

CLAIR ROGÉRIO DA CRUZ

**CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE CLONES
DE *EUCALYPTUS* PARA UTILIZAÇÃO
NA INDÚSTRIA MADEIREIRA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientadora: Prof.^ª Dr.^ª Graciela I. B. de Muniz
Co-orientador: Prof. Dr. José Tarcísio Lima

CURITIBA
2000



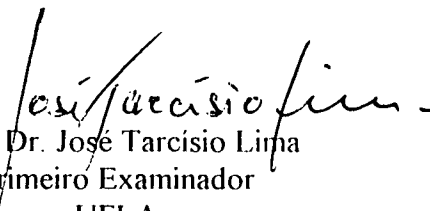
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

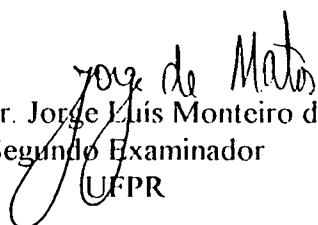
PARECER DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO N.º 308

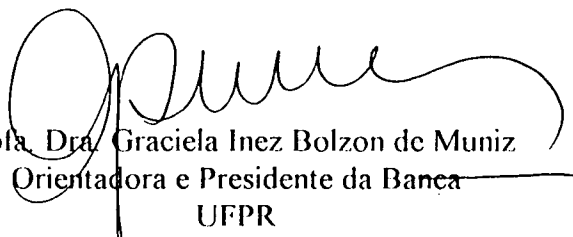
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **CLAIR ROGÉRIO DA CRUZ** sob o título “**CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus* PARA UTILIZAÇÃO NA INDÚSTRIA MADEIREIRA**”, para obtenção do grau de **Mestre** em Ciências Florestais, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **TECNOLOGIA E UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS**.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido a candidato são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação.

Curitiba, 28 de Setembro de 2000


Prof. Dr. José Tarcísio Linha
Primeiro Examinador
UFLA


Prof. Dr. Jorge Luís Monteiro de Matos
Segundo Examinador
UFPR


Profa. Dra. Graciela Inez Bolzon de Muniz
Orientadora e Presidente da Banca
UFPR




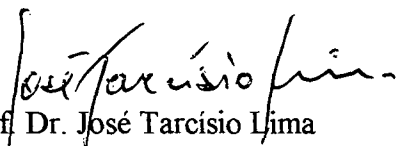
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
FLORESTAL

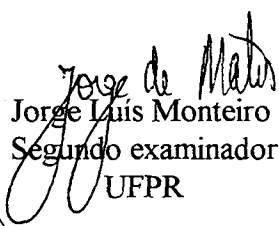
Continuação da ata de defesa da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato **CLAIR ROGÉRIO DA CRUZ** com o Título “**CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus* PARA UTILIZAÇÃO NA INDÚSTRIA MADEIREIRA**”,

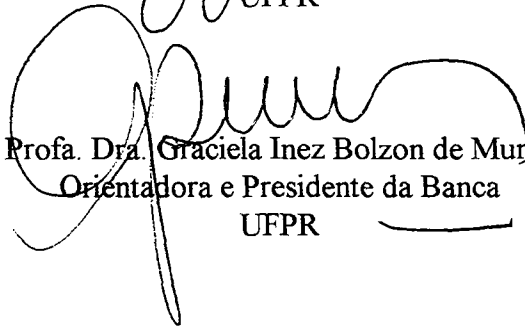
declarou encerrada a presente Sessão Pública de Defesa de Dissertação, da qual eu Reinaldo Mendes de Souza, lavrei a presente Ata que assinarei juntamente com os demais membros. Curitiba, 28 de Setembro de 2000.

Reinaldo Mendes de Souza
Secretário


Prof. Dr. Anadalvo Juazeiro dos Santos
Coordenador do Programa


Prof. Dr. José Tarcísio Lima
Primeiro examinador
UFLA


Prof. Dr. Jorge Luis Monteiro de Matos
Segundo examinador
UFPR


Profa. Dra. Graciela Inez Bolzon de Muniz
Orientadora e Presidente da Banca
UFPR

BIOGRAFIA

Clair Rogério da Cruz, filho de José Ademar da Cruz e Maria Aparecida da Cruz, nasceu em Lavras, Minas Gerais, em 10 de setembro de 1966.

Em janeiro de 1985, ingressou no Serviço Público Federal, como Técnico-administrativo no Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras.

Em dezembro de 1996, recebeu diploma de Engenheiro Florestal, pela Universidade Federal de Lavras.

Em 1998, iniciou o Curso de Mestrado em Ciência Florestal, na Universidade Federal do Paraná, concluindo-o em 2000.

AGRADECIMENTOS

À Deus;

À minha esposa e filhos pela confiança;

Aos parentes e amigos que sempre me incentivaram;

À Companhia Mineira de Metais que forneceu o material para a pesquisa.

À Professora Graciela pela orientação e ao Professor José Tarcísio pela co-orientação.

Aos professores Paulo, Rosado, Lourival e José Reinaldo pela ajuda e companheirismo.

Aos professores do Curso de Mestrado de tecnologia da madeira na Universidade Federal do Paraná.

Aos funcionários, professores e amigos do Departamento de Ciências Florestais da UFLA.

Aos Funcionários e amigos do Setor de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná.

SUMÁRIO

	LISTA DE QUADROS.....	viii
	LISTA DE FIGURAS.....	xii
	RESUMO.....	xiii
	ABSTRACT.....	xiv
1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1	O gênero <i>Eucalyptus</i> e a Qualidade da madeira.....	3
2.2	Características anatômicas.....	4
2.3	Propriedades físicas.....	6
2.4	Propriedades mecânicas.....	8
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1	Material genético.....	9
3.2	Caracterização da área.....	9
3.3	Amostragem.....	10
3.4	Características anatômicas.....	11
3.5	Propriedades físicas.....	13
3.5.1	Densidade básica.....	13
3.5.2	Retratibilidade da madeira.....	13
3.5.2.1	Contrações lineares.....	14
3.5.2.2	Contrações volumétricas.....	14
3.6	Propriedades mecânicas.....	15
3.7	Análises estatísticas.....	16
3.8	Considerações gerais.....	17

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1	Características anatômicas.....	19
4.1.1	Comprimento das fibras.....	19
4.1.2	Largura das fibras.....	21
4.1.3	Espessura da parede.....	22
4.1.4	Diâmetro dos vasos.....	23
4.1.5	Frequência de vasos/mm ²	24
4.2	Propriedades físicas.....	28
4.2.1	Densidade básica.....	28
4.2.2	Instabilidade dimensional.....	32
4.2.2.1	Contração radial parcial.....	32
4.2.2.2	Contração tangencial parcial.....	34
4.2.2.3	Coefficiente de anisotropia.....	36
4.2.2.4	Contração volumétrica parcial.....	36
4.2.2.5	Contração volumétrica total.....	38
4.3	Características mecânicas.....	42
4.3.1	Módulo de elasticidade em flexão estática.....	42
4.3.2	Módulo de ruptura.....	45
4.3.3	Módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras.....	46
4.3.4	Resistência à compressão paralela às fibras.....	48
4.4	Correlações.....	51
5	CONCLUSÕES.....	57
6	RECOMENDAÇÕES.....	58
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

LISTA DE QUADROS

1	Caracterização dos clones de <i>Eucalyptus</i> sp, utilizados para a determinação das propriedades anatômicas, físicas e mecânicas da madeira.....	9
2	Intensidade amostral verificada a partir de fórmula e amostragem utilizada para a determinação das dimensões dos componentes anatômicos.....	13
3	Resumo das análises de variância das características anatômicas em função de clone, posição e interação clone × posição para os sete clones de <i>Eucalyptus</i> estudados.....	20
4	Comprimento das fibras (mm) em função da posição radial de amostragem no tronco, média entre posições e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	21
5	Largura das fibras (μm), em função da posição radial de amostragem no tronco, média entre posições e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	21
6	Espessura da parede (μm) em função da posição radial de amostragem no tronco, média entre posições e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	22
7	Diâmetro médio dos vasos (μm) em função da posição radial de amostragem no tronco, média entre posições e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	24
8	Frequência de vasos/ mm^2 em função da posição radial de amostragem no tronco, média entre posições e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	25
9	Variação radial das características anatômicas na madeira de clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	26

10	Densidade básica (g/cm^3) em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	29
11	Resumo das análises de variância das características físicas em função de clone, posição radial de amostragem e da interação clone \times posição dos clones estudados.....	29
12	Diâmetro médio em cm, entre clones, áreas correspondentes à cada posição radial (central (C), intermediária (I) e externa (E)), área total, densidade básica de cada posição, densidade básica média e densidade básica ponderada (DBP) de sete clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	31
13	Resumo das análises de variância das características físicas em função de clone, tora e da interação clone \times tora dos clones estudados.....	33
14	Contração radial parcial (%) em função da posição radial de amostragem no tronco e amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições radiais e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	34
15	Contração tangencial parcial (%) em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	35
16	Coefficiente de anisotropia em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	36
17	Contração volumétrica parcial (%) em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	38

18	Contração volumétrica total (%) em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	39
19	Variação radial e longitudinal (%) das propriedades físicas na madeira de clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	41
20	Módulo de elasticidade em flexão estática (MPa) em função da posição radial de amostragem no tronco amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	43
21	Resumo das análises de variância das características mecânicas em função de clone, posição e da interação clone × posição dos clones estudados.....	44
22	Resumo das análises de variância das características mecânicas em função de clone, tora e da interação clone × tora dos clones estudados.....	46
23	Módulo de ruptura (MPa) em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	47
24	Módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras (MPa) em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	48
25	Resistência à compressão paralela às fibras (MPa) em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	49
26	Variação percentual das propriedades mecânicas na madeira de clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	50
27	Comparação dos resultados com outros já registrados na literatura.....	51

28	Coeficiente de correlação (R) entre as características anatômicas e o nível de significância a partir do qual esses valores de correlações deixam de ser significativos, verificados na tora 1 da madeira de clones de <i>Eucalyptus</i> sp.....	52
29	Coeficiente de correlação verificados na tora 1 entre as propriedades físicas e características anatômicas da madeira de clones de <i>Eucalyptus</i> sp. e o nível de significância a partir do qual esses valores de correlações deixam de ser significativos.....	54
30	Coeficiente de correlação verificados na tora 1 entre as propriedades mecânicas, propriedades físicas (densidade básica (DB), contração radial parcial (CRP), contração tangencial parcial (CTP), contração volumétrica parcial (CVP), contração volumétrica total (CVT)) e características mecânicas (comprimento de fibra (CF), espessura da parede (EP), largura da fibra (LF), diâmetro dos vasos (DV) e número de vasos por milímetro quadrado (NV)) da madeira de clones de <i>Eucalyptus</i> sp e o nível de significância a partir do qual esses valores de correlações deixam de ser significativos.....	55
31	Coeficiente de correlação verificados na tora 2 entre as propriedades físicas e mecânicas da madeira de clones de <i>Eucalyptus</i> sp e o nível de significância a partir do qual esses valores de correlações deixam de ser significativos.....	56

LISTA DE FIGURAS

1	Sistema de amostragem dos corpos-de-prova na tora da madeira de <i>Eucalyptus</i> sp, sendo: etapa 1 - Tora de 1,5 metros; etapa 2 - Prancha diametral e as divisões em sarrafos; etapa 3 - Sarrafo mostrando a localização dos corpos de prova: A - anatomia, B - densidade básica e retratibilidade, C - Flexão estática e D - compressão paralela às fibras.....	11
2	Comprimento da fibra (CF) dividido por 10, largura da fibra (LF) \times 10, espessura da parede (EP) \times 10 e diâmetro dos vasos (DV) dividido por 10 e expressos em micrômetro, em posições radiais na madeira de <i>Eucalyptus</i> sp.....	27
3	Comportamento da frequência de vasos/mm ² em posições radiais na madeira de <i>Eucalyptus</i> sp.....	27
4	Densidade básica (DB, g/cm ³), em posições radiais na madeira de <i>Eucalyptus</i> sp.....	31
5	Comportamento radial das contrações em posições radiais na madeira de <i>Eucalyptus</i> sp.....	42
6	Comportamento radial das propriedades mecânicas na madeira de <i>Eucalyptus</i> sp.....	51

RESUMO

Sete clones plantados na fazenda Bom Sucesso, na região de Vazante (MG), foram coletados com o objetivo de avaliar características anatômicas, físicas e mecânicas da madeira, assim como suas variações radiais e longitudinais. Para isso, utilizou-se dados de dimensões de fibras e de vasos, densidade básica, contrações lineares e volumétricas além de quatro características mecânicas da madeira, módulo de elasticidade em flexão estática, módulo de ruptura, módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras e resistência à compressão paralela às fibras de madeiras. Para analisar esses dados, utilizou-se de um modelo inteiramente casualizado com classificação cruzada com interação, com três repetições. De acordo com esses dados foi encontrada diferença estatística entre clones e dentro dos clones para as características anatômicas, físicas e mecânicas. A variação radial (da medula para a casca) foi maior do que as variações longitudinais (tora 1 e tora 2) coletadas em dois pontos ao longo do tronco. Além disso, foi encontrado que as correlações entre as características anatômicas e mecânicas foram maiores do que as correlações entre as características físicas e mecânicas que não se correlacionaram significativamente. Finalmente, pôde-se deduzir que, baseando-se em pequenas amostras de madeira livres de defeitos, os sete clones de *Eucalyptus* têm potencial para serem utilizados em condições similares às de tradicionais madeiras tropicais brasileiras.

ABSTRACT

Seven clones planted in the Bom Sucesso farm, at Vazante region (Minas Gerais State) were collected with the objective of evaluating the anatomical, physical and mechanical properties, as well as the radial and longitudinal variation of these characteristic. For this, it was utilised fibre dimensions, basic density, linear and volumetric shrinkage, in addition to four mechanical properties: modulus of elasticity at static bending, modulus of rupture, modulus of elasticity at compression parallel to the grain and compression strength parallel to the grain. To analyse this data, it was utilised the completely randomised model with 2-way crossed classification with interaction, with three replications. According to the results it was found statistical differences both between clones and within clones for the anatomical, physical and mechanical properties. The radial variation (from pith to bark) of the wood properties were higher than the longitudinal variations (from log one to log two) along the trunk. In addition, it was found that the correlation between the anatomical and mechanical properties were stronger than the correlations between mechanical and physical properties, which were not statistically significant. Finally, it was inferred that, based on the small clear wood specimens, the seven *Eucalyptus* clones presented potential to be utilised in similar conditions to the traditional tropical Brazilian timbers.

1 - INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus*, desde a sua implantação no Brasil, vem sendo cada vez mais utilizado, devido ao seu rápido desenvolvimento e ao seu grande número de espécies. O grande volume de madeira que se pode conseguir em um período relativamente curto, fez com que, rapidamente, o gênero despontasse principalmente para a produção de celulose e de energia para a indústria siderúrgica. A sua grande diversidade de espécies fez com que elevados incrementos pudessem ser observados nas mais diferentes condições de clima e relevo.

Apesar do grande incremento verificado no eucalipto, a madeira encontrada nessas árvores não interessava para a indústria moveleira devido à sua propensão à rachaduras e empenamentos, no entanto apesar desses problemas, empresas que possuíam grandes áreas plantadas com *Eucalyptus*, começaram a demonstrar interesse Na utilização dessa madeira em serrarias, iniciando assim, programas de melhoramento genético com o intuito de minimizar as características indesejáveis dessa madeira.

A madeira do eucalipto apresenta uma elevada variação nos seus componentes anômicos tanto na direção da base para o topo quanto da medula para a casca. Essas variações na anatomia têm como consequência, uma variação nas características físicas e mecânicas da madeira. Tanto as características físicas quanto as características mecânicas, são de grande importância no que diz respeito a melhor utilização da madeira.

O estudo da madeira de clones, que já sofreram algum tipo de melhoramento genético e até mesmo tratamentos silviculturais visando sua utilização como madeira serrada, mostra-se como um parâmetro de avaliação das evoluções já alcançadas, assim como, o conhecimento das características que ainda podem ser melhoradas, para que cada vez mais possamos nos

aproximar da matéria-prima ideal desejada para que se consiga um produto final de alta qualidade.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo geral o estudo de sete clones de *Eucalyptus*, analisando as variações de suas características anatômicas, físicas e mecânicas em duas posições longitudinais assim como na posição radial do tronco.

Os objetivos específicos são:

- identificar e quantificar variações das características anatômicas, físicas e mecânicas entre clones e dentro das árvores do mesmo clone;
- pesquisar a existência de correlação entre as propriedades;

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - O gênero *Eucalyptus* e a qualidade da madeira

No Brasil, o gênero *Eucalyptus* foi geneticamente melhorado para atender a diversos usos. Porém, algumas características da madeira como contração, aspecto estético, comportamento na secagem e trabalhabilidade não foram devidamente valorizadas. Sendo assim, torna-se necessário, definir outros índices de qualidade, para que esses sejam empregados nos programas de melhoramento florestal, possibilitando dessa forma, uma seleção de genótipos realmente superiores (SILVEIRA, 1999).

