências Agrárias da Madeira da Universidade Federal do Paraná para posteriores análises microscópicas das fibras e a quantificação do teor de umidade das árvores (Figura 03).

FIGURA 03 - DESENHO DEMONSTRATIVO DA RETIRADA DOS DISCOS DAS DUAS TORAS PARA ANÁLISE ANATÔMICO E DETERMINAÇÃO DE UMIDADE



4.4 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

Foram determinados o DAP e a altura total das árvores. O diâmetro à altura do peito (DAP) de todas as árvores selecionadas foi mensurado com casca por uma fita métrica em centímetros.

As medições de altura total foram feitas nas árvores após o seu abate por meio de uma trena de 30 m.

4.5 AVALIAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL)

As medições foram realizadas em três etapas distintas, sendo, na primeira etapa a deformação residual longitudinal (DRL) foi determinada na árvore em pé na altura do DAP, sendo medida na direção norte, sul, leste e oeste, conforme recomendação do fabricante do aparelho utilizado. Nessa etapa também foi feita a aplicação de 0,5 ml do produto Imazapyr com o intuito de matar a árvore em pé. A segunda etapa foi realizada depois de 15 dias de aplicação do produto Imazapyr, onde, só foram medidas as deformações residuais longitudinais das 10 árvores que foram aplicados o produto Imazapyr. A última etapa foi 30 dias após a primeira etapa, onde foram realizadas as medições de deformações residuais longitudinais de todas as árvores envolvidas no estudo.

Para a medição da DRL foi usado o aparelho Extensômetro (medidor de deformações de crescimento). Nas medições das DRLs na etapa de 15 dias e 30 dias após aplicação do herbicida foram feitas ao lado da primeira medição com uma distância pra que não haja interferências nas medidas. A Figura 04 mostra o aparelho e o esquema de coleta de dados.

FIGURA 04 - APARELHO E COLETA DAS DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAL



O método utilizado consiste em fixar dois pinos na árvore sem casca, nas alturas do DAP, um pino distante do outro 45 mm, tendo o cuidado de fixá-los na direção da grã. Tais pinos estão conectados a um medidor de deformações cuja função é indicar a intensidade da deformação residual longitudinal. Após a calibragem do aparelho é feito um furo de 2 cm de diâmetro com um arco de pua entre os dois pinos, com o objetivo de liberar as tensões. Essa deformação é registrada no relógio digital (Figura 04).

4.6 AVALIAÇÃO DO EQUIPAMENTO STRESS WAVE TIMER

A avaliação foi realizada na árvore em pé e nas duas primeiras toras e deu-se por meio da utilização do aparelho denominado *Stress Wave Timer*, modelo 239-A, fabricado pela Metriguard, com seus acessórios para aplicação de ondas de tensão.

Nas árvores em pé foram retiradas às cascas na altura do peito e na base do tronco do lado oposto para a avaliação da onda de tensão transmitida no sentido transversal e no sentido longitudinal da árvore. A metodologia empregada consiste no impacto no tronco com o martelo na altura do peito e através de um receptor localizado no outro lado do tronco na altura do peito era feita a medição transversal do lado oposto na base da árvore próximo ao solo era feita a medição longitudinal, que registrava o tempo que a onda de tensão levou para ultrapassar essas distâncias. Foi utilizada a equação da hipotenusa para correção da distancia percorrida pelo som na medição longitudinal.

Depois de derrubadas e traçadas em duas toras de 3,20m cada, foi feita a avaliação da emissão de onda no sentido longitudinal dos dois troncos. Essa técnica consiste em aplicar uma batida com o martelo do aparelho, numa extremidade da tora, com a finalidade de emitir uma onda e da outro extremidade com um receptor para medir o tempo que levou para essa onda atravessar a tora.

Foram realizadas seis medições em cada ponto para posterior cálculo de média aritmética, sendo que a velocidade de propagação das ondas de tensão foi determinada através da expressão:

$$V = \frac{d}{t} (m/s)$$

Onde:

V = velocidade de propagação da onda de tensão em m/s

d = distância entre os pontos de partida e o de chegada da onda de tensão (distância entre os transdutores) em metros (m)

t = tempo de propagação da onda de tensão em segundos (s)

4.7 METODOLOGIA DE DESDOBRO DAS TORAS EM SERRARIA

As duas primeiras toras das vinte árvores estudadas, num total de 40 toras de 3,20m cada, foram transportadas no período de 24 horas até o município de Rio Negro/PR, na serraria da empresa MADEN, para serem desdobradas.

Após serem descarregadas no pátio da serraria, foram pintadas nos topos conforme seqüência de entrada na serraria para permitir a rastreabilidade de todo o material que foi serrado, conforme Figura 06.

FIGURA 06 - DESCARGA DAS TORAS NO PÁTIO DA SERRARIA E DETALHES DAS TORAS PINTADAS PARA ENTRADA DO DESDOBRO

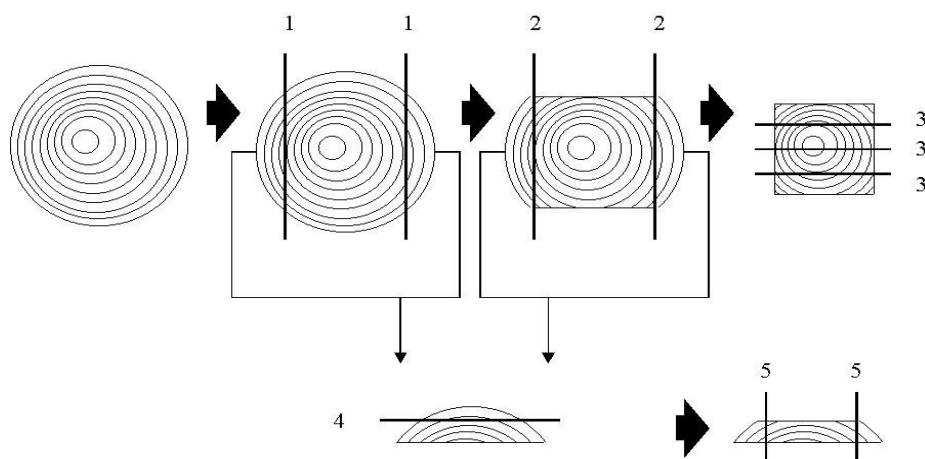


O sistema de desdobro que foi utilizado consistiu no descascamento das toras pelo descascador mecânico, em seguida, a tora foi para uma serra fita tanden, onde ocorrem a retirada de duas costaneiras, tornando com isso um semi bloco que segue para uma segunda serra fita tanden, onde foram retiradas as duas costaneiras restantes, formando um bloco. Por final, o bloco foi desdobrado em uma serra fita múltipla horizontal, onde foram obtidas as tábuas. As costaneiras,

por sua vez, seguiram para as resserradeiras, e depois para as serras circulares múltiplas de um eixo onde foram refiladas (Figura 07). As peças oriundas das costaneiras foram enviadas a uma mesa dupla de destopos e depois foram empacotadas para reduzir a velocidade de secagem das tábuas.

Após essa operação na serraria esses pacotes foram transportados para o Laboratório de Tecnologia da Madeira, do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, para realizações de medições nas tábuas para a quantificação de defeitos.

FIGURA 07 - SISTEMA DE DESDOBRO UTILIZADO



4.8 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA DAS ÁRVORES

Para a determinação da massa específica básica foram utilizados discos sem casca retirados das posições dos topos das duas toras. Em cada disco foram retiradas cunhas diametrais opostas, as quais foram submersas em água até atingirem a saturação (peso constante). A determinação do volume foi feita pelo método de pesagem em balança eletrônica com 0,01g de sensibilidade e após a obtenção do volume, as cunhas foram colocadas em estufas com temperaturas de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ para a secagem até peso constante, obtendo-se o peso através da balança eletrônica, completamente seco. A seguir foi determinada a massa específica básica segundo a norma ASTM D 2395-93 (1995).

Foi calculada pela equação descrita a seguir:

$$\rho b = \frac{Ms}{Vu}$$

Onde

ρb = Massa específica básica (g/cm^3)

Ms = Massa seca em estufa a $103\pm 2^\circ\text{C}$ (g)

Vu = Volume saturado (cm^3)

4.9 AVALIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE

Os discos retirados das extremidades das duas toras foram ensacados e levados no período de 24 horas para o Laboratório de Tecnológico da Madeira na UFPR para serem pesados. A pesagem foi feita através de uma balança digital de carga máxima de 5kg, onde foram pesados verdes e deixados por um período no pátio para uma pré-secagem ao ar livre (Figura 08).

FIGURA 08 – SECAGEM AO AR LIVRE DOS DISCOS PARA MEDIÇÃO DO TEOR DE UMIDADE E ANATOMIA DA MADEIRA



Após a secagem ao ar livre, foram levados para uma estufa numa temperatura de $103\pm 2^\circ\text{C}$ de circulação de ar, para secagem até peso constante (Figura 09).

FIGURA 09 - SECAGEM EM ESTUFAS E PESAGEM DOS DISCOS PARA QUANTIFICAR O TEOR DE UMIDADE.



O cálculo do teor de umidade foi feito através da equação a seguir:

$$TU (\%) = \left(\frac{PU - PS}{PS} \right) \times 100$$

Onde:

TU = Teor de umidade em (%)

PU = Peso úmido em (g)

PS = Peso seco em (g)

4.10 AVALIAÇÃO DAS DIMENSÕES DAS FIBRAS

A análise das dimensões da fibra foi feita com os discos retirados das extremidades de duas toras de 10 árvores como mostra a Figura 03. A retirada do material para a análise realizada no microscópico foi feita da seguinte forma: foi cortado o disco ao meio e retirada uma fina camada do lenho, contendo fibras das regiões da medula, intermediária e perto da casca. Essa fina camada foi partida em três partes, sendo, medula, intermediária e casca, para serem picadas em forma de palitos para maceração.

Foi feita uma maceração química em tubos de ensaio, utilizando solução aquosa de ácido nítrico e ácido acético (P.A.) na proporção 3:1. Aquecida por 45 minutos até a dissociação dos elementos anatômicos (fibras). Após a dissociação a mistura foi filtrada em filtro de papel e lavada com água destilada até obter coloração clara e depois adicionando álcool absoluto. Por último a coloração com safranina (1%). O método de preparação das fibras para análise de suas

dimensões, foi o Método de Martlea. O armazenamento foi feito em placa de Pétri, para confecções de lâminas temporárias para medições das fibras com 30 repetições por amostras. (Figura 10).

