

**CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE ÁRVORES DE CLONES
DE *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* E *E. grandis x urophylla***

SANDRA BIBIANA ARANGO ALZATE

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de Doutor
em Recursos Florestais, Área de concentração:
Tecnologia de Produtos Florestais.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Setembro - 2004

CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE ÁRVORES DE CLONES
DE *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* E *E. grandis* x *urophylla*

SANDRA BIBIANA ARANGO ALZATE

Engenheira Florestal

Orientador: Prof. Dr. **MÁRIO TOMAZELLO FILHO**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Recursos Florestais, Área de concentração: Tecnologia de Produtos Florestais.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Setembro - 2004

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Arango Alzate, Sandra Bibiana

Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*
e *E. grandis x urophylla* / Sandra Bibiana Arango Alzate. - - Piracicaba, 2004.
133 p. : il.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.
Bibliografia.

1. Anatomia vegetal 2. Clone 3. Dendrometria 4. Eucalipto 5. Hibridação vegetal
6. Madeira I. Título

CDD 634.9734

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedico

*Aos meus pais, Fernando e Rocio que me ensinaram o
valor da vida com honradez e dignidade,
À minha irmã Tati e Antonio, meus grandes conselheiros,
À minha irmã Luisa e a minha avô Gabriela.*

AGRADECIMENTOS

Ao Dr Mario Tomazello Filho, pela sua amizade, orientação e dedicação no desenvolvimento da presente pesquisa,

Aos Drs. Adriano Ballarin, Cláudio Lisi, Sônia de Stefano, Tarcísio Oliveira e João Peres Chimelo, pelas sugestões apresentadas na presente Tese de Doutorado,

À Técnica Maria Aparecida R. Bermúdez por toda a força, ajuda e grande carinho recebidos nestes anos,

Ao Dr. Gustavo Maia Souza pela colaboração na realização das análises de componentes principais,

À minha família, pelo apoio, carinho e estímulo contínuo que fizeram possível estar hoje aqui,

Aos colegas do laboratório (Cláudio Lisi, Roger Moya, Jean e Márcio) por toda a ajuda e compreensão durante a realização da Tese,

À Ludmila, Paulis, Débora, Bigeli, Neto, Tati, Carol, Ana Luisa, Davys, Paulino, Cesão, Amanda, João, Nilson, Vandy e Paty pela amizade e companhia nos momentos de felicidade e tristeza,

À Cia. Suzano de Celulose e Papel, pela cessão das amostras de madeira dos clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*,

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de Mestrado e À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa e apoio financeiro no doutorado,

À ESALQ/USP (Piracicaba) e ao Departamento de Ciências Florestais e toda à equipe de secretários e assistentes de Departamento pela colaboração nos serviços prestados em todos os momentos,

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização desta Tese.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 O gênero <i>Eucalyptus</i>	3
2.1.1 O <i>Eucalyptus grandis</i>	3
2.1.2 O <i>Eucalyptus saligna</i>	4
2.1.3 O <i>Eucalyptus grandis x urophylla</i>	4
2.2 Alguns aspectos dendrométricos do gênero <i>Eucalyptus</i>	5
2.2.1 Teores de casca, cerne e alburno de árvores de <i>Eucalyptus</i>	7
2.3 Estrutura anatômica da madeira e suas variações em árvores de eucaliptos.....	8
2.3.1 Estrutura anatômica da madeira.....	8
2.3.2 Variações da estrutura anatômica da madeira.....	9
2.4 A densidade básica da madeira e suas variações em árvores de eucaliptos.....	12
2.4.1 A densidade básica da madeira.....	12
2.4.2 Variações da densidade básica da madeira.....	13
2.5 A densidade da madeira por densitometria de raios X.....	16
2.6 Silvicultura clonal intensiva.....	18