Segundo KNINMONTH & WHITEHOUSE (1991) o termo qualidade da madeira tem sido usado em relação a uma larga quantidade de características, envolvendo medições desde o nível microscópico até o nível da tora. A qualidade das árvores de plantios e, por consequência, das toras produzidas pode ser influenciada por fatores como seleção genética, práticas silviculturais, sítio e idade de rotação. A qualidade das toras depende principalmente das dimensões (diâmetro e comprimento), forma (reta, com tortuosidades, conicidade) e características externas e internas da madeira.

O *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, tem seu sucesso atribuído a sua superioridade em relação a outros do gênero na produção de madeira em sítios pobres e secos, com alta tolerância a períodos de alagamento, geadas, seca extrema e altas temperaturas respondendo ainda com rápido crescimento se tem água disponível (MIDGLEY et al., 1989).

O *Eucalyptus urophylla* S.T.Bla, também tem sua importância realçada, por apresentar maior rusticidade, incrementos anuais satisfatórios e ainda uma boa resistência a patógenos (FOELKEL, 1978).

Entre os numerosos fatores que podem ter influência sobre a qualidade da madeira,

tanto de coníferas quanto de folhosas, pode-se citar o espaçamento. Os estudos conduzidos nesse sentido, vêm se repetindo e as conclusões obtidas nem sempre coincidem, em vista dos resultados que, às vezes se contradizem (MONTAGNA et al., 1973).

ZOBEL & JETT (1995), relatam que a densidade da madeira de folhosas com porosidade difusa é independente da taxa de crescimento e que geralmente uma correlação positiva existe entre a taxa de crescimento e madeiras de folhosas com porosidade em anel.

SILVEIRA (1999), estudando 12 clones de *Eucalyptus*, provenientes de dois locais diferentes, observou que a densidade básica da madeira foi afetada pelo espaçamento em apenas um dos locais. Nesse mesmo experimento, o autor também não observou a influência do espaçamento nas contrações radiais, tangenciais e volumétricas para a madeira de nenhum dos dois locais.

Além do espaçamento, a idade de corte também pode influenciar a qualidade da madeira. FERREIRA (1972), estudando *Eucalyptus grandis* em 5 idades diferentes (11,12,13,14 e 16 anos), verificou que a comparação dos resultados entre as idades de 11,12 e 16 anos, não se observou valores significativamente distintos, enquanto que nas outras combinações de idade, os valores de densidade básica foram altamente significativos.

2.2 - Características anatômicas

Anatomia da madeira é o estudo de diversos tipos de células que constituem o lenho, suas funções, organização e peculiaridades estruturais que tem como objetivos, conhecer a madeira visando um emprego correto, identificar espécies, prever utilizações adequadas, prever e compreender o comportamento da madeira no que diz respeito à sua utilização (BURGER e RICHTER, 1991).

O lenho das árvores é formado por diferentes tipos de células. As folhosas possuem uma estrutura mais complexa e variável que as coníferas. Os principais elementos anatômicos das folhosas são os elementos de vaso, os fibrotraqueídeos, fibras libriformes e as células parenquimáticas (BURGER e RICHTER, 1991).

DOWNES et al. (1997), relatam que o comprimento das fibras pode ser altamente afetado pelas condições externas durante o crescimento das árvores, com a altura da árvore e com os efeitos sazonais. Além disso, a variação longitudinal se apresenta em menores intensidades que a variação radial.

SHIMOYAMA (1990), relata que uma das principais características do gênero *Eucalyptus* é o seu pequeno comprimento de fibras, onde o valor médio encontrado em literaturas sobre o gênero é de 1 mm, sendo que essa característica, assim como a espessura da parede e largura das fibras tendem a aumentar suas dimensões na direção medula casca. No que diz respeito a duas alturas estudadas por SHIMOYAMA (25% e 75% da altura comercial em três espécies de eucalipto), verificou-se para as dimensões das fibras, uma pequena tendência em apresentarem maiores valores a 25% da altura comercial da árvore, no entanto esse trabalho não mostrou significância estatística para a variação da espessura da parede. E quanto ao diâmetro dos vasos e porcentagem de vasos, os valores apresentados nas duas alturas foram muito parecidos, não apresentando diferenças estatísticas significativas.

Os vasos são elementos estruturais bastante variados quanto a sua frequência, forma, arranjo e dimensões. No que diz respeito a suas variações, no sentido radial, sabe-se que para regiões próximas à medula, o diâmetro dos vasos mostra-se menor, porém seu número é maior. Em regiões próximas à casca o diâmetro desses elementos é maior, entretanto seu número é menor. Dessa forma a área ocupada por eles (em porcentagem) geralmente não é alterada de uma região para outra (TOMAZELLO FILHO, 1983).

O diâmetro dos vasos e a sua frequência pode causar um decréscimo na densidade da madeira, por ocupar com espaço vazio uma região que poderia ser ocupada por fibras (DOWNES et al., 1997).

Downes et al (1997) relatam que além das dimensões dos vasos e fibras, a quantidade de tecido parenquimático presente na madeira poderá interferir tanto nas características físicas quanto nas características mecânicas dependendo da sua proporção no lenho.

2.3 - Características físicas

A densidade básica em *Eucalyptus* sofre um aumento da parte interna para a parte mais externa e também da base para o topo do tronco de eucalipto. A variação radial da densidade básica é maior na base das árvores do que em partes mais altas enquanto as diferenças verificadas no sentido radial são em proporções mais elevadas que as diferenças longitudinais no tronco (LIMA, 1999).

Admitindo-se que um crescimento mais rápido deva ser alcançado para se obter madeira de dimensões mais adequadas, espaçamento mais amplo quanto possível, sob determinadas circunstâncias, poderia ser o mais adequado. Neste sentido, os efeitos proporcionados por esse crescimento acelerado sobre as contrações e sua interação com os clones devem ser avaliados e considerados, para que seja possível obter madeira com melhor qualidade e proporcionar maiores ganhos genéticos com a seleção (SILVEIRA, 1999).

A variação dimensional da madeira é uma característica que pode limitar e até mesmo desqualificá-la para algumas utilizações, causando em alguns casos a substituição por outros materiais (MOURA, 2000).

Segundo OLIVEIRA (1997), a retratibilidade da madeira ocorre em função da troca de umidade do material com o meio que o envolve, até que seja atingida uma condição de

equilíbrio. A umidade responsável pela retratibilidade da madeira é aquela que está localizada nas paredes celulares, ou seja, adsorvida aos grupos hidroxílicos das microfibrilas de celulose, nas hemiceluloses e, também, em menor quantidade, ligadas aos sítios existentes na lignina (SKAAR, 1972).

Segundo o mesmo autor, a madeira é anisotrópica com respeito à contração e inchamento. Especificamente, a mudança de dimensões é menor na direção longitudinal, maior na direção radial, e ainda maior na direção tangencial dos anéis de crescimento. Como resultado, vários defeitos podem desenvolver-se na madeira, tais como abertura ou apertamento de juntas, mudanças de forma da seção transversal, arqueamento, encruamento, trincas em favo, colapso, e grã afrouxada ou levantada. Todos estes defeitos podem aparecer na madeira de estrutura normal, mas suas magnitudes podem ser seriamente influenciadas pela presença de anormalidades, tais como madeira de reação (tração e compressão), nós, e outros.

TSOUMIS (1991), confirma que a retração e o inchamento se apresentam com magnitudes superiores em madeiras com densidades mais elevadas. Este fato se deve à presença de uma maior quantidade de massa lenhosa efetiva por volume de madeira, ou seja, menos espaços vazios e maior espessura das paredes celulares. Por conseguinte, a relação da densidade com a retração e o inchamento se deve ao fato de que as madeiras mais densas que apresentam uma maior quantidade de massa lenhosa e paredes celulares mais espessas, possuem a capacidade de conter uma maior quantidade de umidade nas suas paredes celulares.

De acordo com LIMA (1996), a contração volumétrica em *Eucalyptus* sp está correlacionada com a densidade básica de maneira estatisticamente significativa, assim como as contrações lineares nos sentidos radial e tangencial.

2.4 - Características mecânicas

As características mecânicas ou relacionadas à aplicação de forças sobre a madeira, quando solicitadas por esforços, são requisitos básicos para a sua utilização como material de construção, principalmente no uso estrutural. Em mais de duzentas espécies introduzidas e testadas no início do século no Brasil, a grande maioria é caracterizada por apresentar elevadas resistências (OLIVEIRA, 1999).

TSOUMIS (1991), relata que as características mecânicas da madeira podem ser afetadas pela temperatura, por defeitos existentes no corpo-de-prova, pela velocidade e duração da carga e pela mudança do teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras.

Em uma tora basal de três metros de comprimento, o módulo de ruptura aumenta da base para o topo e da medula para a casca, sendo que nas posições radiais, maiores aumentos percentuais são observados no torete da base da base. Esse aumento é maior que o verificado para densidade possivelmente devido a fatores como o ângulo da grã, ângulo da microfibrila e defeitos imperceptíveis microscopicamente, que influenciam mais nas características mecânicas que na densidade (LIMA, 1999).

Esse mesmo autor ainda conclui que a densidade básica é um bom preditor para explicar características mecânicas da madeira de *Eucalyptus*, sendo que essa tem maior influência nas características de resistência do que nas características elásticas.

MOURA (2000) estudando 10 clones de híbridos oriundos do mesmo local onde foi coletado o material do presente trabalho, verificou que houve diferenças estatísticas entre toras para todas as características estudadas (MOE – módulo de elasticidade e MOR – módulo de ruptura em flexão estática e MOE em compressão paralela às fibras e C - resistência à compressão paralela às fibras) ao longo do fuste, sendo que de modo geral, maiores valores foram observados nas toras superiores do tronco.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Material genético

Foram utilizadas neste experimento, árvores de sete clones híbridos naturais do gênero *Eucalyptus* com idades de 5,5 e 10,5 anos. As estacas que originaram esses clones foram obtidas de árvores superiores de plantios da Companhia Mineira de Metais, cultivadas a partir de sementes provenientes da Austrália, as quais não possuíram controle de polinização, possibilitando assim a detecção de apenas duas espécies paternas, o *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e o *Eucalyptus urophylla* S.T.Bla. Os clones amostrados são listados no Quadro 1.

Quadro 1 - Caracterização dos clones de *Eucalyptus* sp, utilizados para a determinação das propriedades anatômicas, físicas e mecânicas da madeira.

CLONE	IDADE (ANOS)	DIAMETRO MÉDIO A 1,4 METROS (cm)	ALTURA MÉDIA (m)	ESPAÇAMENTO (m x m)	ESPECIE PATERNAL
1	5,5	26,5	25	10 X 4	UROPHYLLA
2	10,5	27,8	25,6	3 X 3	UROPHYLLA
3	10,5	30,2	25,4	3 X 3	UROPHYLLA
4	5,5	28,9	25,7	10 X 4	UROPHYLLA
5	5,5	21,9	24,1	10X4	UROPHYLLA
6	5,5	23,8	30,1	10 X 4	CAMALDULENSIS
7	5,5	30,3	33,2	6 X 4	UROPHYLLA

3.2 - Caracterização da área

O material foi coletado na fazenda Bom Sucesso, região de Vazante estado de Minas Gerais, localizada em altitude de 550 metros, latitude de 17°36'09'', longitude de 46°42'02''. O clima é tropical ou subtropical, úmido ou sub-úmido, chuvas periódicas com 7 meses de seca por ano (abril a outubro), com déficit hídrico de 171 mm por ano em média; temperatura média máxima de 32° e mínima de 16°. O tipo de relevo é plano e suave ondulado com predominância de latossolo vermelho escuro distrófico, A moderado, textura

argilosa, fase cerrado. Textura média: areia - 13,9%, silte - 14,4% e argila - 71,7%. O tipo de formação vegetal tem a predominância de cerrado com variações de campo limpo até capões ou matas (cerradões), nas manchas de terra mais férteis.

3.3 - Amostragem

Foram amostradas três árvores por clone. Das árvores amostradas foram obtidas medições de altura e diâmetro, que podem ser observadas no Quadro 1. A árvore foi aproveitada a partir de 20 cm de altura para que se pudesse manter os tocos para brotação. A partir daí, o tronco foi amostrado até o limite da altura comercial de 9 m de altura. Foram então retiradas duas amostras de 1,5 metros de comprimento, sendo uma na altura de 20cm (tora 1) e outra a 7,5 metros de altura (tora 2).

As toras foram conduzidas para a serraria da Universidade Federal de Lavras, onde foram retirados pranchões diametrais de aproximadamente 5 cm de espessura. Esses pranchões foram levados para o Laboratório de Usinagem da Madeira e aparelhados na forma de sarrafos paralelos ao eixo principal da árvore. Cada sarrafo mediu 1,5 metros de comprimento e seção transversal de 2,5 X 2,5 cm, orientados segundo os planos anatômicos da madeira. Esses sarrafos foram então marcados de acordo com sua posição medula-casca, climatizados e ao longo de cada um desses sarrafos foram retiradas amostras para caracterização anatômica e determinações da retratibilidade, densidade básica, flexão estática e compressão paralela às fibras, seguindo essa ordem da base para o topo dos sarrafos.

A Figura 1 mostra a posição de amostragem de cada uma das características estudadas e sua localização na árvore.

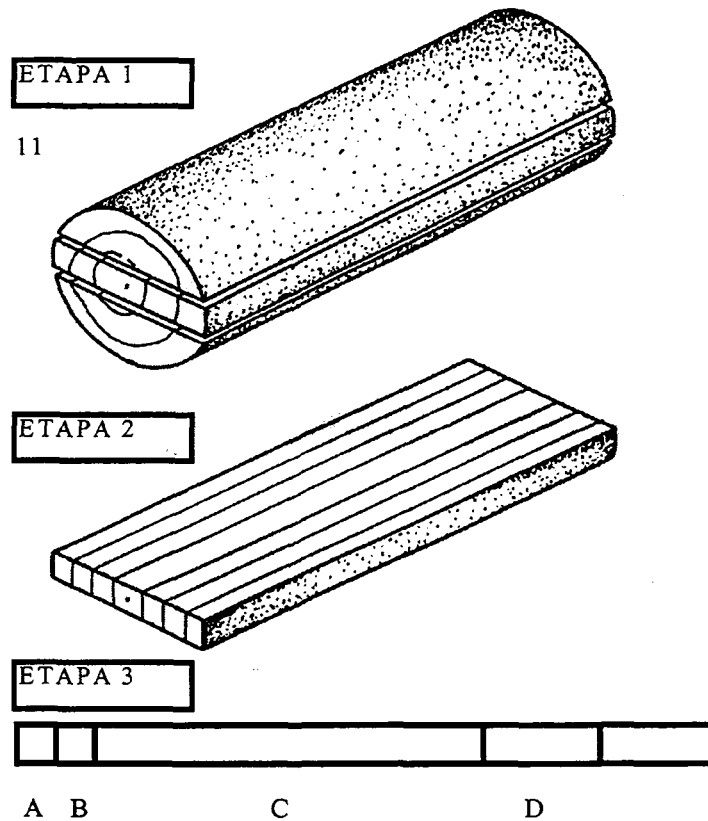


Figura 1 - Sistema de amostragem dos corpos-de-prova na tora da madeira de *Eucalyptus* sp, sendo: etapa 1 - Tora de 1,5 metros; etapa 2 - Prancha diametral e as divisões em sarrafos; etapa 3 - Sarrafo mostrando a localização dos corpos de prova: A - anatomia, B - densidade básica e retratibilidade, C - Flexão estática e D - compressão paralela às fibras.

3.4 - Características anatômicas

Foram feitas medições de comprimento das fibras, espessura das paredes, largura das fibras, diâmetro dos vasos e frequência de vasos (número de vasos/mm²).

As amostras para anatomia da madeira foram retiradas a 20 cm do solo e em diferentes posições radiais na tora 1 (tora da base).

Para que se pudesse fazer medições do comprimento de fibra, espessura da parede e largura da fibra, foram retiradas pequenas lascas de madeira, colocadas em solução macerante de peróxido de hidrogênio e ácido acético glacial, na proporção de 2:1 e levadas à estufa em

temperatura de 60°C até a individualização das fibras. Foram então, preparadas lâminas provisórias para medições no microscópio ótico.

Para medir o diâmetro dos vasos, e a frequência dos vasos (o número de vasos por milímetro quadrado), foram retirados cortes anatômicos em micrótomo de deslizamento. Esses cortes foram coloridos com safranina, desidratados em seqüência alcoólica, embebidos gradativamente em acetato de butila (soluções de álcool : acetato de butila, 3:1, 1:1, 1:3 e acetato de butila p.a.) e fixados em lâminas permanentes com o adesivo “entellan”.

Foram analisadas três posições entre a casca e a medula das toras, representadas em três sarrafos e todas essas medições foram feitas utilizando-se de um microscópio ótico adaptado com uma ocular micrométrica e uma lâmina com escala graduada de 1 mm.

O número de medições feitas em cada uma das características anatômicas foi definido através de uma amostragem piloto e utilização da fórmula de intensidade amostral indicada para populações infinitas de acordo com OLIVEIRA (1976), citado por ROSADO (1982), mostrada a seguir:

$$n = \frac{t^2 \times S^2}{d^2}$$

sendo:

S^2 = variância da pré-amostra;

t = Valor de tabela de distribuição “t”, de Student, tomado com n-1 graus de liberdade; ao nível de probabilidade pré fixado;

d = erro tolerável, expresso em % da média;

n = tamanho da amostra em uma população infinita.