FIGURA 10 - SEQÜÊNCIA DA PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS PARA AS MEDIÇÕES DAS FIBRAS



4.11 AVALIAÇÃO E MEDIÇÃO DAS TÁBUAS

As tábuas foram encaminhadas logo após serem serradas para o laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal do Paraná do setor de Ciências Agrárias, onde foram feitas medições ainda verdes de espessuras, largura com paquímetro digital e os comprimentos com fita métrica. A quantificação dos defeitos como encanoamento, encurvamento, arqueamento e rachadura das extremidades das tábuas foram obtidos através das seguintes fórmulas:

a) Encanoamento é um tipo de empenamento das peças de madeira quando as arestas ou bordas não se encontram no mesmo nível que a zona central. É reconhecido quando, ao colocar a peça de madeira sobre uma superfície plana, apoiará a parte central da tábua ficando os bordos levantados, apresentando um aspecto curvo. Sua medição foi feita com paquímetro digital na maior flecha.

$$Ec = \frac{f}{l}$$

Onde:

Ec = encanoamento mm/cm

f = flecha de encurvamento em mm

l = Largura da peça em cm

b) Encurvamento é um empenamento no comprimento da tábua. Sua medição foi feita com uma régua graduada em milímetros, sendo medida no maior vão da fecha e calculada pela equação a seguir:

$$Ev = \frac{f}{c}$$

Onde:

Ev = encurvamento em mm/m

f = flecha de encurvamento em mm

c = comprimento da peça em m

c) Arqueamento é uma curvatura no comprimento da face da peça. Reconhece-se quando ao colocar a peça sobre uma superfície plana, se observa uma luz ou uma separação entre as faces (largura da tábua) da peça de madeira e a superfície de apoio. Essa medição foi realizada com uma régua em milímetros sendo sua medição feita no maior vão da fecha.

$$A = \frac{f}{c}$$

Onde:

A = arqueamento em mm/m

f = flecha de arqueamento em mm

c = comprimento de peça em m

d) As rachaduras das tábuas foram medidas após 72 horas, para que as rachaduras das extremidades causadas pelas tensões de crescimento fossem totalmente liberadas. Foram feitas as medições das rachaduras das duas extremidades da tábua com régua em milímetros como mostra Figura 11.

A rachadura foi calculada através da fórmula descrita abaixo:

$$IR(\%) = \frac{\sum Rach}{L} \times 100$$

Onde;

IR = índice de rachadura em %

Rach = rachaduras das extremidades das tábuas em cm

L = comprimento da tábua em cm

FIGURA 11 - MEDIÇÃO DAS EXTENSÕES DAS RACHADURAS DAS TÁBUAS



5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ETAPA I

O estudo mostrou pela análise de variância a eficiência do herbicida na contenção das rachaduras das tábuas provocada pelas deformações residuais longitudinais (Anexo 09 e 10). Na Tabela 04 são apresentados os valores médios obtidos pelos três equipamentos utilizados na quantificação da deformação residual longitudinal. Observa-se que existe um coeficiente de variação entre médio e alto para os equipamentos *Strain Gauge* e o Extensômetro, 14,7% e 24,7% com aplicação do herbicida e 22,3% e 14% sem aplicação do herbicida respectivamente, de acordo com PIMENTEL GOMES (1970). Essa característica ocorre também nas árvores medidas em pé (viva), que comprova que essa característica é um valor de difícil controle, devendo ter o cuidado de se obter maior número de amostragem.

TABELA 04 - VALORES MÉDIOS DAS MEDIÇÕES REALIZADAS COM OS TRÊS EQUIPAMENTOS EM TORAS DE *EUCALYPTUS DUNNII* DE 10 ANOS DE IDADE

Tora	Com Herbicida			Sem Herbicida		
	STW	Extens	SG	STW	Extens	SG
01	1933	0,155		1942	0,120	
02	2107	0,099	-723	2286	0,157	-1226
03	2009	0,068	-728	1933	0,155	
04	2098	0,086	-765	2089	0,149	-1358
05	1947	0,097	-798	1989	0,111	-853
06	1962	0,109	-931	1894	0,114	-742
07	1907	0,086	-599	1994	0,146	-1090
08	1916	0,128		2263	0,130	-958,8
<i>Média</i>	1985	0,103 A	-757 A	2049	0,135 B	-1038 B
<i>DP</i>	74	0,026	108,64	151	0,019	231,76
<i>CV</i>	3,7	24,7	14,3	7,4	14,0	22,3

STW = stress wave timer; Extens = extensômetro (mm); SG = strain gauge ; Médias com letras iguais indicam a igualdade entre as médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Os valores obtidos pelo *Strain Gauge* são negativos por efetuar medições de

deformações residuais longitudinais com força de compressão o oposto usado pelo extensômetro que é através da tração, como mostra a Tabela 04.

O menor valor da deformação residual longitudinal medido pelo equipamento extensômetro foi a tora de número 03 (0,068mm) e a de maior valor a de número 01 (0,155mm) e com média de 0,103mm para as toras onde houve a aplicação e as toras que não foram aplicados o herbicida foi a de 02 (0,157mm) e a de menor a tora de número 05 (0,111mm) com uma média de 0,135mm.

Os valores foram superiores ao encontrado por SOUZA (2002), TRUGILHO (2005) e LIMA (2004) com mostra a Tabela 05.

Pode-se observar que o extensômetro teve um bom coeficiente de correlação simples com o *Strain Gauge* de -0,74. Este resultado indica que a medição feita com qualquer um dos equipamentos terá um resultado confiável. O extensômetro tem uma vantagem em relação ao *Strain Gauge* que é sua praticidade de se trabalhar. Nota-se que o coeficiente de correlação simples entre os dois equipamentos foi negativo, isso se deve pelos equipamentos usarem parâmetros diferentes para sua medição.

TABELA 05 - VALORES MÉDIOS DAS MEDIÇÕES DE DEFORMAÇÃO RESIDUAIS LONGITUDINAIS (DRL) REALIZADAS COM ÁRVORES EM PÉ DE EUCALIPTO

<i>Autor</i>	<i>Espécie</i>	<i>Idade</i>	<i>DRL</i>	<i>CV</i>
<i>TRUGILHO</i> <i>2005</i>	<i>Eucalyptus dunni</i>	<i>08</i>	<i>0,107</i>	<i>24</i>
		<i>13</i>	<i>0,113</i>	<i>33</i>
		<i>15</i>	<i>0,111</i>	<i>27</i>
		<i>19</i>	<i>0,123</i>	<i>36</i>
<i>SOUZA 2002</i>	<i>Híbrido natural Eucalyptus ssp. (clone)</i>	<i>06</i>	<i>0,090</i>	<i>28</i>
		<i>14</i>	<i>0,141</i>	<i>27</i>
	<i>Híbrido natural de E. grandis</i>	<i>15</i>	<i>0,079</i>	<i>12</i>
	<i>Clone 2 Híbrido natural de E. grandis</i>	<i>15</i>	<i>0,049</i>	<i>11</i>
	<i>Clone 3 Híbrido natural de E. grandis</i>	<i>15</i>	<i>0,095</i>	<i>19</i>
	<i>Clone 4 Híbrido natural de E. grandis</i>	<i>11</i>	<i>0,058</i>	<i>17</i>
<i>LIMA 2004</i>	<i>Variedade 5 Híbrido de E. grandis x E. urophylla</i>	<i>8,5</i>	<i>0,073</i>	<i>12</i>

Idade em anos; DRL= deformação residual longitudinal em mm e CV = coeficiente de variação em %

A Tabela 06 apresenta os coeficientes de correlações simples obtidos entre

as medidas dos equipamentos e o tratamento aplicados.

TABELA 06 - VALORES DAS CORRELAÇÕES SIMPLES ENTRE AS CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

	<i>Herbicida</i>	<i>DRL</i>	<i>SWT</i>	<i>Sgauge</i>
<i>Herbicida</i>	1			
<i>DRL</i>	-0,59	1		
<i>SWT</i>	-0,27	0,20	1	
<i>Sgauge</i>	0,64	-0,74	0,05	1

O *Strain Gauge* mede a deformação através da compressão, por isso apresenta valores negativo, enquanto que o extensômetro mede a deformação através da tração o que o torna positivo. O *Stress Wave Timer* não apresentou um bom coeficiente de correlação simples com o Extensômetro (-0,27) e nem com o *Strain Gauge* (0,05), indicando que esse equipamento não apresenta uma confiabilidade nos resultados obtidos para a dedução da deformação residual longitudinal, porém, devem-se fazer mais estudos com esse aparelho, pois é de fácil manuseio e medição e, buscando metodologias mais adequadas ao seu uso.

O tratamento com herbicida apresentou bom coeficiente de correlação simples com os equipamentos Extensômetro e o *Strain Gauge* (-0,59 e 0,64 respectivamente), indicando ter uma boa confiabilidade nos dados obtidos por esses equipamentos.

Com base nestes resultados foi implantado o experimento definitivo cujo resultado está descrito a seguir.

5.2 ETAPA II (EXPERIMENTO DEFINITIVO)

5.2.1 Características dendrológicas do material de estudo

Na Tabela 07 estão descritos os dados dendrométrico das árvores que foram submetidas ao experimento e algumas medidas de dispersão.

TABELA 07 - DADOS DENDROMÉTRICOS E ALGUMAS MEDIDAS DE DISPERSÃO DAS ÁRVORES ESTUDADAS

<i>Nº da árvore</i>	<i>DAP (cm)</i>	<i>Altura total (m)</i>
01	32,5	39,50
02	33,4	39,49
03	35,0	41,36
04	36,3	39,70
05	30,2	38,80
06	40,1	39,40
07	31,5	38,80
08	36,3	43,00
09	32,1	39,00
10	38,5	38,56
11	34,1	39,63
12	35,0	40,20
13	39,8	42,90
14	30,9	39,10
15	36,9	43,33
16	40,1	42,92
17	35,0	41,20
18	40,7	41,45
19	30,9	39,50
20	40,7	42,80
<i>Média</i>	35,3	40,53
<i>DP</i>	3,6	1,66
<i>CV</i>	10,05	4,11

CAP: circunferência à altura do peito; DP = Desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

Observa-se na Tabela 07 que as árvores que apresentaram maior diâmetro a altura do peito (DAP) foram as árvores de número 18 e 20 (40,7 cm) e as de menor foi a árvore de número 05 (30,2 cm). A média geral das 20 árvores estuda

foi de 35,3 cm, com desvio padrão de 3,6 cm e um coeficiente de variação de 10,05%. De acordo com PIMENTEL GOMES esse coeficiente de variação está na faixa de transição entre baixo e médio o que o torna um bom coeficiente para essa característica.