3	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1	Caracterização do local e do experimento.....	21
3.2	Espécies e híbrido.....	21
3.3	Seleção dos clones.....	21
3.4	Coleta das amostras do lenho.....	22
3.5	Preparo das amostras do lenho.....	22
3.6	Determinação do teor de casca, cerne e alburno.....	22
3.7	Determinação da densidade básica do lenho.....	23
3.8	Caracterização da estrutura anatômica microscópica do lenho.....	23
3.9	Variação radial da madeira.....	24
3.9.1	Variação radial das dimensões das fibras.....	24
3.9.2	Variação radial da densidade da madeira por densitometria de raios X.	24
3.10	Análise multivariada por componentes principais (PCA).....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1	Teores de casca, cerne e alburno do tronco dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	27
4.1.1	Teores de casca, cerne e alburno nas diferentes porcentagens da altura do tronco dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i>	27
4.1.2	Teores de casca, cerne e alburno nas diferentes porcentagens da altura do tronco dos clones de <i>Eucalyptus saligna</i>	32
4.1.3	Teores de casca, cerne e alburno nas diferentes porcentagens da altura do tronco dos clones de <i>Eucalyptus grandis x urophylla</i>	36
4.1.4	Teores médios de casca, cerne e alburno do tronco dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	40
4.2	Densidade básica da madeira dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	43
4.2.1	Densidade básica da madeira nas porcentagens da altura do tronco dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	43

4.2.2	Densidade básica média da madeira dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	50
4.3	Anatomia da madeira dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	50
4.3.1	Estrutura anatômica da madeira dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i>	50
4.3.2	Estrutura anatômica da madeira dos clones de <i>Eucalyptus saligna</i>	53
4.3.3	Estrutura anatômica da madeira dos clones de <i>Eucalyptus grandis x urophylla</i>	55
4.4	Variação radial da madeira dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	58
4.4.1	Variação radial das dimensões das fibras dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	58
4.4.1.1	Variação radial das dimensões das fibras dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i>	58
4.4.1.2	Variação radial das dimensões das fibras dos clones de <i>Eucalyptus saligna</i>	62
4.4.1.3	Variação radial das dimensões das fibras dos clones de <i>Eucalyptus grandis x urophylla</i>	66
4.4.2	Dimensões médias das fibras da madeira dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	70
4.4.3	Variação radial da densidade por densitometria de raios X e Índice de Uniformidade da madeira dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	73
4.4.3.1	Variação radial da densidade por densitometria de raios X e Índice de uniformidade da madeira dos clones de <i>E. grandis</i>	73
4.4.3.2	Variação radial da densidade por densitometria de raios X e Índice de uniformidade da madeira dos clones de <i>E. saligna</i>	80
4.4.3.3	Variação radial da densidade por densitometria de raios X e Índice de uniformidade da madeira dos clones de <i>E. grandis x urophylla</i>	86

4.4.3.4	Densidade aparente média e Índice de Uniformidade da madeira dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	92
4.5	Análise multivariada dos componentes principais (PCA).....	95
4.6	Usos potenciais da madeira dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	98
5	CONCLUSÕES.....	101
	ANEXOS.....	103
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122

LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Componentes do tronco (%) dos clones de <i>E. grandis</i> (a) casca, (b) cerne, (c) alburno.....	30
2	Componentes do tronco (%) dos clones de <i>E. saligna</i> (a) casca, (b) cerne, (c) alburno.....	34
3	Componentes do tronco (%) dos clones de <i>E. grandis x urophylla</i> (a) casca, (b) cerne, (c) alburno.....	38
4	Densidade básica da madeira nas porcentagens da altura do tronco dos clones (a) <i>E. grandis</i> , (b) <i>E. saligna</i> , (c) <i>E. grandis x urophylla</i>	47
5	<i>Eucalyptus grandis</i> – (a) seção transversal (10x), (b) seção transversal (50x), (c) seção longitudinal tangencial (50x) e (d) seção longitudinal radial (50x). Escala de barra ____10x = 1mm; 50x = 250µm.....	52
6	<i>Eucalyptus saligna</i> – (a) seção transversal (10x), (b) seção transversal (50x), (c) seção longitudinal tangencial (50x) e (d) seção longitudinal radial (50x). Escala de barra ____10x = 1mm; 50x = 250µm.....	54
7	<i>Eucalyptus grandis x urophylla</i> – (a) seção transversal (10x), (b) seção transversal (50x), (c) seção longitudinal tangencial (50x) e (d) seção longitudinal radial (50x). Escala de barra ____10x = 1mm; 50x = 250µm.....	57