Com um erro tolerável de 10% em torno da média e 90% de probabilidade, foram obtidas as intensidades amostrais apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Intensidade amostral verificada a partir de fórmula e amostragem utilizada para a determinação das dimensões dos componentes anatômicos.

CARACTERÍSTICA ANATÔMICA	INTENSIDADE AMOSTRAL (FÓRMULA)	AMOSTRAGEM UTILIZADA
COMPRIMENTO DA FIBRA	17	25
LARGURA DA FIBRA	10	25
ESPESSURA DA PAREDE	17	25
DIÂMETRO DOS VASOS	27	30
NÚMERO DE VASOS/mm ²	7	15

3.5 - Propriedades físicas

3.5.1 - Densidade básica

O termo 'densidade básica' empregado neste trabalho equivale aos 'massa específica básica', 'peso específico básico' ou 'peso específico verde', também freqüentemente usados. A adoção de 'densidade básica' se deveu ao fato de ser terminologia mais empregada, tanto no Brasil como na literatura internacional.

Os corpos-de-prova utilizados foram retirados a 20 cm do solo. As dimensões foram de 2,5 x 2,5 x 2,5 cm. O teor de umidade foi mantido acima do ponto de saturação das fibras, utilizando-se de imersão em dessecadores com sistema de vácuo. A densidade básica foi determinada de acordo com a norma ASTM D-2395 (1997), usando-se o método de imersão em água e considerando a densidade básica como sendo a relação entre o peso absolutamente seco e o volume verde das amostras.

3.5.2 - Retratibilidade da madeira

Os corpos-de-prova para a medição das contrações da madeira mediram 2,5 x 2,5 x 2,5 cm. Foram medidas apenas as contrações tangenciais e radiais, ignorando-se a contração no sentido longitudinal, por isso, utilizou-se os mesmos corpos de prova usados para densidade básica. Esses corpos-de-prova foram utilizados para quantificar as contrações lineares e volumétricas, sendo as medições realizadas diretamente nos corpos-de-prova.

3.5.2.1 - Contrações lineares

As contrações parciais foram medidas considerando-se a umidade de equilíbrio da madeira em torno de 12%. As dimensões lineares, nos sentidos tangencial e radial, foram obtidas de medições diretas nos corpos-de-prova, em pontos marcados previamente, através de paquímetro digital com precisão de $\pm 0,01$ mm. Foram obtidas medições com os corpos-de-prova verdes e com aproximadamente 12% de umidade de equilíbrio, após condicionamento em câmara a 20°C e 65% de umidade relativa. As contrações lineares parciais foram calculadas de acordo com a seguinte fórmula:

$$CTP = \frac{(T_i - T_f)}{T_i} \times 100$$

$$CRP = \frac{(R_i - R_f)}{R_i} \times 100$$

Sendo:

CTP = Contração tangencial parcial (%);

T_i = medição linear tangencial acima do ponto de saturação das fibras (mm);

T_f = medição linear tangencial em equilíbrio (mm);

CRP = Contração radial parcial (%);

R_i = medição linear radial acima do ponto de saturação das fibras (mm);

R_f = medição linear radial em equilíbrio (mm).

3.5.2.2 - Contrações volumétricas

Foram medidas as contrações volumétrica parcial e total em todos os corpos de prova.

Para a contração volumétrica parcial, obteve-se o volume dos corpos de prova saturados em água e na umidade de equilíbrio. Para contração volumétrica total os corpos-de-

prova foram medidos saturados em água e secos em estufa até peso constante. Os volumes foram obtidos com imersão em mercúrio, considerando-se a densidade e temperatura do mercúrio.

As contrações volumétricas foram calculadas de acordo com a seguinte fórmula:

$$CVP = \frac{(V_{verde} - V_{eq})}{V_{verde}} \times 100$$

$$CVT = \frac{(V_{verde} - V_{seco})}{V_{verde}} \times 100$$

Sendo:

CVP = Contração volumétrica parcial (%);

CVT = Contração volumétrica total (mm);

V_{verde} = Volume da amostra verde (cm³);

V_{eq} = Volume da amostra em equilíbrio (cm³);

V_{seco} = Volume da amostra seca em estufa (cm³).

3.6 - Propriedades mecânicas

Foram realizados testes de flexão estática e compressão paralela às fibras. Em ambos determinou-se os respectivos módulos de elasticidade e módulos de ruptura, apresentados em MPa (Mega Pascal). Os corpos de prova para flexão estática foram obtidos a uma altura de 20 cm do solo e os corpos de prova de compressão paralela às fibras foram obtidos a 60 cm do solo.

Os ensaios de flexão e compressão paralela às fibras foram feitos em corpos de prova de 2,5 x 2,5 x 41 cm e 2,5 x 2,5 x 10 cm, respectivamente, de acordo com o método secundário (parte 2) descrito pela norma ASTM D-143 (1997).

A velocidade de ensaio para flexão estática foi de 1,3 mm/min, e para compressão paralela às fibras foi de 0,3 mm/min.

3.7 - Análises estatísticas

As análises estatísticas foram feitas utilizando-se o software SAEG (Sistema de análise estatística). Foram feitas análises de variância considerando-se cada uma das características anatômicas, físicas e mecânicas em função de clone, posição no tronco e na árvore e interação clone x posição. Para as características físicas e mecânicas também foram feitas análises em função de clone, tora e interação clone x tora. Essas análises foram feitas com a finalidade de verificar possíveis diferenças estatísticas tanto dentro da tora como entre toras. Foram também obtidas correlações entre as características.

Na avaliação do experimento, utilizou-se um modelo inteiramente casualizado com classificação cruzada com interação.

O modelo estatístico associado a esse tipo de experimento foi:

$$y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + Ab_{ij} + e_{ijk}$$

sendo:

$i = 1, 2, \dots, a$ (Clones); $j = 1, 2, \dots, b$ (Posição medula-casca ou tora); $k = 1, 2, \dots, r$ (Repetição); $N = abr$ (número de observações experimentais).

onde:

μ = média geral;

A_i = efeito do i -ésimo nível do fator A (clone) = efeito fixo;

B_j = efeito do j -ésimo nível do fator B (posição ou tora) = efeito fixo;

Ab_{ij} = efeito da interação entre o i -ésimo nível do fator A e o j -ésimo nível do fator B;

e_{ijk} = erro aleatório associado à observação y_{ijk} .

3.8 – Considerações gerais

Para a verificação das características anatômicas, utilizou-se apenas a tora 1 enquanto os testes físicos e mecânicos foram feitos nas toras 1 e 2. Os diâmetros diferenciados das duas toras fizeram com que a quantidade de corpos de prova em cada tora fosse diferente, sendo que na tora 1 foi possível amostrar em três pontos distintos ao longo do raio, enquanto na tora 2 apenas dois pontos foram amostrados. Essa diferença de pontos amostrados, considerando-se o crescimento em camadas das árvores faz com que a posição central da tora 1 não seja representada exatamente na mesma camada de crescimento da posição central da tora 2, como possivelmente acontece com a posição externa.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados nesse trabalho são discutidos com base na variação entre clones, dentro dos clones e dentro das árvores. Não se avaliou o efeito que idades ou espaçamentos diferentes poderiam ter sobre as características da madeira, mesmo reconhecendo-se a influência potencial desses fatores. Segundo ZOBEL & JETT (1995), existem controvérsias com relação à influência desses fatores sobre as características anatômicas, físicas e mecânicas da madeira. Mesmo não sendo objetivo deste estudo, algumas associações foram observadas.

As médias de dimensões de fibras e vasos entre clones, não apresentaram valores que pudessem demonstrar claramente a influência do espaçamento nas características anatômicas da madeira. Possivelmente, em consequência disso, nos resultados de densidade básica, contrações e propriedades mecânicas, esse efeito também não foi perceptível, o que está em conformidade com alguns resultados apresentados (densidade e contrações) por SILVEIRA (1999).

É sabido que a idade influencia as propriedades da madeira, principalmente quando diferentes idades cambiais são consideradas (PANSWIN & DE ZEEUW, 1980). Neste trabalho isso é comprovado e será oportunamente analisado na discussão das variações das características da madeira em função da amostragem em diferentes posições radiais no tronco. Por outro lado, a utilização de clones diferentes com idades diferentes não resultará necessariamente, por exemplo, em clones mais velhos apresentando densidades ou características mecânicas mais elevadas. No entanto, esse trabalho teve como objetivo a avaliação da qualidade da madeira dos clones, independente da idade dos mesmos.

4.1 - Características anatômicas

4.1.1 - Comprimento das fibras – (CF)

O comprimento médio das fibras entre clones foi de 1 mm (Quadro 4). Esse valor está de acordo com os valores registrados por BARRICHELO & NARIYOSHI (1984), (Quadro 27). O clone que apresentou maior comprimento de fibra com relação a média geral dos clones foi o clone 7, enquanto o menor comprimento de fibra foi verificado no clone 2. Na análise de variância de comprimento de fibra entre clones e posições, houve significância a nível de 1% para clone e para posição. Não se observou significância para a interação clone×posição (Quadro 3), o que mostra que pelo menos 1 clone e pelo menos uma posição apresentam valores médios de comprimento de fibra diferentes estatisticamente dos demais, enquanto a posição dentro do clone não apresentou diferença estatística significativa entre médias.

Na posição radial, observa-se que todos os clones apresentam um aumento no comprimento de fibras à medida que se afastam da medula. Na média entre posições, observa-se que a posição intermediária possui um comprimento de fibra 9,89% maior em relação à posição central. Na posição externa as fibras são 8% maiores que a posição intermediária. Considerando-se os clones individualmente, o clone 6 apresentou a maior diferença percentual entre os comprimentos de fibra das posições central e externa, enquanto o clone 2 apresentou a menor diferença percentual entre esses pontos.

Quadro 3 - Resumo das análises de variância das características anatômicas em função de clone, posição e interação clone × posição para os sete clones de *Eucalyptus* estudados.

COMPRIMENTO DA FIBRA		
FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	QUADRADO MEDIO
CLONE	6	0,07878929**
POSIÇÃO	2	0,1443575**
CLONE × POSIÇÃO	12	0,0054088 NS
RESÍDUO	40	0,002938882
LARGURA DA FIBRA		
FV	GL	QM
CLONE	6	5,729171 NS
POSIÇÃO	2	4,217936 NS
CLONE × POSIÇÃO	12	8,276607 NS
RESÍDUO	40	5,213063
ESPESSURA DA PAREDE		
FV	GL	QM
CLONE	6	0,7358965**
POSIÇÃO	2	0,6893255**
CLONE × POSIÇÃO	12	0,0787842 NS
RESÍDUO	40	0,04850847
DIÂMETRO DE VASOS		
FV	GL	QM
CLONE	6	1986,398**
POSIÇÃO	2	2587,395**
CLONE × POSIÇÃO	12	274,0862 NS
RESÍDUO	40	155,6559
FREQUÊNCIA DE VASOS/MM ²		
FV	GL	QM
CLONE	6	51,6476**
P/C1	2	52,8786212**
P/C2	2	3,01901406 NS
P/C3	2	3,36444214 NS
P/C4	2	17,4377007**
P/C5	2	48,4022556**
P/C6	2	48,9961734**
P/C7	2	0,78014862 NS
RESÍDUO	40	2,5486025

** - Significativo ao nível de 1%

NS - Não significativo

Quadro 4 - Comprimento das fibras (mm) em função da posição radial de amostragem no tronco, média entre posições e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	POSIÇÕES RADIAIS			MÉDIA
	CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	0,93	1,07	1,15	1,05
2	0,85	0,90	0,93	0,89
3	0,89	0,97	1,01	0,96
4	0,90	0,99	1,07	0,99
5	0,80	0,87	1,00	0,89
6	0,93	1,09	1,25	1,09
7	1,09	1,12	1,17	1,13
MÉDIA GERAL	0,91	1,00	1,08	1,00

4.1.2 - Largura das fibras - (LF)

A largura média das fibras entre clones foi de 17,57 μ m, (Quadro 5). Essa média foi pouco menor que a encontrada por LIMA (1999), (Quadro 27). A análise estatística da largura da fibra entre clones e posições, mostrou que a largura da fibra foi a única característica anatômica que não apresentou significância a nível de 1% para clone, posição e nem para a interação (Quadro 3), mostrando que nenhum clone e nenhuma posição se diferenciou das demais em termos de largura das fibras.

Quadro 5 - Largura das fibras (μ m), em função da posição radial de amostragem no tronco, média entre posições e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	POSIÇÕES RADIAIS			MÉDIA
	CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	17,58	17,37	17,60	17,52
2	16,19	17,35	16,13	16,56
3	18,13	18,28	17,78	18,06
4	16,78	17,59	17,69	17,35
5	15,82	16,13	15,94	15,96
6	18,07	19,18	21,12	19,46
7	17,30	18,53	18,40	18,08
MÉDIA GERAL	17,12	17,78	17,81	17,57

4.1.3 - Espessura da parede – (EP)

A espessura da parede média entre todos os clones foi 4,42 μm (Quadro 6). Esse valor foi maior que o apresentado por LIMA (1999), (Quadro 27). O clone 1 apresentou maior espessura da parede com relação à média geral e o clone 5 apresentou menores espessuras de parede. A análise de variância da espessura da parede entre clones e posições, também apresentou significância a nível de 1% tanto para clone quanto para posição e não se verificou significância para a interação (Quadro 3). Isso mostra que pelo menos um dos clones e pelo menos uma das posições se diferenciam das demais estatisticamente quanto à espessura da parede. A espessura da parede não apresenta diferenças estatísticas de posição dentro do clone.

Quadro 6 - Espessura da parede (μm) em função da posição radial de amostragem no tronco, média entre posições e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	POSIÇÕES RADIAIS			MÉDIA
	CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	4,48	4,69	5,06	4,74
2	4,36	4,62	4,44	4,47
3	4,37	4,46	4,59	4,47
4	4,14	4,14	4,46	4,25
5	3,76	3,85	3,88	3,83
6	4,26	4,16	4,92	4,45
7	4,79	4,56	4,78	4,71
MÉDIA GERAL	4,31	4,35	4,59	4,42

Observando-se a espessura da parede obtida na posição radial, nota-se que existe uma elevação à medida em que as fibras se afastam da medula. Na média entre posições, a posição intermediária apresenta espessura da parede apenas 0,93% maior com relação à posição central, enquanto a posição externa apresentou espessuras de parede 5,52% maiores que a posição intermediária. Quando analisa-se os clones individualmente nota-se que no clone 2, a maior espessura da parede foi observada na posição intermediária, e no clone 6 a menor média foi verificada na posição intermediária. No clone 7, as posições central e externa se equívalem e apresentaram valores superiores à posição intermediária. Entre os clones, o

clone 6 apresentou a maior diferença em espessura de parede entre as posições central e externa, enquanto a menor diferença entre essas posições foram apresentadas pelo clone 5. Observa-se ainda que no clone 4 não houve diferença entre as posições central e intermediária.

Considerando que a espessura das paredes da fibra aumentou a medida em que se afastou da medula e a largura da fibra se manteve estável, pode-se dizer que o lume da fibra possui um comportamento inversamente proporcional à espessura da parede, ou seja, quanto mais afastado da medula menor será o lume da célula.

4.1.4 - Diâmetro dos vasos – (DV)

O diâmetro médio dos vasos entre os clones é de 124 μ m (Quadro 7). Esse valor é maior que o encontrado por SHIMOYAMA (1990), estudando *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*, (Quadro 27). O clone 7 apresentou o maior diâmetro médio dos vasos e o clone 5 menor com relação a média geral. A análise de variância do diâmetro dos vasos entre clones e posições, mostrou significância a nível de 1% para clone e para posição, mostrando que pelo menos um dos clones apresentou diâmetro dos vasos diferentes estatisticamente dos demais e pelo menos uma das posições diferiu estatisticamente das demais. A interação não foi significativa (Quadro 3), mostrando que no estudo da posição dentro do clone não houve diferença estatística significativa.

Quanto à variação radial do diâmetro dos vasos no tronco, nota-se que de maneira geral, os diâmetros dos vasos aumentam à medida em que se afastam da medula, com exceção do clone 5, onde a posição central apresentou o menor diâmetro dos vasos e o clone 7 que apresentou a maior diâmetro dos vasos na posição intermediária. Na média entre as posições (Quadro 7), observa-se que o diâmetro dos vasos na posição intermediária é 17,6% maior que

na posição central, enquanto na posição externa é 7,1% maior em relação à posição intermediária.

Quadro 7 - Diâmetro médio dos vasos (μm) em função da posição radial de amostragem no tronco, média entre posições e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	POSIÇÕES RADIAIS			MÉDIA
	CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	99	125	139	121
2	99	114	115	109
3	116	134	139	130
4	99	120	126	115
5	104	102	116	107
6	106	135	160	134
7	136	156	154	149
MÉDIA GERAL	108	127	136	124

Entre clones, nota-se que o clone 7 apresentou a menor diferença percentual entre as posições central e intermediária, sendo que entre as posições central e externa essa diferença torna-se um pouco menor. A maior diferença percentual entre as posições central e externa dentro dos clones, foi observada no clone 6. A homogeneidade em qualquer característica da madeira, seja ela anatômica, física ou química, será sempre desejável na maioria das utilizações da madeira.