Para a característica de altura total as árvores de números 15 e 08 (43,33m e 43,00m respectivamente) foram as que apresentaram maiores e as árvores de números 05, 07 e 10 (38,80m, 38,80m e 38,56m respectivamente). A média geral foi de 40,53m, com um desvio padrão (DP) de 1,66m e um coeficiente de variação (CV) de 4,11%, o que mostra que essa característica não deve influenciar nos resultados.

5.2.2 Anatomia da Madeira

Na Tabela 08 estão os valores médios e algumas medidas de dispersões relacionadas às fibras da madeira de *Eucalyptus dunnii* estuda nesse experimento.

TABELA 08 – VALORES MÉDIOS E ALGUMAS MEDIDAS DE DISPERSÃO DAS FIBRAS DO *EUCALYPTUS DUNNII* DE 14 ANOS DE IDADE

<i>Nº árvore</i>	<i>Tratamento</i>	<i>Comprimento (µm)</i>	<i>Ø Externo (µm)</i>	<i>Espessura (µm)</i>
02		1097	17,23	4,41
10		1120	17,72	4,44
12	<i>Com herbicida</i>	1102	17,50	4,46
16		1107	17,40	4,27
20		1167	18,21	4,44
<i>Média (µm)</i>		1119	17,61	4,40
<i>DP (µm)</i>		28	0,38	0,08
<i>CV (%)</i>		2,53	2,16	1,79
03		1109	17,84	4,32
05		1121	17,32	4,28
09	<i>Sem herbicida</i>	1121	17,39	4,31
11		1124	17,99	4,47
19		1099	17,98	4,43
<i>Média (µm)</i>		1115	17,70	4,36
<i>DP (µm)</i>		10	0,33	0,08
<i>CV (%)</i>		0,93	1,85	1,91

DP = Desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

Observa-se na Tabela 08 que as médias dos comprimentos de fibras, diâmetro externo e espessura da parede foram bem próximos entre as árvores tratadas com herbicida e não tratadas. Esses resultados são superiores ao encontrado NISGOSKI (1998), que foi de 818 μm para o comprimento de fibra e 2,5 μm para espessura de parede em *Eucalyptus benthamii*, mas dentro da média do gênero *Eucalyptus ssp* que é variando para o comprimento de fibra de 500 a 1700 μm e de 1 a 5 μm para espessura de parede.

5.2.3 Defeitos em Tábuas e Teor de Umidade

Na Tabela 09 são apresentados os valores médios dos defeitos verificados nas tábuas e o teor de umidade das árvores estudadas.

As variáveis arqueamento, empenamento e encanoamento foram tomadas pela razão entre a flecha da peça (cm) pelo comprimento total da tábua medida (m). O menor valor médio em encurvamento foi obtido pela árvore de número 06 que teve 6 cm/m, que foi bem superior ao encontrado por MATOS et al. (2003), que foi de 3 mm/m para árvores com aplicação do herbicida e o maior valor médio foi a árvore de número 09 que foi de 10,97mm/m, bem próximo ao encontrado por MATOS et al. (2003) (9,30 mm/m). A média das vinte árvores foi de 8,10 mm/m bem superior ao encontrado por MATOS et al. (2003) que foi de 3,00 mm/m. Essa característica apresentou um coeficiente de variação de 15,36% bem menor ao encontrado por MATOS et al. (2003) que foi de 74,71%, indicando que esses dados são considerados médios, o que indica uma boa confiabilidade dos dados.

O arqueamento apresentou um valor médio para as vinte árvores estudadas de 0,94 mm/m, bem próximo ao encontrado por MATOS et al. (2003) que foi de 0,89 mm/m. O maior e menor valor encontrado foi nas árvores de número 04 (1,62 mm/m) e a árvore 14 (0,50 mm/m), bem menores do que o encontrado por MATOS et al. (2003) que foi de 3,57 mm/m para o maior e 0,71mm/m para o menor e, seu coeficiente de variação foi muito baixo em relação ao mesmo

(119,18%), que foi de 33,38%.

Para o encanoamento não foi encontrado nenhum efeito sobre as tábuas, pois, essa característica se apresenta quando a tábua se encontra com o teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras e, por isso, não foi quantificado nenhum encanoamento nas tábuas em condições verdes.

TABELA 09 - VALORES MÉDIOS DE DEFEITOS OBSERVADOS EM TÁBUAS PROCESSADAS DE *EUCALYPTUS DUNNII* DE 14 ANOS DE IDADE.

<i>Nº</i> <i>Árvore</i>	<i>Tratamento</i>	<i>Encurvamento</i> (mm/m)	<i>Arqueamento</i> (mm/m)	<i>Teor de umidade</i> (%)
01	<i>Sem Herbicida</i>	7,79	1,57	88
02	<i>Com herbicida</i>	8,10	1,12	103
03	<i>Sem Herbicida</i>	9,12	1,11	
04	<i>Com herbicida</i>	7,54	1,62	114
05	<i>Sem Herbicida</i>	7,54	0,94	
06	<i>Com herbicida</i>	6,00	1,00	101
07	<i>Sem Herbicida</i>	7,87	0,53	108
08	<i>Com herbicida</i>	9,48	0,74	115
09	<i>Sem Herbicida</i>	10,97	1,06	
10	<i>Com herbicida</i>	7,96	1,22	
11	<i>Sem Herbicida</i>	8,27	0,63	103
12	<i>Com herbicida</i>	9,38	0,58	108
13	<i>Sem Herbicida</i>	8,09	0,79	103
14	<i>Com herbicida</i>	6,60	0,50	108
15	<i>Sem Herbicida</i>	9,51	0,80	98
16	<i>Com herbicida</i>	5,69	1,18	111
17	<i>Sem Herbicida</i>	7,95	0,94	89
18	<i>Com herbicida</i>	7,14	1,06	105
19	<i>Sem Herbicida</i>	8,55	0,78	91
20	<i>Com herbicida</i>	8,48	0,64	106
<i>Média</i>	(mm/m)	8,10	0,94	103
<i>DP</i>	(mm/m)	1,24	0,31	8
<i>CV</i>	(%)	15,36	33,38	8

Os teores de umidade das árvores apresentaram baixo coeficiente de variação (8,0%) o que demonstra a confiabilidade nos dados. A árvore de número

01 foi a que apresentou o menor teor de umidade (88%) e que apresentou maior foi a de número 08 (115%). Essa característica pode ser explicada pelo pouco tempo entre a aplicação do herbicida e o corte.

5.2.4 Massa Específica

A massa específica é uma das propriedades físicas da madeira que se têm mais estudadas e é uma boa indicadora de qualidade da madeira, pois demonstra o quanto existe da substância madeira em um determinado volume. Na Tabela 10 são apresentadas às massas específicas básicas das 20 árvores com e sem aplicação do herbicida.

TABELA 10 - MASSAS ESPECÍFICAS BÁSICAS MÉDIAS DAS 20 ÁRVORES DE *EUCALYPTUS DUNNII* DE 14 ANOS COM E SEM APLICAÇÃO DO HERBICIDA

Sem herbicida		Com herbicida	
Nº da árvore	Meb (g/cm ³)	Nº da árvore	Meb (g/cm ³)
01	0,530	02	0,467
03	0,609	04	0,468
05	0,515	06	0,546
07	0,447	08	0,529
09	0,500	10	0,557
11	0,491	12	0,573
13	0,509	14	0,472
15	0,714	16	0,497
17	0,528	18	0,445
19	0,467	20	0,553
Média	0,531	Média	0,511

Meb = massa específica básica (g/cm³)

Analisando-se os resultados da Tabela 10, observa-se que a árvore que apresentou a menor massa específica básica foi a árvore de número 18 (0,445g/cm³) e a de maior foi a de número 15 (0,714g/cm³). A média da massa específica básica medida nas árvores sem a aplicação do herbicida foi de 0,531 g/cm³ e a com a aplicação foi de 0,511 g/cm³ apresentando semelhança com as que TRUGILHO (2005) encontrou em *Eucalyptus dunnii* de 13 anos (0,511g/cm³) e aos 15 anos (0,547g/cm³). Pelo método de Tukey a um nível de

95%, estatisticamente não houve diferença significativa entre as massas específicas básicas médias das árvores com aplicação e sem aplicação do herbicida, isto mostra a preocupação que teve em manter-se mais homogênea possível a amostragem para que essa característica não tivesse a influência nos resultados das deformações residuais longitudinais (Anexo 01). Os valores médios de massa específica básica, desvio padrão e coeficiente de variação estão descritos na Tabela 11.

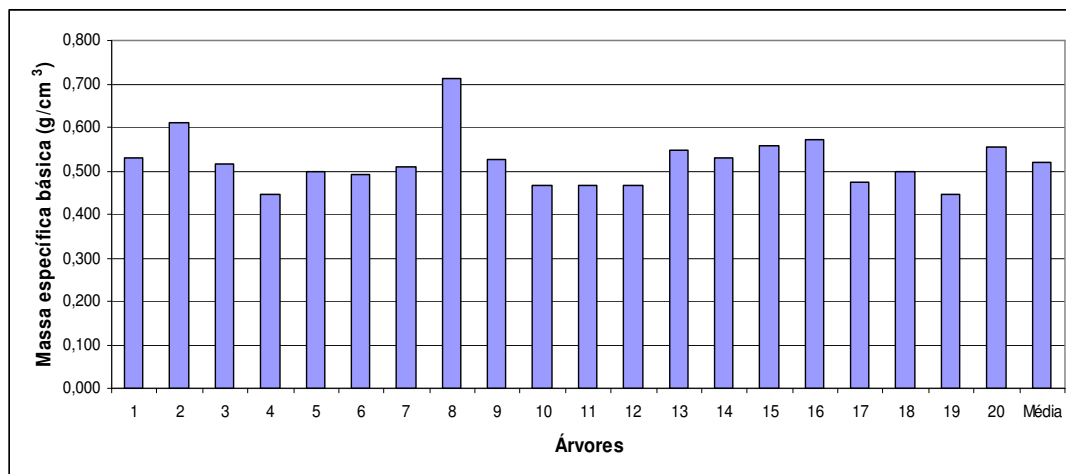
TABELA 11 - VALORES DE MÉDIAS, DESVIO PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA

<i>Tratamento</i>	<i>Média</i> (g/cm ³)	<i>DP</i> (g/cm ³)	<i>CV</i> (%)
<i>Sem Chopper</i>	0,531 A	0,077	14,59
<i>Com Chopper</i>	0,511 A	0,046	9,02

DP = Desvio padrão; CV = coeficiente de variação; Médias com letras iguais indicam a igualdade entre as médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A Figura 12 mostra os valores das massas específicas básicas das 20 árvores em que foram realizados os estudos.