8	Variação radial das dimensões (μm) das fibras dos clones de <i>E. grandis</i> (a) comprimento, (b) largura, (c) diâmetro do lume, (d) espessura.....	60
9	Variação radial das dimensões (μm) das fibras dos clones de <i>E. saligna</i> (a) comprimento, (b) largura, (c) diâmetro do lume, (d) espessura.....	64
10	Variação radial das dimensões (μm) das fibras dos clones de <i>E. grandis x urophylla</i> (a) comprimento, (b) largura, (c) diâmetro do lume, (d) espessura.....	68
11	Variação radial da densidade aparente da madeira das árvores dos clones de <i>E. grandis</i> (a) clone 19, (b) clone 21, (c) clone 27, (d) clone 28 e (e) clone 31.....	75
12	Distribuição das classes de densidade aparente da madeira dos clones de <i>E. grandis</i>	79
13	Variação radial da densidade aparente da madeira das árvores dos clones de <i>E. saligna</i> (a) clone 2, (b) clone 3, (c) clone 4, (d) clone 12 e (e) clone 13.....	81
14	Distribuição das classes de densidade aparente da madeira dos clones de <i>E. saligna</i>	85
15	Variação radial da densidade aparente da madeira das árvores dos clones de <i>E. grandis x urophylla</i> (a) clone 9, (b) clone 11, (c) clone 15, (d) clone 24 e (e) clone 26.....	87
16	Distribuição das classes de densidade aparente da madeira dos clones de <i>E. grandis x urophylla</i>	91
17	Distribuição da densidade aparente média da madeira de <i>E. grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	94
18	Distribuição da densidade aparente média da madeira dos clones de <i>E. grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	94
19	Análise por componentes principais dos clones de <i>E. grandis</i> (Sp3), <i>E. saligna</i> (Sp1) e <i>E. grandis x urophylla</i> (Sp2).....	97

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Equações de regressão polinomial e coeficiente de determinação em função da altura (x), para os teores de casca, cerne e alburno dos clones de <i>E. grandis</i>	28
2 Teores médios de casca, cerne e alburno nas diferentes percentagens da altura do tronco dos clones de <i>E. grandis</i>	31
3 Equações de regressão polinomial e coeficiente de determinação em função da altura (x), para os teores de casca, cerne e alburno dos clones de <i>E. saligna</i>	33
4 Teores médios de casca, cerne e alburno nas diferentes percentagens da altura do tronco dos clones de <i>E. saligna</i>	35
5 Equações de regressão polinomial e coeficiente de determinação em função da altura (x), para os teores de casca, cerne e alburno dos clones de <i>E. grandis x urophylla</i>	37
6 Teores médios de casca, cerne e alburno nas diferentes percentagens da altura do tronco dos clones de <i>E. grandis x urophylla</i>	39
7 Teores médios dos componentes do tronco dos clones das 2 espécies e híbrido e estatísticas descritivas.....	42
8 Equações de regressão polinomial e coeficiente de determinação em função da altura do tronco (x), para a densidade básica da madeira (y) dos clones das 2 espécies e híbrido de <i>Eucalyptus</i>	46