4.1.5 - Frequência de vasos - (FV)

A frequência de vasos/ mm^2 médio encontrado entre clones foi de 14 vasos (Quadro 8). Esses valores conferem com os de SHIMOYAMA (1990), (Quadro 27). Os clones 2 e 5 foram os que apresentaram a maior frequência de vasos, enquanto os clones 1 e 7 apresentaram as menores frequências. Na análise de variância (Quadro 3), da frequência de vasos entre clones e posições radiais de amostragem, observa-se significância a nível de 1% para a interação clone \times posição, mostrando que a frequência de vasos/ mm^2 variou estatisticamente no estudo da posição dentro do clone. O desdobramento estatístico da interação mostrou que quatro dos

sete clones (clones 1, 4, 5 e 6) apresentaram variação estatística significativa da frequência de vasos entre posições dentro dos clones (Quadro 3).

Quadro 8 - Frequência de vasos/mm² em função da posição radial de amostragem no tronco, média entre posições e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	POSIÇÕES RADIAIS			MÉDIA
	CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	13	10	10	11
2	18	16	17	17
3	17	15	14	15
4	17	14	12	14
5	22	14	14	17
6	19	13	10	14
7	12	10	10	11
MÉDIA GERAL	17	13	12	14

Na média das posições radiais, pode-se observar que a frequência de vasos/mm² aumenta à medida em que a amostragem se afasta da medula. A posição intermediária apresenta uma frequência de vasos 8,33% maior com relação à posição central. A posição externa apresenta uma frequência de vasos 30,77% maior que a posição intermediária. Entre as posições radiais dos clones, a maior diferença percentual entre a posição central e externa foi observada no clone 6 e a menor no clone 2.

Os resultados acima mostram que dimensões de fibras e vasos aumentam à medida que se afastam da medula. Isso pode ser explicado considerando-se o rápido crescimento do gênero *Eucalyptus*, já que no início o crescimento é acelerado e as células da madeira se multiplicam antes de atingirem o tamanho genético característico da espécie. Com o crescimento reduzido das células a diferenciação acontece e células como fibras e vasos são formadas. A madeira formada nesse período de rápido crescimento é conhecida como madeira juvenil, que é caracterizada pela variação na dimensão dos componentes anatômicos, principalmente vasos e fibras no sentido radial da árvore. A cada camada de crescimento da árvore as células vão aumentando seu tamanho até se estabilizarem no lenho.

Os vasos se apresentam em maior número por milímetro quadrado mais próximo à medula, reduzindo em quantidade à medida em que se aproximam da casca. Por outro lado, um menor diâmetro de vasos é observado próximo à medula, aumentando em direção a casca. Confrontando-se essas características podemos afirmar que existe uma tendência de equilíbrio da área dos vasos (espaços vazios) em relação à área das posições amostradas.

Quadro 9 - Variação radial das características anatômicas na madeira de clones de *Eucalyptus* sp.

CARACTERÍSTICA	VARIAÇÃO RADIAL (%)
COMPRIMENTO DA FIBRA (mm)	18,7
LARGURA DA FIBRA (μm)	4,0
ESPESSURA DA PAREDE (μm)	6,5
DIÂMETRO DOS VASOS (μm)	25,9
FREQÜÊNCIA DE VASOS (vasos/ mm^2)	17,0

A variação verificada das fibras no tronco (Quadro 9) é um fator que pode interferir tanto para a produção de polpa celulósica quanto na produção de madeira serrada, já que para essas utilizações uma maior homogeneidade da matéria-prima deve ser almejada. Quanto à polpação, fibras com dimensões aproximadas podem proporcionar um maior rendimento no momento da deslignificação. A variação nas dimensões e na distribuição dos vasos é um dos fatores que pode interferir na permeabilidade da madeira mediante aplicação de soluções preservativas.

De acordo com a Figura 2, o comprimento da fibra, a largura da fibra, a espessura da parede e o diâmetro dos vasos, seguem uma mesma tendência de aumento da medula para a casca, enquanto que a frequência de vasos por milímetro quadrado (Figura 3) segue uma tendência inversa, diminuindo da medula para a casca.

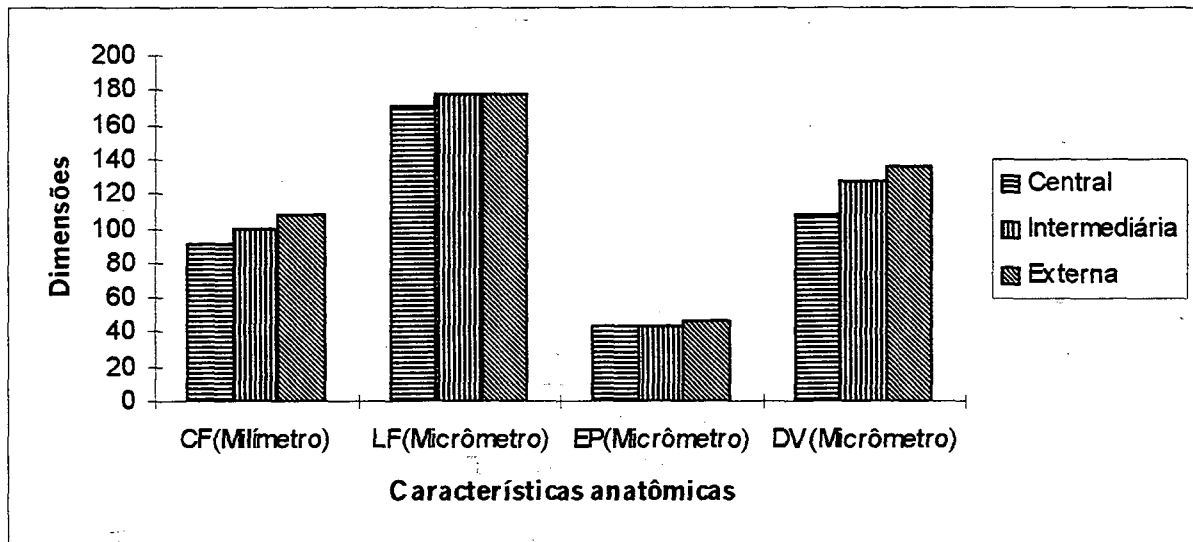


Figura 2 - Comprimento da fibra (CF) dividido por 10, largura da fibra (LF) \times 10, espessura da parede (EP) \times 10 e diâmetro dos vasos (DV) dividido por 10 e expressos em micrômetro, em posições radiais na madeira de *Eucalyptus* sp.

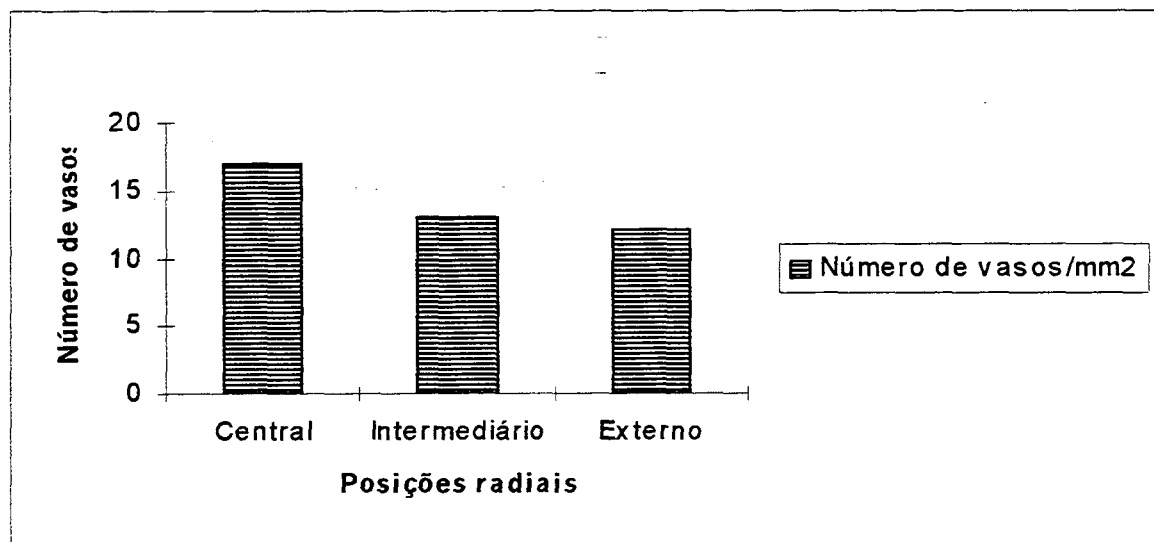


Figura 3 - Comportamento da freqüência de vasos/mm² em posições radiais na madeira de *Eucalyptus* sp.

4.2 - Propriedades físicas

4.2.1 - Densidade básica – (DB)

A densidade básica média entre clones foi 0,505 g/cm³ (Quadro 10). Esse valor médio é inferior ao encontrado por SILVEIRA (1999) em clones híbridos de *Eucalyptus* coletados no mesmo local do presente trabalho (Quadro 27). O clone 7 apresentou a maior densidade básica média considerando-se as duas toras, enquanto o clone 3 apresentou a menor média. Na análise de variância da densidade básica entre clones e posições radiais (Quadro 11), verificou-se significância ao nível de 1% da interação clone × posição, tanto para a tora 1 quanto para a tora 2. Isso significa que um determinado clone pode apresentar densidade básica maior que outro em certa posição radial, enquanto que em outra posição ao longo do raio os comportamentos se invertem. Na tora 1, o desmembramento da interação mostrou que houve diferenças significativas da densidade básica entre posições dentro dos clones 1, 5, 6 e 7. Na tora 2 as diferenças significativas da densidade básica ocorreram nos clones 6 e 7. Na análise de variância da densidade básica entre clones e toras (Quadro 13) pode-se notar que as diferenças de densidade básica entre toras foi significativa estatisticamente ao nível de 1%.

Na média das posições dentro dos clones, houve um aumento da densidade básica na direção medula-casca. Na tora 1 a posição intermediária apresentou uma densidade 5,91% maior com relação à posição central, enquanto na posição externa a densidade básica foi maior 10,54% com relação à posição intermediária. Na tora 2 a posição externa mostra uma densidade 5,77% maior que a posição central.

Entre os clones, considerando-se as duas toras, maiores diferenças de densidade entre a posição central e externa foram observadas no clone 6, enquanto menores diferenças foram observadas no clone 3. Considerando-se as duas toras, os valores médios entre posições radiais nos clones, a média de densidade da tora 1 é sempre maior. Na tora 1, os clones 2 e 4

apresentam menores densidades na posição intermediária e na tora 2, apenas o clone 2 apresentou maior densidade na posição mais interna do tronco.

Quadro 10 - Densidade básica (g/cm^3) em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	TORA	POSICOES RADIAIS			MÉDIA
		CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	1	0,463	0,515	0,532	0,503
2	1	0,509	0,473	0,526	0,503
3	1	0,414	0,429	0,468	0,437
4	1	0,487	0,473	0,498	0,486
5	1	0,460	0,511	0,542	0,504
6	1	0,412	0,445	0,544	0,467
7	1	0,455	0,539	0,632	0,542
MÉDIA GERAL		0,457	0,484	0,535	0,492
1	2	0,500		0,512	0,506
2	2	0,551		0,522	0,537
3	2	0,467		0,480	0,474
4	2	0,486		0,546	0,516
5	2	0,510		0,517	0,514
6	2	0,459		0,543	0,501
7	2	0,546		0,607	0,577
MÉDIA GERAL		0,503		0,532	0,518

Quadro 11 - Resumo das análises de variância das características físicas em função de clone, posição radial de amostragem e da interação clone \times posição dos clones estudados.

TORA 1			TORA 2		
DENSIDADE BASICA (MEDULA - CASCA)			DENSIDADE BASICA (MEDULA - CASCA)		
FV	GL	QM	FV	GL	QM
CLONE	6	0,00968986**	CLONE	6	0,00604416**
P/C1	2	0,00385515**	P/C1	2	0,00012194 NS
P/C2	2	0,0021428 NS	P/C2	2	0,00064468 NS
P/C3	2	0,00232766 NS	P/C3	2	0,00020877 NS
P/C4	2	0,0004735 NS	P/C4	2	0,00272051 NS
P/C5	2	0,00406398**	P/C5	2	0,000022055 NS
P/C6	2	0,01246214**	P/C6	2	0,00528101**
P/C7	2	0,02344723**	P/C7	2	0,00284789**
RESÍDUO	40	0,00066826	RESÍDUO	40	0,00053093
CONTRAÇÃO RADIAL PARCIAL			CONTRAÇÃO RADIAL PARCIAL		
FV	GL	QM	FV	GL	QM
CLONE	6	0,11157275 NS	CLONE	6	0,85258733**
P/C1	2	0,21697166 NS	P/C1	2	0,60832266 NS
P/C2	2	0,60957821 NS	P/C2	2	1,56025154**
P/C3	2	0,73938128 NS	P/C3	2	0,36561836 NS
P/C4	2	0,77887501 NS	P/C4	2	0,06401171 NS

P/C5	2	1,58366174**		P/C5	2	1,33059592**
P/C6	2	1,10449847 NS		P/C6	2	0,24968185 NS
P/C7	2	0,117575 NS		P/C7	2	0,01599023 NS
RESÍDUO	40	0,281199		RESÍDUO	40	0,16804958
CONTRAÇÃO TANGENCIAL PARCIAL				CONTRAÇÃO TANGENCIAL PARCIAL		
FV	GL	QM		FV	GL	QM
CLONE	6	4,44635833**		CLONE	6	1,310349**
P/C1	2	7,30603762**		POSIÇÃO	1	5,791909**
P/C2	2	45,181516**		CLONE × POSIÇÃO	6	0,5205017 NS
P/C3	2	2,34971608 NS		RESÍDUO	26	0,3633906
P/C4	2	2,20772725 NS				
P/C5	2	6,45947968 NS				
P/C6	2	14,9623676**				
P/C7	2	3,35844933 NS				
RESÍDUO	40	1,24953				
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA PARCIAL				CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA PARCIAL		
FV	GL	QM		FV	GL	QM
CLONE	6	2,225627 NS		CLONE	6	1,6072185 NS
POSIÇÃO	2	14,52562**		P/C1	2	5,41347358**
CLONE × POSIÇÃO	12	5,12741 NS		P/C2	2	3,16256981 NS
RESÍDUO	40	2,666188		P/C3	2	2,98817462 NS
				P/C4	2	0,08363344 NS
				P/C5	2	17,2475629**
				P/C6	2	1,4814002 NS
				P/C7	2	0,00087108 NS
				RESÍDUO	40	0,80423025
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA TOTAL				CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA TOTAL		
FV	GL	QM		FV	GL	QM
CLONE	6	0,82693683 NS		CLONE	6	4,78994833**
P/C1	2	1,62714262 NS		P/C1	2	3,4493363**
P/C2	2	7,2481936 NS		P/C2	2	2,63115816 NS
P/C3	2	4,18950325 NS		P/C3	2	2,37911868 NS
P/C4	2	2,24600513 NS		P/C4	2	0,40963006 NS
P/C5	2	7,27761446 NS		P/C5	2	0,26025101 NS
P/C6	2	23,3551749**		P/C6	2	6,38715235**
P/C7	2	0,01622089 NS		P/C7	2	0,01426067 NS
RESÍDUO	40	2,26392075		RESÍDUO	40	0,606524

** - Significativo ao nível de 1%

NS - Não significativo

A densidade básica média aritmética entre pontos radiais pode não expressar a real densidade da madeira uma vez que a amostragem considera apenas três pontos nessa direção.

Na tentativa de se aproximar ao máximo da densidade básica das toras, considerou-se as áreas abrangentes de cada amostragem e ponderou-se a média (Quadro 12).

Quadro 12 - Diâmetro médio em cm, entre clones, áreas correspondentes à cada posição radial (central (C), intermediária (I) e externa (E)), área total, densidade básica de cada posição, densidade básica média e densidade básica ponderada (DBP) de sete clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	DAP	ÁREA (cm ²)				DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)				
		C	I	E	T	C	I	E	MÉDIA	POND.
1	26,5	61,58	184,76	307,94	554,30	0,462	0,515	0,531	0,503	0,518
2	27,8	67,69	203,09	338,48	609,28	0,510	0,473	0,524	0,502	0,505
3	30,1	80,03	240,09	400,15	720,27	0,414	0,428	0,468	0,436	0,448
4	28,8	72,79	218,38	363,97	655,16	0,486	0,472	0,497	0,485	0,488
5	21,8	41,87	125,62	209,37	376,87	0,46	0,511	0,542	0,510	0,505
6	23,7	49,39	148,17	246,96	444,53	0,411	0,444	0,543	0,472	0,480
7	30,3	80,56	241,68	402,80	725,05	0,454	0,538	0,631	0,541	0,580

Os valores da densidade básica média aritmética foram mais elevados que a densidade básica ponderada apenas no clone 5, nos demais a ponderação elevou os valores sendo que a maior diferença encontrada entre a densidade básica e a densidade básica ponderada foi observada no clone 7. Em média, a densidade básica ponderada foi maior que a densidade básica aritmética 2,25%.