FIGURA 12 - VARIAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA DAS ÁRVORES DE *EUCALYPTUS DUNNII* DE 14 ANOS DE IDADE ESTUDADAS



5.3 TÉCNICAS NÃO DESTRUTIVAS DE AVALIAÇÃO DA INTENSIDADE DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO

5.3.1 Equipamento extensômetro (CIRAD *Fôret*)

A Tabela 12 apresenta os valores médios da 1ª medição da deformação residual longitudinal (DRL) das 20 árvores. Através da análise de variância observou-se que não houve diferença estatística significativa entre os grupos de árvores (Anexo 02). Não havendo essa diferença, houve homogeneidade entre os valores das tensões medidas nas amostras, significando que a partir deste ponto, qualquer diferença entre as médias poderia ser atribuída a influência da aplicação do herbicida sistêmico.

A árvore de número 3 foi a que apresentou a maior DRL (0,223mm) e a árvore de número 1 apresentou a menor DRL (0,089mm) na primeira medição. A média esteve acima da observada por TRUGILHO (2005), que constatou uma DRL média para *Eucalyptus dunnii* de 13 anos de 0,113mm. Essa grande variabilidade é explicada por serem indivíduos de origem de sementes e não de origem clonal. O coeficiente de variação (CV) foi de 26,87% para as características de deformação residual longitudinal, indicando ser um coeficiente de variação alto de acordo com PIMENTEL GOMES (1970), que classifica os coeficientes de variações da seguinte maneira:

Até 10% _____ baixo
10 a 20% _____ médio
20 a 30% _____ alto

Apesar de se constatar um elevado valor de coeficiente de variação, este índice é compatível com o observado por TRUGILHO (2005) que obteve um coeficiente de variação na deformação residual longitudinal, medido com o Extensômetro para árvores de *Eucalyptus dunnii*, com idades de 8 de anos, de 23,66%, 13 anos 33,02% , 15 anos 26,64% e 19 anos 35,88%.

A Tabela 12 mostra a deformação residual longitudinal dos indivíduos, medida com o Extensômetro. Estatisticamente não ocorreu diferença entre as médias, pois sabemos que quando se trabalha com indivíduos provindo de

sementes fica mais difícil obter-se essa homogeneidade que em indivíduos clonais (Anexo 3).

TABELA 12 - VALORES DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL MEDIDA EM CADA PONTO CARDEAL E SEUS VALORES MÉDIOS NA 1ª MEDIÇÃO DAS ÁRVORES EM PÉ DE *EUCALYPTUS DUNNII* DE 14 ANOS DE IDADE

<i>Nº da árvore</i>	<i>DRL (mm)</i>				<i>Médias</i>
	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>L</i>	
01	0,085	0,083	0,090	0,100	0,090
02	0,087	0,090	0,090	0,096	0,091
03	0,238	0,192	0,160	0,303	0,223
04	0,122	0,182	0,138	0,133	0,144
05	0,118	0,102	0,106	0,148	0,119
06	0,112	0,174	0,212	0,188	0,172
07	0,080	0,168	0,175	0,195	0,155
08	0,108	0,176	0,150	0,104	0,135
09	0,164	0,150	0,243	0,127	0,171
10	0,168	0,105	0,136	0,097	0,127
11	0,103	0,196	0,165	0,122	0,147
12	0,104	0,146	0,147	0,142	0,135
13	0,158	0,182	0,248	0,193	0,195
14	0,114	0,167	0,132	0,089	0,126
15	0,104	0,160	0,226	0,202	0,173
16	0,087	0,094	0,099	0,088	0,092
17	0,146	0,115	0,087	0,135	0,121
18	0,119	0,125	0,086	0,068	0,100
19	0,090	0,083	0,139	0,133	0,111
20	0,208	0,147	0,322	0,098	0,194
<i>Média (mm)</i>	0,126	0,142	0,157	0,138	0,141
<i>DP (mm)</i>	0,042	0,039	0,064	0,055	0,037
<i>CV (%)</i>	33,80	27,29	40,63	40,05	26,87

DRL = deformação residual longitudinal (mm)

N, S, L, O = Norte , sul, leste e oeste

Com os dados das árvores em que não foi aplicado o herbicida (testemunhas), foi realizada uma análise de variância para verificar se ocorria

alguma diferença ao longo do tempo em sua deformação residual longitudinal, para poder avaliar se as diferenças que ocorressem seriam devidas ao tratamento ou simplesmente por outro fator qualquer não controlável. A análise mostrou que não houve diferença significativa entre a 1ª e 3ª medição da deformação residual (Anexo 03).

A árvore de número 3 foi a que apresentou a maior deformação residual longitudinal nas duas medições, que foi de 0,223mm na 1ª medição e 0,245mm na 3ª medição (30 dias após a primeira) e a de menor deformação residual longitudinal foi a de número 1, que apresentou 0,090mm na 1ª medição e de 0,086mm a 3ª, notando-se a grande variabilidade que existe nessa característica (Tabela 13).

TABELA 13 - VALORES MÉDIOS DAS DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAIS E ALGUMAS MEDIDAS DE DISPERSÃO MEDIDAS NAS ÁRVORES DE *EUCALYPTUS DUNNII* DE 14 ANOS DE IDADE

Árvore	DRL (mm)	
	1ª medição*	3ª medição**
01	0,090	0,086
03	0,223	0,245
05	0,119	0,103
07	0,155	0,160
09	0,171	0,195
11	0,147	0,143
13	0,195	0,169
15	0,173	0,168
17	0,121	0,090
19	0,111	0,112
<i>Média (mm)</i>	0,150 A	0,147 A
<i>DP (mm)</i>	0,041	0,051
<i>CV (%)</i>	27,53	34,53

DP= Desvio padrão; CV = Coeficiente de variação; Médias com letras iguais indicam a igualdade entre as médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey

* medição feita antes da aplicação do herbicida

**medição feita após 30 dias da aplicação do herbicida

A Tabela 13 apresenta os valores médios das deformações residuais longitudinais da 1ª e 3ª medições suas médias e algumas medidas de dispersão. Observa-se que não houve diferença significativa entre as médias da 1ª e a 3ª medição respectivamente (0,150mm e 0,147mm), mas o coeficiente de variação apresentou-se elevado, devido ao fato dos valores de tensões terem sido medidos em árvores provenientes de um plantio de sementes, o que já era esperado, sendo compatível com as observações de TRUGILHO (2005) que encontrou coeficiente de variação de 34,11% para deformação residual longitudinal em árvores de 13 anos de *Eucalyptus dunnii*, superior ao observado para a 1ª medição que foi de 27,53% e bem próximo ao encontrado na 3ª medição das deformações residuais longitudinais que foi de 34,53%.

A Tabela 14 apresenta os valores médios da deformação residual longitudinal das três medições realizadas num período de 30 dias nas vinte árvores estudadas.

Observa-se, pela Tabela 14 que a média da primeira medição da deformação residual longitudinal foi de 0,141mm entre todas as árvores. Na segunda medição realizada aos 15 dias após o início do experimento, em árvores em que foi aplicado o herbicida, houve um decréscimo no valor médio da deformação residual longitudinal (0,127mm), sendo o valor mais próximo do encontrado por TRUGILHO (2005) que foi 0,113mm das árvores de *Eucalyptus dunnii* aos 13 anos de idade. A terceira medição de tensões foi realizada 30 dias após a primeira medição das deformações residuais longitudinais, sendo nessa medição feita em todas as vinte árvores estudadas, onde esta apresentou uma DRL média de 0,137mm.

Observa-se que não ocorreu a segunda medição em árvores em que não foi aplicado o herbicida, mas nota-se que ocorreu um decréscimo em valores numéricos médios da deformação residual longitudinal desde a primeira medição (0,141mm) para segunda (0,127mm) e, um aumento da média da segunda para a terceira (0,137mm). Houve uma tendência na diminuição das deformações residuais longitudinais médias, mas estatisticamente isto não foi confirmado, pois

não houve diferença significativa em nível de 95% no teste de Tukey. O aumento da deformação residual longitudinal da segunda medição para a terceira, pode ser explicado pelo motivo da logística da empresa, que realizou o corte raso deixando só as árvores do experimento, sendo essas influenciadas pelos ventos, tornando as medições de deformações residuais longitudinais afetadas e com isso ocorrendo um pequeno aumento em suas medições, como mostra na Tabela 14.

TABELA 14 - VALORES MÉDIOS DAS DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAIS DAS TRÊS MEDIÇÕES MEDIDAS EM ÁRVORES DE 14 ANOS DE *EUCALYPTUS DUNNII* NUM PERÍODO DE 30 DIAS

<i>Nº da árvore</i>	<i>1ª medição da DRL (mm) – 1º dia</i>	<i>2ª medição da DRL (mm) - 15dias após</i>	<i>3ª medição da DRL (mm) - 30 dias após</i>
01	0,090		0,086
02	0,091	0,092	0,101
03	0,223		0,245
04	0,144	0,158	0,142
05	0,119		0,103
06	0,172	0,167	0,199
07	0,155		0,160
08	0,135	0,182	0,163
09	0,171		0,195
10	0,127	0,132	0,128
11	0,147		0,143
12	0,135	0,123	0,099
13	0,195		0,169
14	0,126	0,110	0,130
15	0,173		0,168
16	0,092	0,070	0,082
17	0,121		0,090
18	0,100	0,090	0,105
19	0,111		0,112
20	0,194	0,148	0,123
<i>Média (mm)</i>	0,141 A	0,127 A	0,137 A
<i>DP (mm)</i>	0,037	0,036	0,043
<i>CV (%)</i>	26,7	28,9	31,6

DP= Desvio padrão; CV = Coeficiente de variação; Médias com letras iguais indicam a igualdade entre as médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Na Tabela 15 são apresentados os resultados das 10 árvores nas quais se aplicou o herbicida. Observa-se que as árvores de número 02 (0,095mm) e 16 (0,082mm) foram as que apresentaram as menores deformações residuais longitudinais médias, mostrando serem árvores com grande potencial para serem clonadas em um programa de melhoramento genético visando a redução da deformação residual longitudinal, que é uma característica herdável. Já as árvores de número 06 e 08 mostraram comportamento oposto, pois apresentam uma grande deformação residual longitudinal média que foi respectivamente de 0,179mm e 0,160mm.

TABELA 15 - VALORES DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL NAS 3 MEDIÇÕES REALIZADAS EM ÁRVORES DE *EUCALYPTUS DUNNII* COM 14 ANOS, COM APLICAÇÃO DO HERBICIDA “CHOPPER”

Nº da árvore	DRL (mm)			Média Geral
	1ª medição*	2ª medição**	3ª medição***	
02	0,091	0,092	0,101	0,095
04	0,144	0,158	0,142	0,148
06	0,172	0,167	0,199	0,179
08	0,135	0,182	0,163	0,160
10	0,127	0,132	0,128	0,129
12	0,135	0,123	0,099	0,119
14	0,126	0,110	0,130	0,122
16	0,092	0,070	0,083	0,082
18	0,100	0,090	0,105	0,098
20	0,194	0,148	0,123	0,155
<i>Média (mm)</i>	0,131 A	0,127 A	0,127 A	0,128
<i>DP (mm)</i>	0,033	0,037	0,034	0,032
<i>CV (%)</i>	25,33	28,97	27,07	24,64

Médias com letras iguais indicam a igualdade entre as médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

* Medição feita no dia de implantação do experimento.

** 15 dias após a primeira medição.

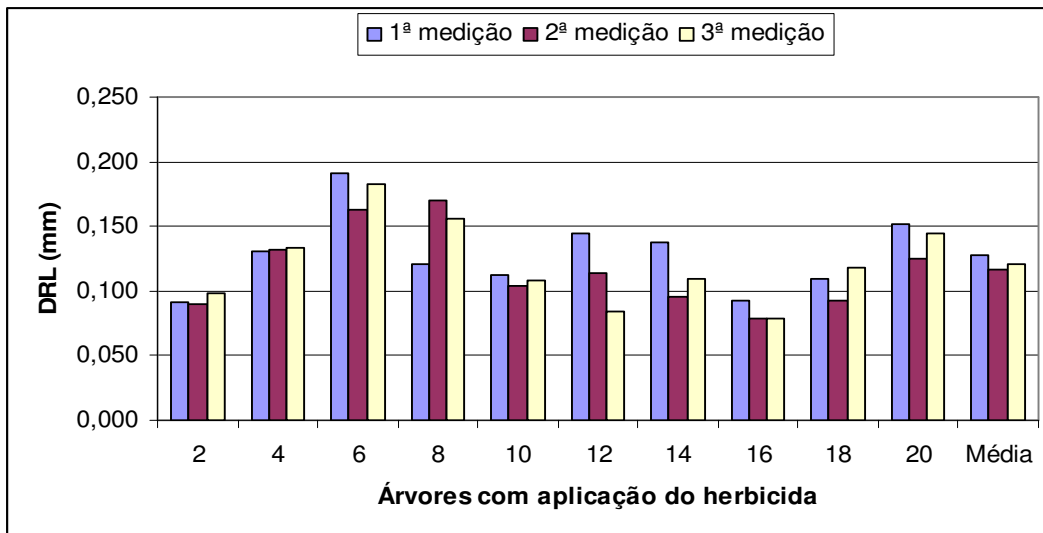
*** 30 dias após a primeira medição.

As médias das três medições estão apresentadas na Tabela 15 que são de 0,131mm para a primeira medição, 0,127mm para a segunda medição e 0,127m para a terceira medição. Apesar de apresentar uma tendência de queda na média

da deformação residual longitudinal de uma medição as outras essas médias não foram significativas pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade (Anexo 04 e 05).

Na Figura 13 apresenta-se a comparação das árvores em que foi aplicado o herbicida em relação ao intervalo as três medições realizadas nas árvores.

FIGURA 13 - EFEITO DO TEMPO DESDE A APLICAÇÃO DO HERBICIDA E A DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL MEDIDA NAS ÁRVORES DE *EUCALYPTUS DUNNII* DE 14 ANOS DE IDADE



5.3.2 Equipamento *Stress Wave Timer*

Na Tabela 16 estão apresentados os valores médios da velocidade das ondas sonoras medidas nas árvores, nos sentido longitudinal e transversal e nas duas toras de cada árvore. A que apresentou maior valor de *Stress Wave Timer* no tronco da árvore viva no sentido longitudinal foi a de número 06 (1.916m/s) e a de número 14 (1.251m/s) a de menor e com uma média geral de 1.614m/s (13,2%CV). Na propagação das ondas no sentido transversal, tomada na altura do peito, em árvores em pé, a que apresentou a maior velocidade de propagação da onda foi a de número 09 (1.201m/s) e a árvore de número 07 (597m/s), tendo como média geral 932 m/s com um CV de 14,5%.

Observando-se a Tabela 16, a velocidade média de propagação das ondas de tensão nas toras, de maneira geral, apresentou valores maiores na 2ª toras, sendo

que os valores, superiores e inferiores encontrados foram respectivamente de 3960m/s na árvore 10, 3045 m/s na árvore 04 na 2ª tora, e de 3610m/s na árvore 03 e de 2889m/s na árvore de número 16.

TABELA 16 – VALORES MÉDIOS DA VELOCIDADE DAS ONDAS DE TENSÃO MEDIDAS EM ARVORES DE *EUCALYPTUS DUNNII* COM 14 ANOS DE IDADE

<i>Nº DA ÁRVORE</i>	<i>STW-L</i>	<i>STW-T</i>	<i>STW-1ª</i>	<i>STW-2ª</i>
01	1777	1049	3168	3563
02	1510	1016	2904	3399
03	1839	987	3610	3656
04	1345	1066	3104	3045
05	1584	1009	3305	3593
06	1916	984	3118	3153
07	1548	597	3513	3682
08	1834	898	3451	3763
09	1478	1201	3387	3742
10	1701	950	3503	3960
11	1364	699	3326	3602
12	1292	880	3293	3268
13	1712	921	3407	3457
14	1251	1073	3287	3596
15	1678	943	3054	3225
16	1887	856	2889	3083
17	1658	862	3259	3264
18	1745	919	3100	3129
19	1339	788	3119	3228
20	1834	945	3118	3253
<i>Média (m/s)</i>	<i>1614</i>	<i>932</i>	<i>3246</i>	<i>3433</i>
<i>DP (m/s)</i>	<i>213</i>	<i>135</i>	<i>199</i>	<i>263</i>
<i>CV (%)</i>	<i>13,2</i>	<i>14,5</i>	<i>6,1</i>	<i>7,7</i>

SWT-L = Stress wave timer na árvore viva no sentido longitudinal; SWT-T = Stress wave timer na árvore viva no sentido transversal; SWT-1ª e STW-2ª = Stress wave timer da 1ª e 2ª tora respectivamente

Os dados apresentaram um baixo coeficiente de correlação na 1ª e 2ª tora (6,1% e 7,7%, respectivamente), enquanto que na árvore em pé esse coeficiente

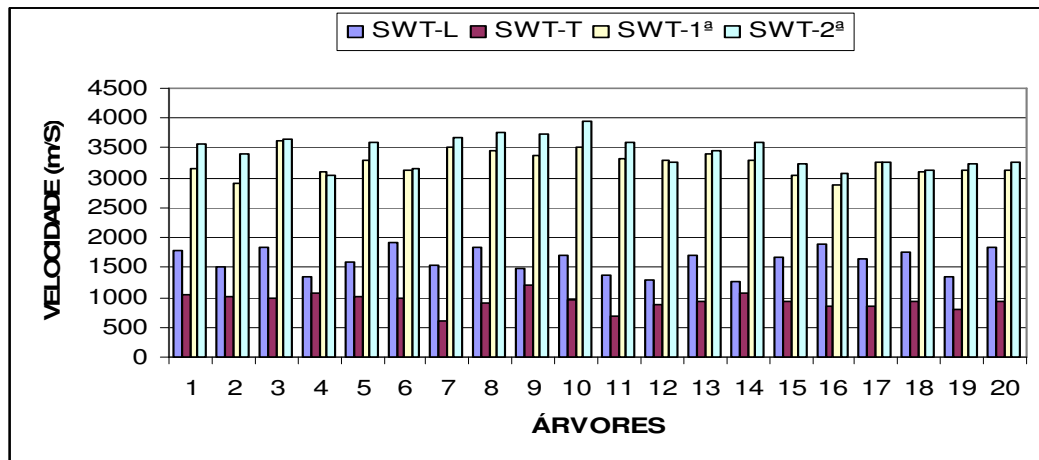
foi maior, sendo de 13,2% no sentido longitudinal e de 14,5% no sentido transversal ao tronco da árvore, isso demonstra que as medições feita com a árvore abatida proporciona resultados mais confiáveis.

A velocidade de propagação de onda de tensão esteve acima do encontrado por Chies (2005), trabalhando com *Pinus taeda* que obteve como maior média em toras um valor de 2.966m/s. Isso se explica por ser o *Eucalyptus dunnii* uma espécie que apresenta uma massa específica mais elevada que o *Pinus taeda*, diminuindo os espaços vazios, que torna a velocidade de propagação maior.

Observa-se na Tabela 16 que as maiores velocidades medias de propagação das ondas de tensão se encontram na 1ª e na 2ª tora (3.246m/s e 3.433m/s), com coeficiente de variação de 6,1% e 7,7%, mostrando que nessas condições temos medições mais precisas do que na árvore viva, que foi de 13,2% para a velocidade longitudinal e de 14,5% no sentido transversal do tronco.

A Figura 14 apresenta as tendências das velocidades de propagação das ondas de tensões, mostrando que as velocidades nas toras foram mais rápidas, por estar no mesmo sentido das fibras, tornando-se um caminho mais fácil para propagação das ondas de tensões, o que não ocorre com a velocidade na árvore viva no sentido longitudinal e transversal.