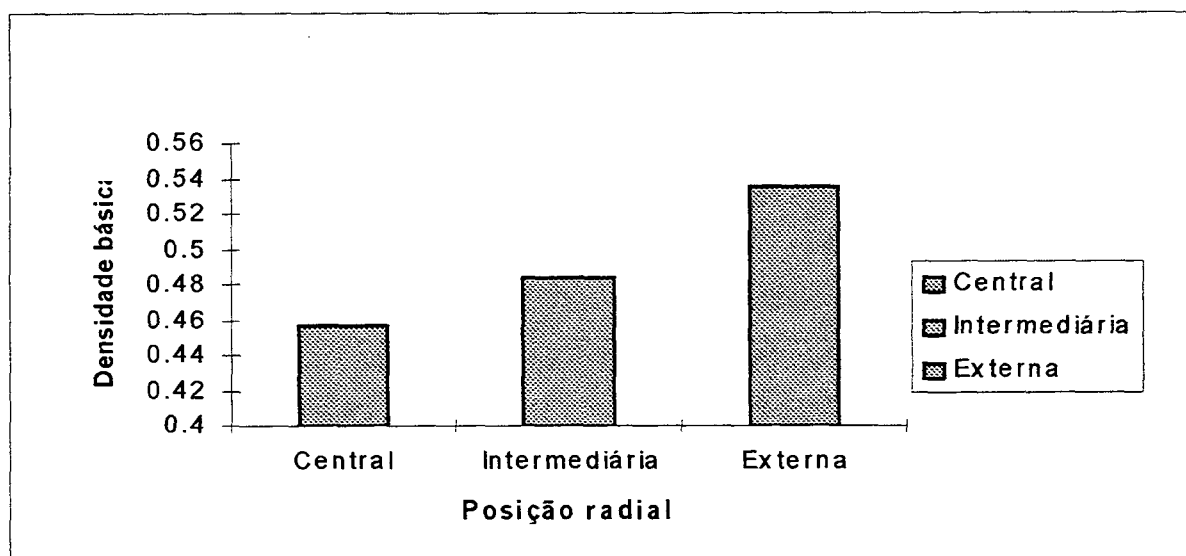


Figura 4 - Densidade básica (DB, g/cm³), em posições radiais na madeira de *Eucalyptus* sp.

Na Figura 4 pode-se observar que a densidade tem um comportamento de crescimento na direção medula-casca assim como a tendência da maioria das características anatômicas.

4.2.2 - Instabilidade dimensional

A instabilidade dimensional da madeira expressa nas contrações lineares e contrações volumétricas tem grande importância para que se possa conhecer detalhadamente o comportamento da mesma durante o processo de secagem. Tanto as contrações parciais quanto a contração total, são de grande valia para que se possa adequar programas de secagem específicos para cada lote de madeira.

4.2.2.1 - Contração radial parcial – (CRP)

A média entre clones para contração radial parcial foi de 2,66% (Quadro 14), que foram menores que os encontrados por LIMA (1996) em *E. microcorys* e *E. pilularis* (Quadro 27). Na média entre as toras, o clone 7 foi o que apresentou a maior contração radial e o clone 4 apresentou o menor valor para essa característica. Na análise de variância da contração radial parcial entre clones e posições, tanto a interação clone × posição na tora 1 quanto na tora 2 foram significativas ao nível de 1% (pelo menos um dos clones apresentou valor de contração radial parcial maior em um dos pontos estudados e menor no outro, com relação aos outros clones), sendo que os clones que apresentaram variação significativa da posição dentro do clone na tora 1 foram os clones 1, 2 e 6 e na tora 2 foram os clones 2 e 5 (Quadro 11), no entanto, na análise de variância da contração radial parcial entre clones e toras, não se observou diferenças significativas ao nível de 1%, entre as toras 1 e 2 (Quadro 13).

Considerando-se as contrações médias entre posições radiais, pode-se observar uma diminuição nessas contrações na direção medula-casca. Na tora 1 a posição intermediária apresentou uma contração radial 16,21% menor do que a observada no centro da tora. Na posição externa, pode-se notar uma diminuição de apenas 1,65% com relação à posição

intermediária. Na tora 2 a posição externa teve uma contração radial parcial 19,74% menor que a posição central. Entre todos os clones, considerando-se a média geral entre as toras 1 e 2, maiores diferenças de contração radial entre as posições central e externa, foram verificadas no clone 5 e a menor diferença no clone 7.

Quadro 13 - Resumo das análises de variância das características físicas em função de clone, tora e da interação clone×tora dos clones estudados.

DENSIDADE BASICA (MEDULA - CASCA)		
FV	GL	QM
CLONE	6	0,005931217**
TORA	1	0,006340464**
CLONE × TORA	6	0,00033307 NS
RESIDUO	28	0,00034644 NS
CONTRAÇÃO RADIAL PARCIAL		
FV	GL	QM
CLONE	6	0,2056664 NS
TORA	1	0,08393128 NS
CLONE*TORA	6	0,1988912 NS
RESIDUO	28	0,1839946 NS
CONTRAÇÃO TANGENCIAL PARCIAL		
FV	GL	QM
CLONE	6	1,367267 NS
TORA	1	20,45006**
CLONE × TORA	6	0,8308651 NS
RESIDUO	28	0,4086388 NS
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA PARCIAL		
FV	GL	QM
CLONE	6	0,8301333 NS
TORA	1	18,82612**
CLONE × TORA	6	0,8934614 NS
RESIDUO	28	1,106207 NS
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA TOTAL		
FV	GL	QM
CLONE	6	1,787281 NS
TORA	1	7,374446**
CLONE × TORA	6	1,060373 NS
RESIDUO	28	0,8861137 NS

** - Significativo ao nível de 1%

NS - Não significativo

Quadro 14 - Contração radial parcial (%) em função da posição radial de amostragem no tronco e amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições radiais e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	TORA	POSIÇÕES RADIAIS			MÉDIA
		CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	1	2,92	2,58	2,39	2,63
2	1	2,88	2,55	1,99	2,47
3	1	3,09	2,99	2,18	2,75
4	1	3,03	2,11	2,18	2,44
5	1	3,43	2,14	1,87	2,48
6	1	2,33	2,19	3,33	2,62
7	1	2,60	2,43	2,82	2,62
MÉDIA GERAL		2,90	2,43	2,39	2,57
1	2	2,88		1,98	2,43
2	2	3,45		2,01	2,73
3	2	2,67		1,98	2,33
4	2	2,19		2,48	2,34
5	2	4,22		2,34	3,28
6	2	2,50		3,08	2,79
7	2	3,35		3,20	3,28
MÉDIA GERAL		3,04		2,44	2,74

As diferenças entre as médias das toras não são significativas estatisticamente. Na tora 1, os clones 4, 6 e 7 apresentaram menores valores de contração na posição intermediária e na tora 2, apenas os clones 4 e 6 apresentaram maior contração radial na posição mais externa do tronco.

4.2.2.2 - Contração tangencial parcial – (CTP)

A média geral entre clones para contração tangencial parcial é de 5,23% (Quadro 15). Esse valor é pouco menor que o registrado por LIMA (1996) (Quadro 27). Considerando-se os valores das duas toras, a maior contração tangencial entre os clones foi observada no clone 2 e a menor no clone 1. Pela análise de variância (Quadro 11) da contração tangencial parcial entre clones e posições pode-se observar que para a tora 1 houve significância ao nível de 1 % para a interação, enquanto que para a tora 2, a significância ocorre apenas para clone e para posição separadamente. Na tora 1, os clones que apresentaram variação significativa das posições dentro dos clone, foram os de número 1, 2 e 6. Quando se observa a análise de

variância da contração tangencial parcial entre clones e toras, nota-se que as diferenças registradas entre toras são significativas estatisticamente ao nível de 1% (Quadro 13).

Quadro 15 - Contração tangencial parcial (%) em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	TORA	POSIÇÕES RADIAIS			MÉDIA
		CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	1	6,67	5,23	3,55	5,15
2	1	11,04	6,27	3,35	6,89
3	1	6,80	6,98	5,37	6,38
4	1	6,33	7,09	5,38	6,27
5	1	4,34	6,74	4,00	5,03
6	1	3,85	8,64	5,58	6,02
7	1	5,55	6,15	4,09	5,26
MÉDIA GERAL		6,37	6,73	4,47	5,86
1	2	4,64		3,33	3,99
2	2	5,06		4,07	4,57
3	2	4,46		3,35	3,91
4	2	5,19		4,92	5,06
5	2	5,62		4,12	4,87
6	2	5,36		4,69	5,03
7	2	4,62		4,91	4,77
MÉDIA GERAL		4,99		4,20	4,60

Observando-se a média da contração tangencial parcial entre posições, nota-se que as contrações tangenciais diminuem sua intensidade à medida que a amostragem se distancia da medula. Na tora 1 a contração tangencial parcial da posição intermediária foi 5,65% maior com relação à posição central. A posição externa apresentou contração tangencial 33,58% menor que a posição intermediária. Na tora 2 a posição externa apresentou uma contração tangencial 15,83% menor em relação à posição central. Considerando-se a média entre as toras 1 e 2, o clone 2 foi o que apresentou a maior diferença entre as posições central e externa e o clone 4 apresentou a menor diferença entre esses dois pontos. Quando se observa os valores das posições radiais dos clones individuais, nota-se que a maioria dos clones apresenta maiores contrações tangenciais na posição intermediária na tora 1, enquanto na tora 2, apenas o clone 7 apresenta maior contração na posição mais externa do tronco.

4.2.2.3 - Coeficiente de anisotropia – (CA)

O coeficiente de anisotropia é a relação entre a contração tangencial e a contração radial (Quadro 16). Quanto mais próximos forem os valores de contração tangencial e radial menor a propensão da madeira a empenamentos e conseqüentemente rachaduras, já que no momento da diminuição do seu teor de umidade, a madeira vai diminuir suas dimensões em proporções parecidas nos sentidos radial e tangencial.

Observando-se o Quadro 16; nota-se que o clone 1 foi o que apresentou em média um menor coeficiente de anisotropia, mostrando que as contrações radial e tangencial desse clone apresentam valores mais próximos entre si. Quando se verifica o coeficiente de anisotropia entre as toras, de maneira geral, melhores valores são verificados na tora 2, considerando-se que os melhores valores são aqueles que ficam mais próximos de se anularem.

Quadro 16 - Coeficiente de anisotropia em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	TORA	POSICÕES RADIAIS			MÉDIA
		CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	1	2,28	2,03	1,48	1,93
2	1	3,83	2,46	1,68	2,65
3	1	2,20	2,33	2,46	2,33
4	1	2,09	3,36	2,47	2,64
5	1	1,27	3,15	2,14	2,19
6	1	1,65	3,95	1,68	2,43
7	1	2,13	2,53	1,45	2,04
MÉDIA GERAL		2,21	2,83	1,91	2,32
1	2	1,61		1,68	1,65
2	2	1,47		2,02	1,75
3	2	1,67		1,69	1,68
4	2	2,37		1,98	2,17
5	2	1,33		1,76	1,55
6	2	2,14		1,52	1,83
7	2	1,38		1,53	1,46
MÉDIA GERAL		1,71		1,74	1,73

4.2.2.4 - Contração volumétrica parcial – (CVP)

A média de contração volumétrica parcial para os clones foi 7,49% (Quadro 17). Esses valores são inferiores ao registrado por LIMA (1996), (Quadro 27). O clone 4 e o clone 6,

apresentaram ambos, a maior contração volumétrica parcial e o clone 1 apresentou a menor, considerando-se os valores das duas toras. A análise de variância da contração volumétrica parcial entre clones e posições (Quadro 11) apresenta significância, ao nível de 1%, na tora 1 apenas para posição (pelo menos uma das posições difere das demais estatisticamente para contração volumétrica parcial), enquanto que na tora 2 a significância se deu para a interação clone × posição e o desdobramento dessa interação mostrou diferenças significativas da posição dentro dos clones 1 e 5. Na análise de variância da contração volumétrica parcial entre clones e toras, verifica-se que as diferenças encontradas entre as toras 1 e 2 são significativas estatisticamente ao nível de 1% (Quadro 13).

Na média geral das posições radiais, pode-se observar que na tora 1 a posição intermediária apresentou a maior contração volumétrica parcial e a menor contração foi observada na posição externa. Na tora 1 a posição intermediária teve uma contração média 1,12% maior com relação à posição central. A posição externa mostra um valor 18,58% menor com relação a posição intermediária. Na tora 2 a posição externa mostra uma contração volumétrica parcial 11,54% menor que a posição central. Na média das toras, o clone 6 foi o que apresentou a maior diferença entre as contrações da posição externa e central, enquanto o clone 7 apresentou a menor diferença entre esses pontos.

Analisando-se as posições radiais dos clones individualmente, pode-se verificar na tora 1, que nos clones 5 e 6, as menores contrações foram observadas na posição central e no clone 7, a posição externa apresentou o menor valor de contração volumétrica parcial. Na tora 2 apenas o clone 6 apresentou maior contração volumétrica parcial na posição externa.

Quadro 17 - Contração volumétrica parcial (%) em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	TORA	POSIÇÕES RADIAIS			MÉDIA
		CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	1	8,57	8,02	6,66	7,75
2	1	9,12	9,27	5,80	8,06
3	1	9,23	10,28	7,32	8,94
4	1	9,02	9,04	7,55	8,54
5	1	6,67	9,38	6,91	7,65
6	1	5,41	9,25	10,15	8,27
7	1	8,18	7,66	6,90	7,58
MÉDIA GERAL		8,03	8,99	7,32	8,11
1	2	7,75		5,06	6,41
2	2	8,48		6,43	7,46
3	2	7,04		5,05	6,05
4	2	7,27		6,94	7,11
5	2	6,71		6,51	6,61
6	2	6,68		8,08	7,38
7	2	7,03		6,99	7,01
MÉDIA GERAL		7,28		6,44	6,86

4.2.2.5 - Contração volumétrica total – (CVT)

A média de contração volumétrica total entre clones foi de 13,45% (Quadro 18), valor este, bem próximo ao registrado por MOURA (2000) trabalhando com clones híbridos coletados na mesma região onde se coletou o material para esse trabalho (Quadro 27). O clone 4 apresentou a maior contração volumétrica total e o clone 3 a menor entre os clones, considerando-se as duas toras. A análise de variância da contração volumétrica total entre clones e posições (Quadro 11), mostrou que houve significância ao nível de 1%, tanto na tora 1 quanto na tora 2 para a interação. Na tora 1 o desmembramento da interação mostrou que a contração volumétrica total apresentou diferenças significativas entre as posições para o clone 6 e na tora 2 essas diferenças foram significativas para os clones 1 e 6. A análise de variância da contração volumétrica total entre clones e toras (Quadro 13), mostra que a diferenças de contração volumétrica total entre toras é significativa estatisticamente ao nível de 1 %.

Considerando-se a média de contração volumétrica total nas posições radiais, pode-se observar que a posição central apresentou a maior contração volumétrica parcial e a posição

externa a menor na tora 1, enquanto na tora 2 os valores para essa característica foram menores na posição externa. Na tora 1 a posição intermediária apresentou uma contração volumétrica total 7,85% maior com relação à posição central. Na posição externa, pode-se notar uma diminuição de 8,03% com relação à posição intermediária e 0,81% com relação à posição central. Na tora 2 a posição externa teve uma contração volumétrica total 2,34% menor que a posição central. Na média das toras, o clone 6 apresentou a maior diferença entre a contração volumétrica total da posição externa e central, enquanto o clone 7 apresentou a menor diferença entre esses pontos. Analisando-se as posições radiais dos clones individualmente, pode-se verificar na tora 1, que nos clones 3, 5 e 7, as maiores contrações foram observadas na posição central e no clone 6, a posição externa apresentou o maior valor. Na tora 2 os clones 4, 6 e 7 apresentaram maior contração volumétrica total na posição externa.

Quadro 18 - Contração volumétrica total (%) em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	TORA	POSIÇÕES RADIAIS			MÉDIA
		CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	1	14,12	13,71	12,69	13,51
2	1	14,87	14,43	11,99	13,76
3	1	14,05	15,12	12,76	13,98
4	1	14,82	14,75	13,29	14,29
5	1	12,33	15,25	12,56	13,38
6	1	10,57	14,81	16,78	14,05
7	1	13,83	13,89	13,74	13,82
MÉDIA GERAL		13,51	14,57	13,40	13,83
1	2	13,44		11,30	12,37
2	2	14,57		12,70	13,64
3	2	12,39		10,61	11,50
4	2	13,30		14,04	13,67
5	2	13,45		12,62	13,04
6	2	12,17		15,09	13,63
7	2	13,26		14,07	13,67
MÉDIA GERAL		13,23		12,92	13,07

Observando-se os valores das características físicas encontrados para os clones, verifica-se que os valores médios das contrações não apresentam grandes variações

percentuais. Esses valores próximos encontrados nos clones estudados levam a crer que todos eles podem ser utilizados para produção de madeira serrada. Considerando-se as diferenças percentuais dos clones, pode-se destacar os clones 7, 4 e 3 por apresentarem menores diferenças entre as posições radiais estudadas (esses valores não diferem entre si estatisticamente). A menor variação desses clones entre suas contrações nas posições radiais da tora, mostra uma maior homogeneidade dos valores de contração, proporcionando após secagem, peças mais parecidas. Entre esses três clones, o clone 7 foi o que apresentou uma maior diferença percentual entre as posições radiais central e externa para densidade básica, o que pode ser explicado por este ser um clone que apresentou maiores diâmetros e por isso, ter maior representação do seu período juvenil ao longo do raio. Tal fato poderia também ter causado uma maior variação em suas contrações, no entanto sabe-se que a deposição de extrativos no processo de cernificação, pode diminuir as contrações, inicialmente na região mais próxima à medula, diminuindo assim os altos valores de contração nesses locais. Os três clones citados são os que apresentam melhores características físicas entre os clones estudados por apresentarem menor variação radial no tronco.

Com exceção da contração radial parcial, todas as contrações estudadas tiveram valores mais elevados na tora 1. Isso era esperado já que na tora 1 está presente a madeira formada durante os primeiros anos de crescimento da árvore, quando a árvore apresenta um crescimento muito acelerado, intensificando as diferenças das dimensões dos componentes anatômicos na posição radial, causando maiores diferenças de comportamento na madeira. Na formação da madeira de *Eucalyptus*, madeira juvenil é formada com os componentes anatômicos variando suas dimensões no sentido radial, sendo assim torna-se justificável o comportamento radial da densidade básica na tora.

Quadro 19 - Variação radial e longitudinal (%) das propriedades físicas na madeira de clones de *Eucalyptus* sp.

CARACTERÍSTICA	VARIAÇÃO RADIAL	VARIAÇÃO LONGITUDINAL
DENSIDADE BÁSICA	+ 11,42	+ 5,28
CONTRAÇÃO RADIAL PARCIAL	- 18,67	+ 6,21
CONTRAÇÃO TANGENCIAL PARCIAL	- 22,83	- 21,50
COEFICIENTE DE ANISOTROPIA	- 5,91	- 25,43
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA PARCIAL	- 10,19	- 15,41
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA TOTAL	- 1,58	- 5,50

Como pode ser observado no Quadro 19, a densidade básica apresentou maior variação na direção radial do que entre os dois pontos longitudinais estudados. Isso mostra que para utilização em serrarias, para que se possa ter peças mais homogêneas no momento da secagem, torna-se mais importante a seleção das peças no sentido radial da tora do que entre alturas diferentes na árvore.

Quanto às contrações lineares parciais, a contração radial apresentou uma diminuição da medula para a casca e um aumento na tora 2 com relação à tora 1 enquanto a contração tangencial diminuiu tanto da medula para a casca como da tora 1 para a tora 2.

O coeficiente de anisotropia diminuiu da medula para a casca e da tora 1 para a tora 2, sendo que na variação longitudinal os valores foram aproximadamente 5 vezes menores do que na variação radial. Isso mostra que da medula para a casca as diferenças entre contrações radiais e tangenciais são maiores do que entre toras. As peças retiradas da região mais interna do tronco têm maiores possibilidades de rachaduras e empenamentos.

Observando-se as contrações volumétricas parcial e total, nota-se que quando a madeira está na sua umidade de equilíbrio, suas contrações variam mais da medula para a casca e entre toras do que quando a madeira está totalmente seca. Em ambas contrações, a variação longitudinal é maior que a variação radial.

A Figura 5 mostra um aumento nas características de contração da madeira de *Eucalyptus* da posição central até a posição intermediária e depois um pequeno decréscimo

nessas contrações até a posição externa. Analisando-se a Figura 4 com a Figura 5, podemos observar que o comportamento das contrações acompanha o comportamento da densidade até a posição central e a partir daí as contrações diminuem enquanto a densidade básica continua crescendo.

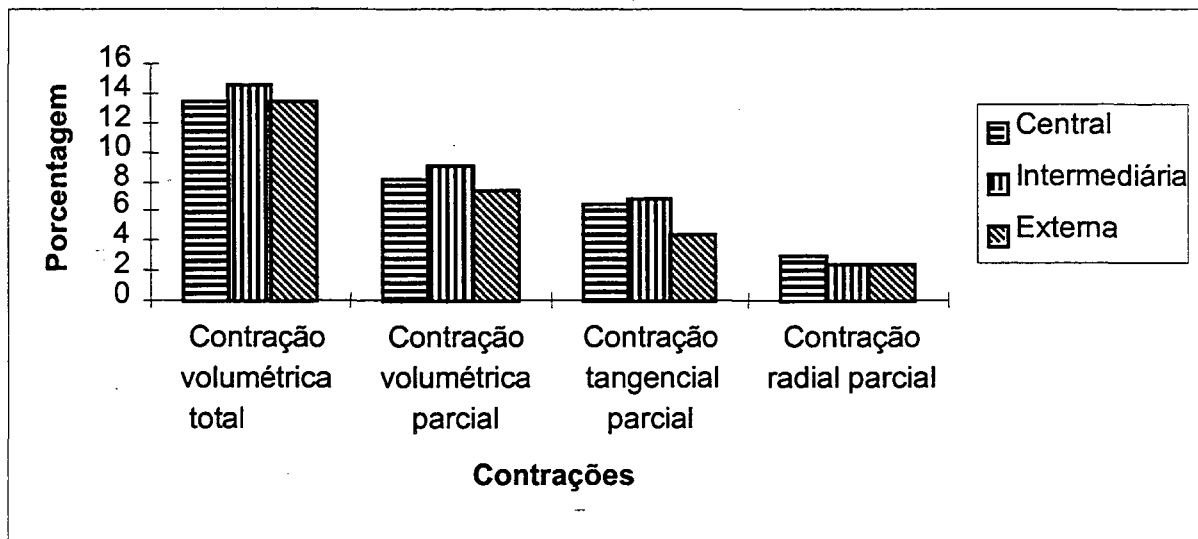


Figura 5 – Comportamento radial das contrações em posições radiais na madeira de *Eucalyptus* sp.

4.3 - Propriedades mecânicas

4.3.1 - Módulo de elasticidade em flexão estática (MOE_f)

A média de MOE_f foi 15044 MPa (Quadro 20). Esse resultado foi pouco maior que o registrado por Lima et al.(2000) em clones de *Eucalyptus* (Quadro 27). O clone 7 apresentou a média mais elevada para essa característica, enquanto as menores médias de MOE_f foram observadas no clone 5, considerando-se as duas toras. A análise de variância do MOE_f entre clones e posições (Quadro 21), mostrou que houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade, na tora 1 para posição radial e na tora 2 para a interação clone \times posição radial (pelo menos um dos clones apresenta MOE_f mais elevado em um determinado ponto e menor em outro com relação aos demais). Na tora 2 o desmembramento da interação mostrou que o

MOE_f apresentou diferenças significativas entre as posições radiais no clone 5, 6 e 7. A análise de variância do módulo de elasticidade em flexão entre clones e entre toras (Quadro 22), mostra que as diferenças de MOE_f entre toras é significativa estatisticamente ao nível de 1 %.

Quadro 20 - Módulo de elasticidade em flexão estática (MPa) em função da posição radial de amostragem no tronco amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	TORA	POSICÕES RADIAIS			MÉDIA
		CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	1	12622	14126	15647	14132
2	1	11124	12750	13706	12527
3	1	11094	13194	14981	13090
4	1	12055	12028	14465	12849
5	1	5762	8705	11836	8768
6	1	11948	13303	18175	14475
7	1	18702	18667	19612	18994
MÉDIA GERAL		11901	13253	15489	13548
1	2	15777		16720	16248
2	2	10439		16956	13697
3	2	14556		15915	15235
4	2	15682		16940	16311
5	2	17622		16171	16896
6	2	14970		20501	17735
7	2	18149		21190	19669
MÉDIA GERAL		15314		17770	16542

Considerando-se a média do MOE_f nas posições radiais (Quadro 20), pode-se observar que na tora 1 as resistências aumentam quanto mais externo o corpo-de-prova se encontra localizado na tora, enquanto na tora 2 o MOE_f foi maior na posição externa. Na tora 1 a posição intermediária apresentou um MOE_f 11,36% maior que a observada na posição central. Na posição externa, pode-se notar um aumento de 16,87% com relação à posição intermediária. Na tora 2 a posição externa teve um MOE_f 16,04% maior que a posição central.

O clone 6 na média das duas toras foi o que apresentou a maior diferença de MOE_f entre as posições central e externa enquanto o clone 7 foi o que apresentou as menores diferenças. Verificando-se as posições radiais em cada clone, pode-se notar que os clones 4 e

7 apresentaram MOE_f muito parecidos nas posições central e intermediária na tora 1. Na tora 2 apenas o clone 5 apresenta maior MOE_f na posição central.

Quadro 21 - Resumo das análises de variância das características mecânicas em função de clone, posição e da interação clone \times posição dos clones estudados.

TORA 1			TORA 2		
FLEXAO ESTATICA – MOE			FLEXAO ESTATICA – MOE		
FV	GL	QM	FV	GL	QM
CLONE	6	0,000000006272913**	CLONE	6	14645880**
POSIÇÃO	2	0,000000006398055**	P/C1	2	667173,899 NS
CLONE \times POSIÇÃO	12	3871406 NS	P/C2	2	1009949,2 NS
RESIDUO	35	2785417	P/C3	2	1385915,63 NS
			P/C4	2	1590177,88 NS
			P/C5	2	167130257**
			P/C6	2	22940880,5**
			P/C7	2	19832127,2**
			RESIDUO	40	1269398
FLEXAO ESTATICA – MOR			FLEXAO ESTATICA – MOR		
FV	GL	QM	FV	GL	QM
CLONE	6	974,1778**	CLONE	6	275,185**
POSIÇÃO	2	958,5643**	P/C1	2	292,300052**
CLONE \times POSIÇÃO	12	107,5982 NS	P/C2	2	7,97890667 NS
RESIDUO	35	100,2013	P/C3	2	27,9380083 NS
			P/C4	2	12,339735 NS
			P/C5	2	0,30400833 NS
			P/C6	2	792,837633**
			P/C7	2	873,301408**
			RESIDUO	40	48,42095 NS
COMPRESSAO PARALELA AS FIBRAS – MOE			COMPRESSAO PARALELA AS FIBRAS – MOE		
FV	GL	QM	FV	GL	QM
CLONE	6	7203288**	CLONE	6	4229131**
POSIÇÃO	2	0,000000001266671**	POSIÇÃO	1	8358844**
CLONE \times POSIÇÃO	12	603760,6 NS	CLONE \times POSIÇÃO	6	1876468 NS
RESIDUO	40	458587,6	RESIDUO	26	1029131
COMPRESSAO PARALELA AS FIBRAS – MOR			COMPRESSAO PARALELA AS FIBRAS – MOR		
FV	GL	QM	FV	GL	QM
CLONE	6	195,0666**	CLONE	6	84,011 NS
POSIÇÃO	2	524,1138**	P/C1	2	35,1234083 NS
CLONE \times POSIÇÃO	12	40,56791 NS	P/C2	2	85,386675 NS
RESIDUO	40	28,17601	P/C3	2	2,57613333 NS
			P/C4	2	45,981675 NS
			P/C5	2	14,329876 NS
			P/C6	2	84,8540083 NS
			P/C7	2	799,312826**
			RESIDUO	40	40,599925

** - Significativo ao nível de 1%

NS – Não significativo

4.3.2 - Módulo de ruptura (MOR_f)

O MOR_f médio entre os clones foi 94 MPa (Quadro 23). Esse valor é compatível com o verificado por Lima (2000) (Quadro 27). O clone que apresentou a maior média para essa característica foi o clone 7, enquanto os menores MOR_f foram os do clone 6, considerando-se as duas toras. A análise de variância do MOR_f entre clones e posições (Quadro 21), mostrou que houve significância ao nível de 1 %, na tora 1 para posição e na tora 2 para a interação clone \times posição. Na tora 2 o desmembramento da interação mostrou que o MOE em flexão apresentou diferenças significativas entre as posições no clone 1, 6 e 7. A análise de variância do MOR em flexão entre clones e toras (Quadro 22), mostra que as diferenças de MOR em flexão entre toras é significativa estatisticamente ao nível de 1%.

Na média de MOR_f nas posições radiais, pode-se observar que na tora 1 o MOR em flexão aumenta quanto mais afastado o corpo de prova se encontra da medula, enquanto na tora 2 o MOR_f foi maior na posição externa. Na tora 1 a posição intermediária apresentou um MOR_f 3,53% maior com relação à posição central. Na posição externa, pode-se notar um aumento de 10,23% com relação à posição intermediária. Na tora 2 a posição externa teve um MOR_f 14,13% maior que a posição central. O clone 6 na média das duas toras foi o que apresentou a maior diferença de MOR_f entre as posições central e externa e o clone 5 foi o que teve menores diferenças de MOR_f entre esses pontos. Quando se verifica as posições radiais individuais em cada clone, pode-se notar que os clones 4 e 5 apresentaram MOR_f maiores na posição central na tora 1 e na tora 2 todos os clones apresentaram maiores valores na posição externa.

Quadro 22 - Resumo das análises de variância das características mecânicas em função de clone, tora e da interação clone \times tora dos clones estudados.

FLEXÃO ESTÁTICA – MOE		
FV	GL	QM
CLONE	6	0,000000002607573**
TORA	1	0,000000009147542**
CLONE \times TORA	6	3823702 NS
RESÍDUO	28	2491277
FLEXÃO ESTÁTICA – MOR		
FV	GL	QM
CLONE	6	375,3874**
TORA	1	788,1649**
CLONE \times TORA	6	76,81583 NS
RESÍDUO	28	50,44705
COMPRESSÃO PARALELA AS FIBRAS – MOE		
FV	GL	QM
CLONE	6	4523430**
TORA	1	34,71126**
CLONE \times TORA	6	151455,7 NS
RESÍDUO	28	428527,7
COMPRESSÃO PARALELA AS FIBRAS – MOR		
FV	GL	QM
CLONE	6	97,42291**
TORA	1	158,3672 NS
CLONE \times TORA	6	14,45777 NS
RESÍDUO	28	24,92934

** - Significativo ao nível de 1%

NS – Não significativo

4.3.3 - Módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras (MOE_c)

A média de MOE_c entre os clones foi 7657 MPa (Quadro 24). Esses resultados são menores que os apresentados por CAIXETA (1999) (Quadro 27). O clone 7 apresentou a média mais elevada para essa característica, enquanto o menor MOE_c foi o clone 3, considerando-se as duas toras. A análise de variância do MOE_c entre clones e posições (Quadro 21), mostrou que houve significância ao nível de 1%, na tora 1 e na tora 2 para posição radial. A análise de variância do módulo de elasticidade em compressão paralela às

fibras entre clones e toras (Quadro 22), mostra que as diferenças de MOE em compressão paralela às fibras entre toras é significativa estatisticamente ao nível de 1%.

Quadro 23 - Módulo de ruptura (MPa) em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	TORA	POSICÕES RADIAIS			MÉDIA
		CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	1	79	92	101	91
2	1	82	92	95	90
3	1	71	78	88	79
4	1	96	77	89	87
5	1	102	88	101	97
6	1	61	77	95	78
7	1	103	110	112	108
MÉDIA GERAL		85	88	97	90
1	2	95		115	105
2	2	105		108	107
3	2	90		96	93
4	2	94		99	97
5	2	96		97	97
6	2	72		105	89
7	2	93		114	104
MÉDIA GERAL		92		105	99

Na média entre posições radiais pode-se observar que os MOE_c aumenta da posição central para a externa na tora 1 e na tora 2. A posição intermediária da tora 1 apresenta uma média geral de MOE_c 15,72% maior que a posição central. Na posição externa o MOE_c tem uma média geral 11,9% maior que na posição intermediária. Na tora 2 o MOE_c da posição externa é 10,76% maior que o da posição central. A maior diferença de MOE_c entre as posições central e externa, considerando-se as duas toras, foram verificadas no clone 6 e a menor diferença entre esses pontos, no clone 4. Quando se verifica as posições radiais individuais em cada clone, pode-se notar que os clones 4 e 5 apresentaram MOE_c menores na posição central na tora 1 e na tora 2 os clones 3 e 5 apresentaram maiores MOE_c na posição central.

Quadro 24 - Módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras (MPa) em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	TORA	Posições radiais			MÉDIA
		CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	1	6215	7473	8003	7230
2	1	6339	6905	7820	7021
3	1	6092	6540	7139	6590
4	1	7473	7300	7412	7395
5	1	6669	6533	7689	6964
6	1	5719	7169	8931	7273
7	1	8348	8833	9797	8993
MEDIA GERAL		6265	7250	8113	7352
1	2	6969		8250	7609
2	2	6754		7646	7200
3	2	7474		7046	7260
4	2	7805		8684	8244
5	2	8138		7669	7903
6	2	7789		9297	8543
7	2	7956		9984	8970
MEDIA GERAL		7555		8368	7961

4.3.4 - Resistência à compressão paralela às fibras (C)

A C média entre os clones foi 46,6 MPa (Quadro 25). Esses valores estão pouco abaixo que o apresentado por MOURA (2000) (Quadro 27). O clone 7 apresentou a média mais elevada para essa característica, enquanto o clone 3 apresentou menor C, considerando-se as duas toras. A análise de variância da resistência à compressão paralela às fibras entre clones e posições (Quadro 21), mostrou que houve significância ao nível de 1%, na tora 1 para posição e na tora 2 para a interação clone \times posição. No desdobramento da interação para a tora 2, verifica-se que no clone 7 as diferenças de resistência à compressão paralela às fibras entre as posições radiais são significativas estatisticamente ao nível de 1%. A análise de variância do módulo de ruptura em compressão paralela às fibras entre clones e toras (Quadro 22), mostra que as diferenças de resistência em compressão paralela às fibras entre toras não é significativa estatisticamente ao nível de 1 %.