FIGURA 14 – VALORES INDIVIDUAIS DE VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS DE TENSÃO OBSERVADOS NAS ÁRVORES DE *EUCALYPTUS DUNNII* DE 14 ANOS DE IDADE



5.3.3 Extensômetro x *Stress Wave Timer*

O Extensômetro (CIRAD *Fôret*) apresentou uma correlação de 0,51 com o equipamento *Stress Wave Timer* em toras de árvores em que foi aplicado o herbicida e -0,64 para toras sem a aplicação do herbicida. Esta boa correlação já não ocorreu com as árvores em pé, tanto no sentido longitudinal quando no sentido transversal. Um dos motivos se deve ao fato de as árvores em pé sofrerem maior influência dos ventos, tanto para o Extensômetro quanto para o *Stress Wave Timer*, pois, nos dois casos está relacionado diretamente com as fibras e as tensões em que elas estão no momento da medição. No caso de tronco essa influência já não é e com isso não mascarando as medições dos equipamentos Extensômetro e do *Stress Wave Timer*.

O Extensômetro se mostrou ter uma maior eficiência nas medições, pois, ele tem uma medição direta da deformação enquanto que o *Stress Wave Timer* essa medição é indireta, podendo com isso não obter resultados satisfatório, apesar de apresentar maior facilidade de se trabalhar no campo.

5.4 RACHADURAS DE TÁBUAS

Na Tabela 17 estão dispostos os valores médios de rachaduras de extremidades das tábuas retiradas das toras A e B de todas as árvores estudadas. Nota-se que não houve diferença estatística no nível de 95% de probabilidade para o teste de Tukey entre toras A e B sem aplicação do herbicida (11,0% e 11,9% respectivamente) e com aplicação do herbicida (12,1% e 15,0%) e nem entre os tratamentos que teve como média de 11,5% de rachaduras nas tábuas das toras A e B sem aplicação do herbicida e 13,5% para as toras A e B com a aplicação do herbicida (Anexos 06, 07 e 08). A não diferença entre rachaduras de tábuas na tora A e B, tanto nas árvores com aplicação como nas árvores sem aplicação de herbicida é de grande valor, pois, sabemos que existe uma boa correlação entre deformação residual longitudinal e rachadura de extremidades de tábuas (0,68) já encontrada por SOUZA (2002). Isso mostra que é possível podendo apenas com a medição da deformação residual longitudinal no DAP ter

uma boa prognóse das rachaduras de extremidades de tábuas de toda árvore, tornando mais fácil a coleta de dados dessa característica.

Os valores encontrados foram próximo ao encontrado por SOUZA (2002), trabalhando com clones de híbridos de *Eucalyptus* que foi de 9,2% de média em índice de rachadura de tábuas e nesse experimento foi de 11,5% para árvores sem aplicação do herbicida e uma média de 13,5% para árvores com aplicação do herbicida.

Observa-se que os coeficientes de variações dos valores médios de rachaduras de extremidades de tábuas foram elevados, 45,02% para tora A e 47,88% para tora B das árvores sem aplicação do herbicida. Esse coeficiente de variação também foi alto para as toras A e B para as árvores que não foram aplicados o herbicida (46,01% e 50,23% respectivamente).

TABELA 17 – VALORES MÉDIOS DAS RACHADURAS DE EXTREMIDADES DE TÁBUAS DAS TORAS A E B COM E SEM APLICAÇÃO DE HERBICIDA DE *Eucalyptus dunnii* DE 14 ANOS DE IDADE.

Nº	Sem Herbicida		Média	Nº	Com Herbicida		Média
	Tora A	Tora B			Tora A	Tora B	
árvore	(%)	(%)	(%)	Árvore	(%)	(%)	(%)
01	1,9	4,8	3,3	2	11,6	23,6	17,6
03	18,7	21,3	20,0	4	9,6	9,5	9,6
05	7,6	4,3	6,0	6	8,7	11,5	10,1
07	7,3	8,6	8,0	8	23,0	14,9	18,9
09	13,5	14,5	14,0	10	10,5	10,5	10,5
11	9,8	10,1	10,0	12	13,5	20,4	16,9
13	14,5	13,8	14,2	14	21,0	8,8	14,9
15	16,4	17,9	17,2	16	5,8	5,8	5,8
17	8,8	7,8	8,3	18	9,3	14,6	11,9
19	11,7	16,3	14,0	20	8,6	29,8	19,2
Média	11,0 A	11,9 A	11,5 A	Média	12,1 A	15,0 A	13,5 A
DP	5,0	5,7	5,2	DP	5,6	7,5	4,6
CV	45,02	47,88	45,58	CV	46,01	50,23	33,95

DP= Desvio padrão; CV = Coeficiente de variação; Médias com letras iguais indicam a igualdade entre as médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey

5.5 CORRELAÇÕES ENTRE AS CARACTERÍSTICAS ESTUDADAS

5.5.1 Correlações das árvores tratadas com o herbicida

A Tabela 18 apresenta os coeficientes de correlações simples obtidos entre as características avaliadas das 10 árvores em que foi aplicado o herbicida. Observa-se que a deformação residual longitudinal na primeira medição (DRL-0) apresentou um alto coeficiente de correlação com a deformação residual longitudinal na terceira medição (DRL-30) de 0,94, com rachaduras de tábuas 0,85 e com teor de umidade 0,77. Apresentou uma correlação entre a DRL-0 e a rachadura de tábua (0,85), bem superior ao encontrado por SOUZA (2002) que foi de 0,68. Esta variável é um indicativo de qualidade, podendo ser uma boa variável a se implantada num futuro inventário florestal qualiquantitativo, pois é uma variável de fácil medição.

A velocidade de propagação das ondas de tensão através do tronco da árvore no sentido longitudinal (STW-L) e no sentido transversal (STW-T) apresentou boas correlações com a espessura da parede das fibras que foi de 0,90 e 0,92 respectivamente. O que já era esperado, pois a onda se propaga mais facilmente pelas paredes das fibras e sendo assim, essas características podem apresentar correlações significativas (Tabela 12). O *Stress Wave Timer* nas toras apresentou uma boa correlação com o arqueamento (0,67), mostrando a possibilidade de essa variável ser estimada através da criação de modelos matemáticos (Tabela 18).

O teor de umidade (TU) apresentou boas correlações com a velocidade da onda sonora no sentido transversal (STW-T) de 0,86, com a deformação residual longitudinal na 3ª medição (DRL-30) de 0,87 e com a deformação residual longitudinal na 1ª medição (DRL-0) que foi de 0,77. Isso mostra a influência no teor de umidade nessas propriedades da madeira, tornando uma característica de grande relevância relacionada aos estudos sobre tensões de crescimento (Tabela 18).

A rachadura de extremidade de tábuas é uma variável muito importante, pois através dela podemos quantificar o rendimento. Esta característica

apresentou uma ótima correlação com a DRL (0,85 e 0,81) (Tabela 18) e outra propriedade da madeira, como a massa específica aparente básica (0,53). Em relação às características dendrométricas apresentou uma correlação de 0,53 e 0,62 para circunferência a altura do peito (CAP) e altura total (HT) respectivamente. Essas correlações foram significativas em relações obtidas por SOUZA (2002) que foi de -0,26 para o diâmetro a altura do peito (DAP) e 0,10 para altura total (HT).

As características anatômicas da madeira comprimento de fibras (COMP), diâmetro externo da fibra (DEXT) e espessura da parede da fibra (ESPE) apresentaram boa correlação com o *Stress Wave Timer* no sentido transversal (SWT-T) que foi de -0,60, 0,87 e 0,92 respectivamente. O comprimento da fibra apresentou uma boa correlação com empenamento (0,85).

tabela 18 – valores das correlações simples entre as características avaliadas das 10 árvores de *EUCALYPTUS DUNNII* de 14 anos de idade com aplicação do herbicida

5.5.2 Correlações das árvores não tratadas com Herbicida

Os valores de correlações simples das 10 árvores que não foram tratadas com o herbicida estão citados na Tabela 19. Observa-se que houve ótima correlação entre as características anatômicas da madeira de *Eucalyptus dunnii*, com as medições feitas com o Extensômetro. A medição feita no dia da implementação do experimento (DRL-0) foi de 0,90, 0,95 e 0,54 para comprimento, diâmetro externo e espessura da fibra respectivamente. Essa tendência manteve-se também para as medições feitas 30 dias após a implantação do experimento que foi 0,64, 0,71 e 0,69 respectivamente. Demonstra a grande relação que as tensões de crescimento apresentam com a anatomia da madeira de eucalipto, confirmando a hipótese já mencionada.

O *Stress Wave Timer* apresentou uma correlação simples de -0,64 com a deformação residual longitudinal medida após 30 dias da aplicação do herbicida (DRL-30). Esse indicativo demonstra que essas duas técnicas têm similaridade que as tornam boas ferramentas para a medição e estimativa das tensões de crescimento, gerando subsídios para o melhoramento florestal. O *Stress Wave Timer* medido na árvore em pé no sentido longitudinal (SWT-L) e no sentido transversal (SWT-T), apresentou correlações de 0,60 e 0,55 respectivamente para a espessura da parede de fibra. O SWT-T ainda apresentou boas correlações com as características dendrométricas das árvores, que são a altura total (HT) de 0,65 e circunferência a altura do peito (CAP) de 0,89 o que já era de se esperar, pois quanto maior for a circunferência maior é o diâmetro e maior será a distância percorrida pela onda de tensão.

A massa específica aparente básica apresentou boas correlações simples com algumas propriedades anatômicas das fibras, com o diâmetro externo (DEXT) de 0,63 e a espessura da parede (ESPE) de 0,58, como já era de se esperar. Para o arqueamento (ARQU) houve uma correlação negativa de - 0,65, o que demonstra que madeiras mais densas são mais propensa ao arqueamento, pois possuem maior quantidade de material lenhoso e com isso maior propensão

ao desenvolvimento de tensões.

A rachadura de tábuas (RACH) apresentou boas correlações (0,69) com a circunferência a altura do peito (CAP), comprovando os trabalhos realizados por VAN WYK (1978), FERNANDES et al. (1989) e SHIELD (1995). A espessura da parede da fibra (ESPE) teve ótima correlação com rachadura de tábua (0,83), mais um indicativo de que as propriedades anatômicas da madeira são importantes fatores responsáveis pela ocorrência de tensões de crescimento.

tabela 19 – valores das correlações simples entre as características avaliadas das 10 árvores de *EUCALYPTUS DUNNII* de 14 anos de idade sem aplicação do herbicida

6 CONCLUSÕES

O Extensômetro e o *Strain Gauge* apresentaram uma boa correlação (-0,74), mostrando que os dois equipamentos apresentam características semelhantes para medida de tensões de crescimento em árvores em pé, entretanto o extensômetro demonstrou ser o mais adequado para estimativa das tensões de crescimento, devido a um manuseio mais prático e rápido.