Quadro 25 - Resistência à compressão paralela às fibras (MPa) em função da posição radial de amostragem no tronco, amostragem longitudinal (tora 1 e tora 2), média entre posições e média geral entre clones de *Eucalyptus* sp.

CLONE	TORA	POSIÇÕES RADIAIS			MÉDIA
		CENTRAL	INTERMEDIÁRIA	EXTERNA	
1	1	41	48	47	45
2	1	42	45	48	45
3	1	37	41	43	40
4	1	43	43	45	44
5	1	37	41	47	42
6	1	37	43	54	45
7	1	46	50	61	52
MÉDIA GERAL		40	44	49	45
1	2	48		55	51
2	2	39		49	44
3	2	46		46	46
4	2	47		54	50
5	2	52		46	49
6	2	46		57	51
7	2	34		60	47
MÉDIA GERAL		45		52	48

Na média entre posições radiais pode-se observar que a resistência à compressão paralela às fibras aumenta da posição central para a externa na tora 1 e na tora 2. A posição intermediária da tora 1 apresenta uma média 10% maior que a posição central. Na posição externa a média geral é 11,36% maior que na posição intermediária. Na tora 2 a resistência em compressão paralela às fibras da posição externa é 15,56% maior que o da posição central. A maior diferença de resistência em compressão paralela às fibras entre as posições central e externa, considerando-se as duas toras, foram verificadas no clone 7 e a menor diferença entre esses pontos no clone 3. Quando se verifica as diferenças nas posições radiais para cada clone, pode-se notar que o clone 4 apresenta a mesma média geral de resistência à compressão paralela às fibras na posição central e intermediária na tora 1 e na tora 2 o clone 3 tem a mesma média de C. O clone 5 apresenta maior C na posição central.

As características mecânicas dos sete clones apresentam valores médios inferiores aos apresentados por Moura (2000) para os híbridos em questão, no entanto, tais diferenças se devem, provavelmente a diferentes métodos de amostragem entre os dois trabalhos, sendo que

com menores corpos-de-prova proporcionaram um maior número de pontos amostrados na posição radial, a parte central da madeira passa a ser testada e assim causam uma diminuição na média das propriedades mecânicas. Os clones 7 e 6 se destacaram apresentando valores mais elevados quanto a resistência mecânica dos clones. Também pode-se verificar nesse trabalho que maiores valores médios de resistência mecânica são verificados na tora 2, devido principalmente, à menor quantidade de madeira juvenil presente nessa tora e conseqüentemente menor variação dos elementos anatômicos na direção radial.

Quadro 26 - Variação percentual das propriedades mecânicas na madeira de clones de *Eucalyptus* sp.

CARACTERÍSTICA	VARIAÇÃO RADIAL	VARIAÇÃO LONGITUDINAL
MÓDULO DE ELASTICIDADE EM FLEXÃO ESTÁTICA	23,09	22,1
MÓDULO DE RUPTURA EM FLEXÃO ESTÁTICA	14,13	10,0
MÓDULO DE ELASTICIDADE EM COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS	20,13	8,28
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS	19,03	6,67

O Quadro 26 mostra que para todos os testes mecânicos realizados, a variação radial é maior que a variação longitudinal em todas as características mecânicas, salientando assim a grande importância dessas variações radiais para o estudo das características mecânicas nessas madeiras.

A Figura 6 apresenta a tendência de aumento da resistência e da elasticidade das madeiras de *Eucalyptus* à medida em que se afastam da medula. Pode-se notar ainda que esta tendência coincide com aquela apresentada pela densidade básica (Figura 4), já antecipando a associação com a resistência da madeira.

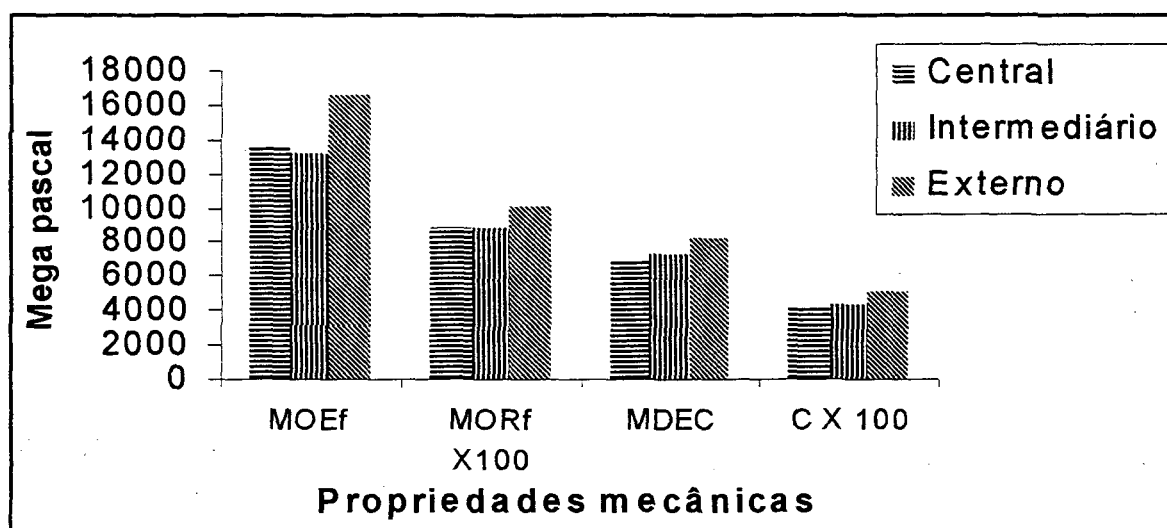


Figura 6 – Comportamento radial das propriedades mecânicas na madeira de *Eucalyptus* sp.

Quadro 27 - Comparação dos resultados com outros já registrados na literatura para o gênero *Eucalyptus*.

CARACTERÍSTICA	RESULTADOS	RESULTADOS DE LITERATURA	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA
CF - (mm)	1	1	BARRICHELO E NARIYOSHI (1984)
LF - (μm)	17,57	18.68	LIMA (1999)
EP - (μm)	4.42	3.8	LIMA (1999)
DV - (μm)	124	109	SHIMOYAMA (1990)
FV - (vasos/ mm^2)	14	14	SHIMOYAMA (1990)
DB - (g/cm^3)	0,505	0.531	SILVEIRA (1999)
CRP - (%)	2.66	3.26	LIMA (1996)
CTP - (%)	5.23	5.53	LIMA (1996)
CVP - (%)	7.49	9.09	LIMA (1996)
CVT - (%)	13.45	13.68	MOURA (2000)
MOE _F - (MPa)	15044	9754	LIMA (2000)
MOR _F - (MPa)	94	90	LIMA (2000)
MOE _C - (MPa)	7657	9972	CAIXETA (2000)
C - (MPa)	46.6	54.50	MOURA (2000)

4.4 - Correlações

O comprimento das fibras possui uma boa correlação com todos os constituintes anatômicos, exceto largura da fibra (Quadro 24). A maior correlação do comprimento de fibra se dá em uma relação inversa com a frequência de vasos. Além disso, o comprimento da fibra possui uma alta correlação positiva com diâmetro dos vasos e com espessura da parede. Entre todos os constituintes anatômicos da madeira, a largura das fibras apresentou as menores

correlações com os demais, sugerindo que a largura da fibra independe da sua localização radial na tora ou da idade cambial.

Entre características anatômicas e físicas uma correlação intermediária (em torno de 0,42) (Quadro 29) foi observada entre comprimento das fibras e densidade básica. Uma relação inversa de mesma magnitude pode ser observada entre frequência de vasos e densidade básica. Tais correlações surpreendem, pois alguns autores relacionam a densidade básica principalmente com a espessura da parede, que no presente trabalho resultou em menor correlação que o comprimento das fibras.

Quadro 28 - Coeficiente de correlação (R) entre as características anatômicas e o nível de significância a partir do qual esses valores de correlações deixam de ser significativos, verificados na tora 1 da madeira de clones de *Eucalyptus* sp.

CORRELAÇÃO	R	SIGNIFICANCIA
COMPRIMENTO DE FIBRAS × ESPESSURA DA PAREDE	0,605	0,000
COMPRIMENTO DE FIBRAS × LARGURA DA FIBRA	0,229	0,038
COMPRIMENTO DE FIBRAS × DIÂMETRO DOS VASOS	0,731	0,000
COMPRIMENTO DE FIBRAS × NÚMERO DE VASOS/mm ²	-0,802	0,000
ESPESSURA DA PAREDE × LARGURA DA FIBRA	0,357	0,002
ESPESSURA DA PAREDE × DIÂMETRO DOS VASOS	0,449	0,000
ESPESSURA DA PAREDE × NÚMERO DE VASOS/mm ²	-0,508	0,000
LARGURA DA FIBRA × DIÂMETRO DOS VASOS	0,323	0,005
LARGURA DA FIBRA × NÚMERO DE VASOS/mm ²	-0,174	0,089
DIÂMETRO DOS VASOS × NÚMERO DE VASOS/mm ²	-0,627	0,000

A contração tangencial parcial apresenta maior correlação com as características físicas e mecânicas (Quadro 30) que a contração radial parcial, tanto na tora 1 quanto na tora

A maior correlação entre as contrações e a densidade básica, foi observada na tora 2, porém essa correlação se apresenta com valores intermediários.

As características mecânicas apresentaram correlações bem mais significativas com as características anatômicas do que com as características físicas. Entre o comprimento das fibras e as características mecânicas nota-se correlações maiores, porém espessura da parede, diâmetro dos vasos e frequência de vasos também apresentaram boas correlações. Tanto para

flexão estática quanto para compressão paralela às fibras, o comprimento das fibras apresentou maiores correlações com o MOE. A espessura da parede apresentou maior correlação com o MOE_f , no entanto para compressão paralela às fibras essa correlação foi maior para o MOR, mostrando que a espessura da parede da fibra contribui para uma maior elasticidade em esforços normais à fibra e maior resistência mecânica em esforços paralelos à fibra. A correlação positiva existente entre o diâmetro dos vasos e a resistência mecânica pode ser explicada por um maior número de vasos em posições onde esses vasos apresentam menores diâmetros. À medida em que os vasos aumentam seus diâmetros na direção medula-casca, um menor número de vasos pode ser observado, isso pode ser comprovado com a boa correlação negativa existente entre essas duas características. A largura das fibras não apresentou correlações boas com as características físicas e nem com as características mecânicas.

As características mecânicas apresentam boas correlações com as características anatômicas, sendo que o MOE, tanto em flexão quanto em compressão apresentaram maiores correlações com o comprimento das fibras e a maior correlação com o MOR de flexão e compressão foi observada com a espessura da parede das fibras. Dentre as características físicas, a densidade foi a única que apresentou boas correlações com as características mecânicas.

Quadro 29 - Coeficiente de correlação verificados na tora 1 entre as propriedades físicas e características anatômicas da madeira de clones de *Eucalyptus* sp. e o nível de significância a partir do qual esses valores de correlações deixam de ser significativos.

CORRELAÇÃO	R	SIGNIFICANCIA
DENSIDADE BÁSICA × COMPRIMENTO DA FIBRA	0,426	0,000
DENSIDADE BÁSICA × ESPESSURA DA PAREDE	0,304	0,008
DENSIDADE BÁSICA × LARGURA DA FIBRA	0,164	0,102
DENSIDADE BÁSICA × DIÂMETRO DOS VASOS	0,190	0,070
DENSIDADE BÁSICA × NÚMERO DE VASOS/MM ²	-0,404	0,000
CONTRAÇÃO RADIAL PARCIAL × COMPRIMENTO DA FIBRA	-0,067	0,302
CONTRAÇÃO RADIAL PARCIAL × ESPESSURA DA PAREDE	0,022	0,431
CONTRAÇÃO RADIAL PARCIAL × LARGURA DA FIBRA	0,239	0,031
CONTRAÇÃO RADIAL PARCIAL × DIÂMETRO DOS VASOS	-0,054	0,337
CONTRAÇÃO RADIAL PARCIAL × NÚMERO DE VASOS/MM ²	0,031	0,404
CONTRAÇÃO RADIAL PARCIAL × DENSIDADE BÁSICA	-0,004	0,486
CONTRAÇÃO TANGENCIAL PARCIAL × COMPRIMENTO DA FIBRA	-0,252	0,024
CONTRAÇÃO TANGENCIAL PARCIAL × ESPESSURA DA PAREDE	-0,189	0,071
CONTRAÇÃO TANGENCIAL PARCIAL × LARGURA DA FIBRA	-0,200	0,060
CONTRAÇÃO TANGENCIAL PARCIAL × DIÂMETRO DOS VASOS	-0,231	0,036
CONTRAÇÃO TANGENCIAL PARCIAL × NÚMERO DE VASOS/MM ²	0,137	0,146
CONTRAÇÃO TANGENCIAL PARCIAL × DENSIDADE BÁSICA	-0,222	0,042
CONTRAÇÃO TANGENCIAL PARCIAL × CONTRAÇÃO RADIAL PARCIAL	0,230	0,036
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA PARCIAL × COMPRIMENTO DA FIBRA	-0,000	0,500
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA PARCIAL × ESPESSURA DA PAREDE	-0,074	0,283
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA PARCIAL × LARGURA DA FIBRA	-0,048	0,356
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA PARCIAL × DIÂMETRO DOS VASOS	-0,087	0,251
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA PARCIAL × NÚMERO DE VASOS/MM ²	-0,164	0,102
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA PARCIAL × DENSIDADE BÁSICA	-0,225	0,040
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA PARCIAL × CONTRAÇÃO RADIAL PARCIAL	0,426	0,000
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA PARCIAL × CONTRAÇÃO TANGENCIAL PARCIAL	0,580	0,000
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA TOTAL × COMPRIMENTO DA FIBRA	0,146	0,129
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA TOTAL × ESPESSURA DA PAREDE	0,025	0,423
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA TOTAL × LARGURA DA FIBRA	0,025	0,422
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA TOTAL × DIÂMETRO DOS VASOS	-0,005	0,484
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA TOTAL × NÚMERO DE VASOS/MM ²	-0,270	0,017
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA TOTAL × DENSIDADE BÁSICA	0,023	0,427
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA TOTAL × CONTRAÇÃO RADIAL PARCIAL	0,436	0,000
CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA TOTAL × CONTRAÇÃO TANGENCIAL PARCIAL	0,548	0,000

Quadro 30 - Coeficiente de correlação verificados na tora 1 entre as propriedades mecânicas, propriedades físicas (densidade básica (DB), contração radial parcial (CRP), contração tangencial parcial (CTP), contração volumétrica parcial (CVP), contração volumétrica total (CVT)) e características mecânicas (comprimento de fibra (CF), espessura da parede (EP), largura da fibra (LF), diâmetro dos vasos (DV) e número de vasos por milímetro quadrado (NV)) da madeira de clones de *Eucalyptus* sp e o nível de significância a partir do qual esses valores de correlações deixam de ser significativos.

CORRELAÇÃO	R	SIGNIFICANCIA	CORRELAÇÃO	SIGNIFICANCIA	
MOE _F × CF	0,738	0,000	MOE _C × CF	0,725	0,000
MOE _F × EP	0,524	0,000	MOE _C × EP	0,437	0,000
MOE _F × LF	0,283	0,017	MOE _C × LF	0,174	0,088
MOE _F × DV	0,665	0,000	MOE _C × DV	0,595	0,000
MOE _F × NV	-0,659	0,000	MOE _C × NV	-0,664	0,000
MOE _F × DB	0,482	0,000	MOE _C × DB	0,644	0,000
MOE _F × CRP	0,046	0,366	MOE _C × CRP	-0,049	0,351
MOE _F × CTP	-0,304	0,011	MOE _C × CTP	-0,320	0,005
MOE _F × CVP	-0,085	0,264	MOE _C × CVP	-0,013	0,459
MOE _F × CVT	0,048	0,361	MOE _C × CVT	0,179	0,083
MOR _F × CF	0,435	0,000	MOE _C × MOE _F	0,795	0,000
MOR _F × EP	0,332	0,006	MOE _C × MOR _F	0,739	0,000
MOR _F × LF	0,122	0,184	C × CF	0,643	0,000
MOR _F × DV	0,352	0,003	C × EP	0,474	0,000
MOR _F × NV	-0,389	0,001	C × LF	0,174	0,088
MOR _F × DB	0,598	0,000	C × DV	0,441	0,000
MOR _F × CRP	-0,036	0,395	C × NV	-0,557	0,000
MOR _F × CTP	-0,409	0,000	C × DB	0,663	0,000
MOR _F × CVP	-0,161	0,117	C × CRP	-0,117	0,184
MOR _F × CVT	-0,024	0,428	C × CTP	-0,204	0,057
MOR _F × MOE _F	0,620	0,000	C × CVP	0,051	0,345
			C × CVT	0,248	0,026
			C × MOE _F	0,670	0,000
			C × MOR _F	0,661	0,000
			C × MOE _C	0,841	0,000

Entre as características físicas apenas a densidade básica apresenta correlações consideráveis com as características mecânicas, sendo que na tora 1 as correlações são maiores para o MOR e na tora 2 para MOE.