O *Stress Wave Timer* só apresentou correlação com o aparelho *Strain Gauge* (-0,52), entretanto apresentou boas correlações as características anatômicas de fibras da madeira, o que o torna um equipamento com boas possibilidades de estimativa indireta destas propriedades.

A variável rachaduras de tábuas apresentou uma boa correlação com o Extensômetro (CIRAD *Fôret*) em árvores nas quais foram aplicadas o herbicida (0,85 e 0,81) para as medições feitas no dia da implantação do experimento (DRL-0) e a 30 dias depois da aplicação do herbicida (DRL-30).

A avaliação das tensões de crescimento em toras apresentou resultados menos dispersos do que em árvores em pé, demonstrando que as medições de tensões de crescimento são mais indicadas em toras, pois, nessa condição não ocorre a influencia de fatores adversos como vento e peso da copa.

O herbicida na fase piloto mostrou-se eficiente na diminuição das tensões de crescimento nas toras das árvores em que foi aplicado, apresentando valores médios estatisticamente diferentes entre toras de árvores testemunhas. Entretanto, no experimento definitivo este efeito não se repetiu, não havendo diferenças estatísticas entre médias de tensões medidas em árvores em que houve aplicação do herbicida com aquelas em que o herbicida não foi aplicado. Isto se deve, muito provavelmente, a influência de fatores externos como ventos e peso das árvores.

As características anatômicas das fibras de madeira, tais como comprimento, espessura de parede, diâmetro externo, apresentaram boas correlações com as medidas de tensões de crescimento e ondas de tensão

medidas pelos equipamentos, indicando sua influência sobre as grandezas de tensões de crescimento determinadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard methods for specific gravity of wood and wood-base materials **D 2395 – 93**. Philadelphia, 1995.

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

BAENA, E. S. **A utilização de Eucalyptus saligna Smith e Eucalyptus grandis Hill jovens na confecções de sarrafos**. Piracicaba, 1982. 74p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de “Luiz de Queiroz”, Uversidade de São Paulo, 1982.

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

BORGES, L. M.; QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de Pinus caribaea var. hondurensis tratado termicamente. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 10, 2004, Campo Grande-MT, 2004. **Anais...** Campo Grande, [s. n.], 2004. 1 CD-ROM

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

BOYD, J.D. The growth stresses: V. Evidence of na origin in differentiation and lignification. **Wood Science and Technology**, Berlin, v. 6, p. 251 – 62, 1972.

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

CARDOSO JUNIOR, A A.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. da S.; MENDES, L. M. Deformação residual longitudinal em diferentes espaçamentos e idade em clones de híbridos de *Eucalyptus*. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 218-224, jul./set. 2005.

CHAFE, S. C. Peripheral growth stress and tree diameter in Eucalyptus. **Journal of Institute of Wood Science**, London, v. 13, n. 5, p. 523 – 525, 1995.

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

CHAFE, S. C. Variation in longitudinal growth stress with height in trees of *Eucalyptus nitens* Maiden. **Australian Forest Research**, Camberra, v15, p. 51-5, 1985.

CHAFE, S. C. Growth strees in trees. **Autralian Forest Research** . Camberra. v9, p. 203 – 23, 1979.

CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da madeira serrada de Pinus taeda L.**,123 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais-Sector de Ciências Agrárias) , Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; BRANCO, E. F.; COELHO, J. V. G.; BRITVA, M.; GIMENS FILHO, B. Controle de plantas daninhas em Pinus taeda através do herbicida Imazapyr. **IPEF**, Piracicaba, n. 187, p. 1 – 13, 1998.

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

CRESPO, E. A. **Tensão de crescimento e suas consequências, controláveis e não controláveis, nodosdobro e secagem do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*.** 119 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) –Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2000.

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

DINWOODIE, J. M. Growth stresses in timber: a review of literature. **Forestry**, London, v.39. n.2, p. 162-70, 1966.

EMBRAPA **Zoneamento Ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina.** Curitiba, 1988. p.30.

EMBRAPA **Zoneamento Ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná.** Curitiba, 1986. p.31.

FAO. **El eucalipto em la repoblacion florestal.** Roma, 1981. 723p.

FERNANDES, P. S. **Variações de densidade da madeira e suas relações com as tensões de crescimento em progênie de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake.** 85 p. Dissertação. (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 1982.

FERNANDES, P. S.; FERRREIRA, M. C.; STAPE, J. L. Manejo de eucalipto pelo “CCT method” visando madeira para serraria. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 223 – 236, dez.,1986.

FERNANDES, P. S. Tensões de crescimento em procedência de *Eucalyptus grandis* Hill Maiden e sua relações com as características das fibras e densidades básicas. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo. v.1, n.1, p. 215-234, 1989.

FERNANDES, P.S., FLORHEIM, S. M. B., ROCHA, F. T. et alli. Tensões de crescimento em procedência 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, p. 215 – 234, 1989.

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

GAIOTTO, M. R. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* para produção de lâmina.**119p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 1993.

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

GARCIA, J. N. **Estados de tensão em árvores e dedeformação em peças de madeira serrada.** 262 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

GRAÇA, M.E.C. **Avaliação do florescimento e do potencial de produção de sementes de *Eucalyptus dunnii* MAID.** no Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**. Curitiba, v.14, p. 1-12, 1987.

- GRESPLAN, S. L. **Produção e eficiência nutricional de clones de eucalipto no norte do Espírito santo e sua relações com características do solo.** 81 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.
- HAKKOU, M.; PÉTRISSANS, M.; EL BAKALI, I.; GÉRARDIN, P.; ZOULALIAN, A. Evolution of wood hydrophobic properties during heat treatment. In: EUROPEAN CONFERENCE ON WOOD MODIFICATION, 2003. **Anais...** [S. l.:s. n.],Publicado em CD-ROM.
- HIETALA, S.; MAUNU, S. L.; SUNDHOLM, F.; JÄMSÄ, S.; VIITANIEMI, P. Structure of thermally modified wood studie by liquid state NMR measurements. **Holzforschung**, Berlim, v. 56, n. 5, p. 522-528, 2002.
- HILLIS, W. E. Defects in fast-grown eucalyptus. In: IUFRO MEETING DIVISION, 5, 1973, Pretória,. **Poceedings**. P. 438-446. V2.
- HILLIS, W. E., BROWN, A. G. **Eucalyptus for wood production.** Melbourne: CSIRO, 1978. 434p.
- HOFFMEYER, P.; JENSEN, D.; KLINKE, H. B.; FELBY, C. Sorption properties of steam treated wood and plant fibres. In: **European Conference on Wood Modification**, 2003. **Anais...** [S. l.: s. n.], 2003. 1 CD-ROW.
- JACOBS, M. R. Fuerther studieson fibre tension. **Bulletin Cammonweathy Forestry Bureau**, Camberra, v. 24, p. 7-34. 1939.
- JACOBS, M. R. The fibre tension of wood stens, with special reference to the gens Eucalyptus. **Bulletin Cammonwea thy Forestry Bureau**,Camberra, v. 22, p. 7-37. 1938.
- JACOBS, M. R. The growth stresses of wood stems. **Bulletim. Commonwealth Forestry Burean**, Canberra. v. 28, p. 1 – 67, 1945.
- JACOBS, M. R.,. Stresses and strains, in tree trunks as they growth in length and width. Leaflet. Commonwealth of Australian Departament of national Development. **Forestry and Rimber Bureau**, Canberra. n. 96, p. 1-15. 1965.
- JARA, E.R.P; MIRANDA, M.J. DE A.C.; HUMPHREYS, R.D. Influência do tratamento térmico na redução das tensões internas de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis*. In: IUFRO CONFERENCE OR SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, **Proceedings of the...** Colombo: Embrapa, 1997.
- KOTILAINEN, R. **Chemical changes in wood during heating at 150-260°C.** Department of Chemistry, University of Jyväskylä, 2000. 57p.(tese de doutorado)
- KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forest Products Abstracts**, Oxford, v. 10, n. 3, p. 61 – 119, mar. , 1987.
- LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. da S; CRUZ, C. R. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucalipto e sua associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, Viçosa,MG, v. 28, n. 1, p. 107-116, 2004.
- LIMA, L.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, dez., 2000.
- LISBÔA, C. D. J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de Eucalyptus grandis hill. Ex maiden.** Curitiba, 275p., 1993. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

- MALAN, F. S. The control and-splitting in saw logs: A short literature review. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 109, p. 14 – 8. 1979.
- MALAN, F. S. Eucalyptus improvent for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT, 1995, p. 1 –19.
- MALAN, F. S. Relationships between growth stress and some tree characteristics in South African grown *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, v. 144, p. 43 – 46, 1988.
- 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* (Hill ex maiden)**. Dissertation (Doctor of philosophy Wood Science) Stellenbosh. University Stellenbosh, 1984
- MALAN, F. S. The control of end splitting in sawlogs: a hort literature review, **South African Forestry Journal**, Pretoria, v. 109, p. 14 – 28, 1979.
- MARSH, E. K. Some preliminary results from O'Connor's correlated curve trend (CCT) experiments on thinnings and espacements and their practical significance. **BRITISH COMMONWEALTHY FOREST CONFERENCE**, 1957 Australian and, N. Zealand, 21 p., 1957.
- MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S; ROCHA, M. P.; PAIM, R. M.; ANDRADE, L. O. Redução do efeito das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus dunnii*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n 64, p. 128-135, dez., 2003
- MONTAGNA, R.G.; PONCE, R.H.;FERNANDES, P.S.; RIBAS, C. **Desdobro de eucalyptus grandis Hill ex-maiden visando diminuir o efeito das tensões de crescimento**. Revista Instituto Florestal. São Paulo, v. 3, n. 2, p. 181-190, 1991.
- MORI, E. S.; LELLO, L. R. B.; KAGEYAMA, P. Y. Efeito da interação genótipo x ambiente em famílias de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba, n. 33, p. 19 – 25, 1986.
- NICHOLSON, J. E. A rapid method for estimating longitudinal growth stresses in logs. **Wood Science and Technology**, New York, v.5, p. 40 – 48, 1971.
- NICHOLSON, J. E.; HILLIS. W. E. Some tree growth-wood property relationships of Eucalyptus. **Canadian Journal Forest Research**, Ottawa, v. 5, p. 424-432. 1975.
- NIGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B.; KLOCK, U. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 67-76. 1998.
- OPIE, J. E.; CURTIN, R. A.; INCOLL, W.D. **Stand management in Eucaliptos for wood production**. Melbourne: CSIRO. 434 p. 1984.
- PIMENTAL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo. Nobel. 1970. 478 p.
- PURNELL, R. C. Variation in wood properties of *Eucalyptus nites* in a Provenance trial on the Eastern Transvaal Highveld in South African. **South African Forestry Journal**, Pretoria, v. 144, p. 10-22. 1988.
- QUIRINO, W. F. & VALE, A. T. Retificação térmica de *Eucalyptus grandis*. **Floresta**, Curitiba, Edição Especial, p.60-66, set., 2002.