Todas as características mecânicas se correlacionam bem entre si, sendo que a maior correlação pode ser observada entre o MOE em compressão paralela e o MOR em compressão paralela.

Os resultados apresentados nesse trabalho só podem ser considerados como indicadores da qualidade por serem obtidos através de amostragem destrutiva da madeira, não levando em consideração a presença de defeitos na madeira, como nós, bolsas de quino, etc.

Quadro 31 - Coeficiente de correlação verificados na tora 2 entre as propriedades físicas e mecânicas da madeira de clones de *Eucalyptus* sp e o nível de significância a partir do qual esses valores de correlações deixam de ser significativos.

CORRELAÇÃO	R	SIGNIFICANCIA
DB × MOE _F	0,729	0,000
DB × MOR _F	0,639	0,000
DB × MOE _C	0,567	0,000
DB × C	0,407	0,004
CRP × MOE _F	0,292	0,041
CRP × MOR _F	-0,122	0,237
CRP × MOE _C	0,070	0,333
CRP × C	-0,150	0,177
CRP × DB	0,434	0,002
CTP × MOE _F	0,145	0,199
CTP × MOR _F	-0,211	0,107
CTP × MOE _C	0,121	0,227
CTP × C	0,015	0,461
CTP × DB	0,059	0,357
CTP × CRP	0,413	0,004
CVP × MOE _F	0,122	0,239
CVP × MOR _F	-0,095	0,289
CVP × MOE _C	-0,079	0,313
CVP × C	-0,186	0,124
CVP × DB	0,201	0,106
CVP × CRP	0,549	0,000
CVP × CTP	0,712	0,000
CVT × MOE _F	0,422	0,005
CVT × MOR _F	0,142	0,203
CVT × MOE _C	0,194	0,114
CVT × C	-0,010	0,475
CVT × DB	0,535	0,000
CVT × CRP	0,627	0,000
CVT × CTP	0,620	0,000
CVT × CVP	0,864	0,000
MOE _F × MOR _F	0,681	0,000
MOE _F × MOE _C	0,819	0,000
MOE _F × C	0,740	0,000
MOR _F × MOE _C	0,579	0,000
MOR _F × C	0,738	0,000
MOE _C × C	0,868	0,000

5 - CONCLUSÕES

Para as madeiras de sete clones de *Eucalyptus* plantados experimentalmente na região de Vazante (MG) pôde-se concluir que:

- 1 - Todos os valores encontrados para as características anatômicas, propriedades físicas e mecânicas, em média, foram compatíveis com aqueles já relatados na literatura.
- 2 - As dimensões dos componentes anatômicos, aumentaram da medula para a casca, com exceção da largura da fibra.
- 3 - As variações das propriedades físicas e mecânicas foram maiores da medula para a casca do que entre as duas alturas estudadas (tora 1 e tora 2).
- 4 - As características mecânicas apresentaram maior correlação com o comprimento de fibra e com o número de vasos/mm² entre as características anatômicas e com a densidade básica entre as características físicas. A densidade básica apresentou maior correlação com o comprimento de fibra do que com a espessura da parede.
- 5 - De acordo com os resultados obtidos, todos os sete clones estudados, possuem características para obtenção de produtos de madeira sólida, sendo que o clone 1 se destaca entre os demais.

6 - RECOMENDAÇÕES

Os resultados encontrados sugerem que o desdobro tangencial pode não representar a melhor forma de desdobrar toras, já que nesse método a variação radial da madeira é desconsiderada, possibilitando o aparecimento de distorções na qualidade da madeira em uma mesma peça. Objetivando uma maior homogeneidade dentro das peças, deve-se utilizar o desdobro simétrico, no qual a posição das peças no tronco é mais respeitada. Além disso, pode-se observar pelos resultados apresentados, que a madeira externa do tronco apresenta qualidade superior com relação à madeira mais interna do tronco, sendo assim, boa parte dessa madeira é descartada em forma de costaneiras. Na produção de móveis, deseja-se que o mesmo seja leve e de boa resistência, devendo-se então, levar em consideração a densidade e a resistência mecânica dessas madeiras.

Após o desdobro, no momento da secagem da madeira, é interessante que se tenha uma maior homogeneidade da madeira nos lotes para que se possa aumentar a eficiência dos programas de secagem, conseguindo assim, uma racionalização da energia necessária para a secagem e ainda melhores resultados considerando-se a qualidade da secagem e do produto final.

A caracterização das madeiras dos clones, mostra algumas utilizações possíveis para os mesmos. Considerando-se a sua utilização como madeira serrada, pode-se dizer que todos os sete clones podem ser utilizados para serraria, por apresentarem valores aproximados em todas as características estudadas, no entanto entre esses clones pode-se obter madeira de melhor qualidade para serraria, utilizando-se dos valores das contrações (principalmente o coeficiente de anisotropia) e da resistência mecânica como referencial, sendo que o clone 1 é o mais indicado para se conseguir melhor qualidade da madeira para serrarias.

A densidade básica desses clones não apresenta valores que indiquem essas madeiras para a produção de carvão vegetal e de madeiras tratadas, no entanto tais aplicações são possíveis. Optando-se por carvão vegetal, a madeira com melhor qualidade é daqueles clones que possuem maior densidade básica (clones 7 e 2). Se a opção for para madeira tratada, além da utilização de madeiras mais densas, maior número de vasos por milímetro quadrado e maiores diâmetros desses vasos são características desejáveis para esse uso (clones 3, 6 e 7)

Quanto a utilização como peças estruturais, os melhores clones são aqueles que apresentam maiores resistências mecânicas (clones 7 e 2), devendo-se considerar o sentido do esforço na peça.

Finalmente, pôde-se deduzir que, baseando-se em pequenas amostras de madeira livres de defeitos, os sete clones de *Eucalyptus* têm potencial para serem utilizados em condições similares à de tradicionais madeiras tropicais brasileiras.

Seria de grande valia que estudos relacionados com as perdas de rendimento devido a secagem e perda de rendimento na serraria fossem executados para que se pudesse aumentar os conhecimentos com relação aos clones estudados nesse trabalho. Além disso, o desenvolvimento de programas específicos de secagem podem contribuir para a melhor utilização dessa madeira e com isso, melhorar a qualidade do produto final.

As características mecânicas foram medidas em amostras pequenas. Tal fato ajuda na eliminação dos defeitos das peças, no entanto, testes deveriam ser feitos, utilizando-se de peças maiores representando melhor as peças estruturais.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT.1997.NBR 7190 - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de Estruturas de Madeiras**. Comissão de Estudo de Estruturas de Madeiras. Rio de Janeiro, Brasil.107p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1997. **Annual book of ASTM**. Denvers, 1997. 679p. D 143 – 94. Standards methods of testing small, clear specimens of timber, p.23-53.
- BARRICHELO, L.E.G. & NARIYOSHI, A.H. Variação das características da madeira de eucalipto para diferentes espécies, idades e locais. **Congresso anual da ABCP**, São Paulo, 1984. P. 385-99.
- BURGER, L. M., RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991, p. 154.
- CAIXETA, R.P. **Propriedades da madeira de *Eucalyptus*: Classificação e seleção de genótipos utilizando marcador molecular e análise multivariada**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000.63P. (Dissertação de Mestrado em Produção Florestal).
- DOWNES, G.M.; HUDSON, I.L.; RAYMOND, C.A.; DEAN, G.H.; MICHELL, A.J.; SCHIMLECK, L.R.; EVANS, R.; MUNERI, A. Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties. **CSIRO PUBLISHING**. Collingwood, Austrália. 132p. 1997.
- FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11,12,13,14 e 16 anos. **IPEF**, Piracicaba, v. , p.65-89, 1972.
- FOELKEL, C.E.B. Madeira do eucalipto: Da floresta ao digestor. In. CONGRESSO ANUAL DA ABCP. São Paulo, 1978. **Boletim informativo IPEF**. Piracicaba, 6(20): E1-E25, 1978.
- KININMONTH, J. A. & WHITEHOUSE, L. J. **Properties and uses of New Zealand radiata pine**. Vol. 1 - Wood Properties. , New Zealand: Forest Research Institute, 1991.
- LIMA, J.T. **Clonal variation in the solid wood properties of *Eucalyptus***. Bangor; University of Wales, 1999. 276p. (Tese - Doutorado em Ciência e Tecnologia da madeira).
- LIMA, J.T, BREESE M.C, CAHALAN C.M. **Variation in wood density and mechanical properties in *Eucalyptus* clones**.The future of *Eucalyptus* for wood products. **Proceedings of an IUFRO Conference**, March 19 to 24, 2000, Launceston, Tasmania, Austrália.
- LIMA, T.G. **Variações nos sentidos radial e longitudinal de algumas características das madeiras de *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Eucalyptus pilularis* Sm**. Viçosa: UFV, 1996. 106p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal).
- MALAN F.S. Relationships between growth stress and some tree characteristics in South African grow *Eucalyptus grandis*. *South African Forestry Journal* 144p, 43-46.1988.
- MIDGLEY, S.J.; ELDRIDGE, K.G.; DORAN, J.C. Genetic resources of *Eucalyptus camaldulensis*. *Commonwealth Forestry Review*, 68 (4): 295-308, 1989.
- MONTAGNA, R. G.; KRONKA, F. J. N.; MAINIERI, C. ET AL. Estudo sobre o crescimento e a densidade da madeira de *Pinus elliottii* ENGELM. var. elliottii em função do espaçamento. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v.8, p.33-52, 1973.
- MOURA, M. C. O. **Variações em características de crescimento e da madeira em clones de *Eucalyptus***. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000.63P. (Dissertação de Mestrado em Produção Florestal).

- OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para construção civil**. São Paulo: Escola Politécnica/USP, 1997. 2v. (Tese - Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana).
- OLIVEIRA, J. T. S. **Problemas e oportunidades com a utilização da madeira de eucalipto**. Workshop Técnicas de Abate, Processamento e Utilização da Madeira de Eucalipto (1999:Viçosa MG). Anais.../ Editores José Gabriel de Lelles, José de Castro Silva, Ana Márcia M. L. Carvalho. Viçosa MG: UFV;DEF; SIF; IEF, 1999. 72P.:il.
- OLIVEIRA, L. M. **Teoria de amostragem**. Viçosa, UFV, 1976.109 p.
- PANHIN, A.I.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 722p.
- ROSADO, S.C.S. **Avaliação da densidade básica da madeira com um novo aparelho e correlações entre caracteres, em diferentes idades, em *Eucalyptus* spp.** Viçosa: UFV, 1982. 79p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal)
- SHIMOYAMA, V.R.S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp.** Piracicaba, SP, ESALQ, 1990. 93P. (Tese de mestrado).
- SKAAR, C. **Water in wood**. Syracuse. Syracuse University Press, 1972. 218p.
- SILVEIRA, V. **Comportamento de clones de *Eucalyptus* em diversos ambientes definidos pela qualidade de sítio e espaçamento**. Lavras: UFLA, 1999.124p (Dissertação - Mestrado em produção florestal).
- TOMAZELLO FILHO, M. **Variação radial dos constituintes anatômicos e da densidade básica da madeira de oito espécies de eucalipto**: Piracicaba, 1983, 102p.
- TSOUMIS, George. **Science and technology of wood**. Nova York: Chapman & Hall, 1991. 494p.
- VITAL, B.R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1984. 21p (Boletim Técnico, I).
- ZOBEL, B.J.; JETT, J.B. **Genetics of wood production**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 337p.

8 - ANEXOS

Quadro 1 – Características anatômicas da madeira de clones de *Eucalyptus* sp, em função de diferentes posições radiais {Central (C), Intermediária (I), Externa (E)}.

CLONE	COMPRIMENTO DE FIBRA (mm)			ESPESSURA DA PAREDE (μm)			LARGURA DA FIBRA (μm)			DIÂMETRO DO VASO (μm)			FREQUÊNCIA DE VASOS (número de vasos/ mm^2)		
	POSIÇÃO RADIAL			POSIÇÃO RADIAL			POSIÇÃO RADIAL			POSIÇÃO RADIAL			POSIÇÃO RADIAL		
	C	I	E	C	I	E	C	I	E	C	I	E	C	I	E
1	0,93	1,07	1,15	4,48	4,69	5,06	17,58	17,37	17,60	99	125	139	13	10	10
2	0,85	0,90	0,93	4,36	4,62	4,44	16,19	17,35	16,13	99	114	115	18	16	17
3	0,89	0,97	1,01	4,37	4,46	4,59	18,13	18,28	17,78	116	134	139	17	15	14
4	0,90	0,99	1,07	4,14	4,14	4,46	16,78	17,59	17,69	99	120	126	17	14	12
5	0,80	0,87	1,00	3,76	3,85	3,88	15,82	16,13	15,94	104	102	116	22	14	14
6	0,93	1,09	1,25	4,26	4,16	4,92	18,07	19,18	21,12	106	135	160	19	13	10
7	1,09	1,12	1,17	4,79	4,56	4,78	17,30	18,53	18,40	136	156	154	12	10	10

Quadro 2 - Propriedades físicas da madeira de clones de *Eucalyptus sp*, em função de diferentes posições radiais {Central (C), Intermediário (I), Externo (E)} e longitudinais (tora 1- base e tora 2 - altura comercial de 7,5 metros).

CLONE		DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)			CONTRAÇÃO RADIAL PARCIAL (%)			CONTRAÇÃO TANGENCIAL PARCIAL (%)			CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA PARCIAL (%)			CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA TOTAL (%)		
		POSIÇÃO RADIAL			POSIÇÃO RADIAL			POSIÇÃO RADIAL			POSIÇÃO RADIAL			POSIÇÃO RADIAL		
		C	I	E	C	I	E	C	I	E	C	I	E	C	I	E
1	TORA 1	0,463	0,515	0,532	2,92	2,58	2,39	6,67	5,23	3,55	8,57	8,02	6,66	14,12	13,71	12,69
	TORA 2	0,500		0,512	2,88		1,98	4,64		3,33	7,75		5,06	13,44		11,30
2	TORA 1	0,509	0,473	0,526	2,88	2,55	1,99	11,04	6,27	3,35	9,12	9,27	5,80	14,87	14,43	11,99
	TORA 2	0,551		0,522	3,45		2,01	5,06		4,07	8,48		6,43	14,57		12,70
3	TORA 1	0,414	0,429	0,468	3,09	2,99	2,18	6,80	6,98	5,37	9,23	10,28	7,32	14,05	15,12	12,76
	TORA 2	0,467		0,480	2,67		1,98	4,46		3,35	7,04		5,05	12,39		10,61
4	TORA 1	0,487	0,473	0,498	3,03	2,11	2,18	6,33	7,09	5,38	9,02	9,04	7,55	14,82	14,75	13,29
	TORA 2	0,486		0,546	2,19		2,48	5,19		4,92	7,27		6,94	13,30		14,04
5	TORA 1	0,460	0,511	0,542	3,43	2,14	1,87	4,34	6,74	4,00	6,67	9,38	6,91	12,33	15,25	12,56
	TORA 2	0,510		0,517	4,22		2,34	5,62		4,12	6,71		6,51	13,45		12,62
6	TORA 1	0,412	0,445	0,544	2,33	2,19	3,33	3,85	8,64	5,58	5,41	9,25	10,15	10,57	14,81	16,78
	TORA 2	0,459		0,543	2,50		3,08	5,36		4,69	6,68		8,08	12,17		15,09
7	TORA 1	0,455	0,539	0,632	2,60	2,43	2,82	5,55	6,15	4,09	8,18	7,66	6,90	13,83	13,89	13,74
	TORA 2	0,546		0,607	3,35		3,20	4,62		4,91	7,03		6,99	13,26		14,07

Quadro 3 – Propriedades mecânicas da madeira de clones de *Eucalyptus* sp, em função de diferentes posições radiais {Central (C), Intermediário (I), Externo (E)} e longitudinais (tora 1- base e tora 2 - altura comercial de 7,5 metros).

CLONE		FLEXÃO ESTÁTICA (MPa)						COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS (MPa)					
		MOE			MOR			MOE			C		
		POSIÇÃO RADIAL			POSIÇÃO RADIAL			POSIÇÃO RADIAL			POSIÇÃO RADIAL		
		C	I	E	C	I	E	C	I	E	C	I	E
1	TORA 1	12622	14126	15647	79	92	101	6215	7473	8003	41	48	47
	TORA 2	15777		16720	95		115	6969		8250	48		55
2	TORA 1	11124	12750	13706	82	92	95	6339	6905	7820	42	45	48
	TORA 2	10439		16956	105		108	6754		7646	39		49
3	TORA 1	11094	13194	14981	71	78	88	6092	6540	7139	37	41	43
	TORA 2	14556		15915	90		96	7474		7046	46		46
4	TORA 1	12055	12028	14465	96	77	89	7473	7300	7412	43	43	45
	TORA 2	15682		16940	94		99	7805		8684	47		54
5	TORA 1	5762	8705	11836	102	88	101	6669	6533	7689	37	41	47
	TORA 2	17622		16171	96		97	8138		7669	52		46
6	TORA 1	11948	13303	18175	61	77	95	5719	7169	8931	37	43	54
	TORA 2	14970		20501	72		105	7789		9297	46		57
7	TORA 1	18702	18667	19612	103	110	112	8348	8833	9797	46	50	61
	TORA 2	18149		21190	93		114	7956		9984	34		60