QUIRINO, W. F. **Preservação de estacas e mourões de cerca por retificação térmica e impregnação de pirolenhosos e alcatrões.** Relatório..., Brasília: LPF/IBAMA-PNUD/FAO UnB, 1997. 25p.

REPELLIN, V. & GUYONNET, R. **Evaluation of heat treated beech by non-destructive testing.** In: EUROPEAN CONFERENCE ON WOOD MODIFICATION, [S. l.:s. n.] Local: Editor, 2003. 1 CD-ROM.

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

SEVERO, E. T. D.; TOMASELLI, I. Vaporização no alívio das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus dunnii* de duas procedências. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.1, n. 1-2, p 29-32, 2000.

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.

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

STAMM, A. J. **Wood and cellulose science.** New York: Ronald, 1964. 549p.

TJEERDSMA, B. F.; BOONSTRA, M.; PIZZI, A.; TEKELY, P.; MILITZ, H. Characterisation of thermally modified wood: molecular reasons for wood performance improvement. **Holzforchung**, n.107, p.1-5, 1998.

TRUGILHO, P. F. **Tensão de crescimento em árvores vivas de clones de *Eucalyptus spp.* e de *Eucalyptus dunnii*** Maiden e propriedades de sua madeira. 115 p. Tese (Pós-Doutor em Ciências Florestais/Setor de Ciências Florestais)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

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

WILHELMY, V. & KUBLER, H. Stresses and checks in log ends from relieved growth stresses. **Wood Science**, Madison, v. 6, n. 2, p. 136 – 42. 1973.

WILKINS, A. P. Nature and origin of growth stress in trees. **Australian Forestry**, Canberra, V. 49, n.1, p 56 – 62, 1986.

WILKINS, A. P.; KITAHARA, R. Relationship between growth strain and rate on growth in 22 year-old *Eucalyptus grandis*. **Australian Forestry**, Canberra, v. 54, n 1/2, p. 95 – 98, 1991.

YAMAMOTO, H. **Biomechanics of wood-toward utilization of forest biomass in the 21st century.** 164 p. Tese (Pós-Doutor em Ciências Florestais?Setor de Ciências Agrárias) – universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

YAO, J. Relation between height and growth stresses within and among white ash, water oak, and shagbark hickory. **Wood Science**, Madison, v.11, n. 4, p. 246-51, 1979.

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

ANEXOS

(ANÁLISES DE VARIÂNCIA)

ANEXO 1 – EFEITO DA DENSIDADE SOBRE AS ÁRVORES TRATADAS E NÃO TRATADAS COM HERBICIDA

Comparação Múltipla de Médias para DENSIDADE

Método: 95,0 % Tukey			
DENSIDADE	N	Média	Grupos homogêneos
COM	10	0,510791	X
SEM	10	0,53092	X

Comparação	Diferença	+/- Limites
COM - SEM	-0,0201284	0,0597512

denota diferença estatística significativa

ANEXO 2 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA SOBRE A HOMOGENEIDADE DO GRUPO

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F	Probabilidade (%)
DRL	0,0072962	1	0,0072962 ^{ns}	2,82	0,0971
ERRO	0,201781	78	0,00258693		
TOTAL	0,209077	79			

* - Significativo ao nível de 95% de probabilidade

Ns – Não significativo ao nível de 95% de probabilidade

COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE MÉDIAS

Método: 95,0 % Tukey			
chopper	N	Média	Grupos homogêneos
COM	40	0,13125	X
SEM	40	0,15035	X

Comparação	Diferença	+/- Limites
COM - SEM	-0,0191	0,0226421

denota diferença estatística significativa

ANEXO 3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DIFERENÇA DE DRL COM ÁRVORES TRATADAS E NÃO TRATADAS COM HERBICIDA

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F	Probabilidade (%)
TRATAMENTO	0,000227812	1	0,000227812 ^{ns}	0,07	0,7933
ERRO	0,257054	78	0,00329557		
TOTAL	0,257282	79			

* - Significativo ao nível de 95% de probabilidade

Ns – Não significativo ao nível de 95% de probabilidade

COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE MÉDIAS

Método: 95,0 % Tukey

HERBICIDA	N	Média	Grupos homogêneos
DRL30	40	0,146975	X
DRL0	40	0,15035	X

Comparação	Diferença	+/- Limites
DRL0 - DRL30	0,003375	0,0255558

* denota diferença estatística significativa.

ANEXO 4 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ÁRVORES TRATADAS COM HERBICIDA APÓS 15 DIAS

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F	Probabilidade(%)
TEMPO -15	0,0003698	1	0,0003698 ^{ns}	0,17	0,6841
ERRO	0,172985	78	0,00221776		
TOTAL	0,173355	79			

* - Significativo ao nível de 95% de probabilidade

Ns – Não significativo ao nível de 95% de probabilidade

COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE MÉDIAS

Método: 95,0 % Tukey

TEMPO	N	Média	Grupos homogêneos
-------	---	-------	-------------------

Dia15	40	0,12695	X
Dia 0	40	0,13125	X

Comparação	Diferença	+/- Limites
------------	-----------	-------------

Dia 0 - Dia15	0,0043	0,0209643
---------------	--------	-----------

* denota diferença estatística significativa.

ANEXO 5 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ÁRVORES TRATADAS COM HERBICIDA A 30 DIAS

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F	Probabilidade (%)
TEMPO – 30	0,000332113	1	0,000332113 ^{ns}	0,15	0,6991
ERRO	0,172137	78	0,00220689		
TOTAL	0,172469	79			

* - Significativo ao nível de 95% de probabilidade

Ns – Não significativo ao nível de 95% de probabilidade

COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE MÉDIAS

Método: 95,0 % Tukey

Tempo	N	Média	Grupos homogêneos
-------	---	-------	-------------------

Dia30	40	0,127175	X
Dia 0	40	0,13125	X

Comparação	Diferença	+/- Limites
------------	-----------	-------------

Dia 0 - Dia30	0,004075	0,0209129
---------------	----------	-----------

* denota diferença estatística significativa.

ANEXO 6 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA RACHADURA EFEITO HERBICIDA

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F	Probabilidade (%)
RACHADURA/TRAT	205,472	1	205,472 ^{ns}	2,14	0,1446
ERRO	39526,5	411	96,1716		
TOTAL	39732,0	412			

* - Significativo ao nível de 95% de probabilidade

Ns – Não significativo ao nível de 95% de probabilidade

COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE MÉDIAS

Método: 95,0 % Tukey

RACHADURA	N	Média	Grupos homogêneos
SEM	202	11,3394	X
COM	211	12,7504	X

Comparação	Diferença	+/- Limites
COM - SEM	1,41102	1,89763

* denota diferença estatística significativa.

ANEXO 7 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ÁRVORES TRATADAS COM HERBICIDA EM RELAÇÃO A RACHADURA DE TÁBUAS NA PRIMEIRA TORA

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F	Probabilidade (%)
RACHADURA 1ªTORA	12,4541	1	12,4541 ^{ns}	0,16	0,6877
ERRO	15827,4	206	76,8322		
TOTAL (CORRECTED)	15839,9	207			

* - Significativo ao nível de 95% de probabilidade

Ns – Não significativo ao nível de 95% de probabilidade

COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE MÉDIAS

Método: 95,0 % Tukey

RACHAD.1ª TORA N Média Grupos homogêneos

SEM 113 10,7276 X
 COM 95 11,2188 X

Comparação Diferença +/- Limites

COM - SEM 0,491231 2,40553

* denota diferença estatística significativa.

ANEXO 8 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ÁRVORES TRATADAS E NÃO TRATADAS COM HERBICIDA EM RELAÇÃO A RACHADURA DE TÁBUAS NA SEGUNDA TORA

Fonte de variação Soma dos quadrados GL Quadrado médio F Probabilidade (%)

RACHADURA 2ª TORA 179,626 1 179,626^{ns} 1,57 0,2114

ERRO 23197,8 203 114,275

TOTAL 23377,4 204

* - Significativo ao nível de 95% de probabilidade

Ns – Não significativo ao nível de 95% de probabilidade

COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE MÉDIAS

Método: 95,0 % Tukey

RACHA-2ª TORA N Média Grupos homogêneos

SEM 89 12,1161 X
 COM 116 14,0047 X

Comparação Diferença +/- Limites

COM - SEM 1,88859 2,97012

* denota diferença estatística significativa.

ANEXO 9 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DRL EM RELAÇÃO AO HERBICIDA EM TORAS

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F	Probabilidade (%)
HERBICIDA-DRL	0,0160656	1	0,0160656 *	14,79	0,0003
ERRO	0,0673534	62	0,00108634		
TOTAL	0,0834189	63			

* - Significativo ao nível de 95% de probabilidade

Ns – Não significativo ao nível de 95% de probabilidade

COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE MÉDIAS

Método: 95,0 % Tukey

DRL-EXTENSÔMETRO	N	Média	Grupos homogêneos
COM	32	0,103375	X
SEM	32	0,135063	X

Comparação	Diferença	+/- Limites
COM - SEM	*-0,0316875	0,0164714

* denota diferença estatística significativa.

ANEXO 10 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA STRAIN_GAUGE -

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F	Probabilidade (%)
DRL_STRAIN GAUGE	944724,0	1	944724,0*	11,89	0,0012
ERRO	3,65636E6	46	79486,0		
TOTAL	4,60108E6	47			

* - Significativo ao nível de 95% de probabilidade

Ns – Não significativo ao nível de 95% de probabilidade

COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE MÉDIAS

Método: 95,0 % Tukey			
CHOPPER	N	Média	Grupos homogêneos
COM	24	757,208	X
SEM	24	1037,79	X
Comparação		Diferença	+/- Limites
COM - SEM		*-280,583	163,824

* denota diferença estatística significativa.