9	Densidade básica média da madeira das 2 espécies e híbrido de eucalipto nas diferentes porcentagens de altura do tronco.....	48
10	Densidade básica da madeira e estatísticas descritivas dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	49
11	Equações de regressão polinomial e coeficiente de determinação em função da distância medula-casca (x), para as dimensões das fibras dos clones de <i>E. grandis</i>	59
12	Dimensões médias das fibras dos clones de <i>E. grandis</i> no sentido medula-casca.....	61
13	Equações de regressão polinomial e coeficiente de determinação em função da distância medula-casca (x), para as dimensões das fibras dos clones de <i>E. saligna</i>	63
14	Dimensões médias das fibras dos clones de <i>E. saligna</i> no sentido medula-casca.....	65
15	Equações de regressão polinomial e coeficiente de determinação em função da distância medula-casca (x), para as dimensões das fibras dos clones de <i>E. grandis x urophylla</i>	67
16	Dimensões médias das fibras dos clones de <i>E. grandis x urophylla</i> no sentido medula-casca.....	69
17	Valores médios das dimensões das fibras e estatísticas descritivas para as 2 espécies e híbrido de eucaliptos.....	72
18	Equações de regressão polinomial de densidade aparente da madeira (Y) em função da distância medula-casca (x) das 3 árvores dos clones de <i>E. grandis</i>	76
19	Valores máximos, mínimos e médios da densidade aparente e Índice de Uniformidade da madeira das árvores dos clones de <i>E. grandis</i>	77
20	Equações de regressão polinomial de densidade aparente da madeira (Y) em função da distância medula-casca (x) das 3 árvores dos clones de <i>E. saligna</i>	82

21	Valores máximos, mínimos e médios da densidade aparente e Índice de Uniformidade da madeira das árvores dos clones de <i>E. saligna</i>	83
22	Equações de regressão polinomial de densidade aparente da madeira (Y) em função da distância medula-casca (x) das 3 árvores dos clones de <i>E. grandis x urophylla</i>	88
23	Valores máximos, mínimos e médios da densidade aparente e Índice de Uniformidade da madeira das árvores dos clones de <i>E. grandis x urophylla</i>	89
24	Densidade aparente média e Índice de Uniformidade da madeira dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>E. saligna</i> e <i>E. grandis x urophylla</i>	92
25	Variância obtida das análises de componentes principais para as 2 espécies e híbrido de <i>Eucalyptus</i>	95
26	Variáveis e componentes principais para as 2 espécies e híbrido de <i>Eucalyptus</i>	96
27	Componentes do tronco, parâmetros físicos, anatômicos e índice de uniformidade da madeira das 2 espécies e híbrido de <i>Eucalyptus</i>	100

CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE ÁRVORES DE CLONES DE
Eucalyptus grandis, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*

Autora: SANDRA BIBIANA ARANGO ALZATE

Orientador: Prof. Dr. MARIO TOMAZELLO FILHO

RESUMO

No Brasil e em diversos países têm sido verificados significativos avanços na silvicultura clonal intensiva com diferenças marcantes existentes entre os clones de espécies e de híbridos de *Eucalyptus* quanto aos parâmetros de crescimento e de desenvolvimento. Ao mesmo tempo, nos últimos tempos, foi introduzido o conceito de uso múltiplo do lenho das árvores com a utilização da madeira como fonte de celulose e papel, madeira sólida e outras aplicações como estratégia de aumento da rentabilidade do empreendimento florestal. Pelo exposto, o presente trabalho de pesquisa teve como objetivo a caracterização da madeira de árvores de 8 anos de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e de *E. grandis x urophylla*, visando possibilitar a otimização do seu uso. De plantações clonais localizadas no município de São Miguel de Arcanjo-SP da Cia Suzano de Celulose e Papel, foram selecionados os 5 melhores clones de cada espécie e híbrido pelas suas características silviculturais. Para cada clone foram selecionadas e cortadas as 10 melhores árvores (total de 150 árvores) e foram mensurados os parâmetros dendrométricos (DAP, altura total, altura comercial, espessura da casca). Do tronco dessas árvores foram cortados cilindros de madeira, em 5

porcentagens da altura do tronco e no DAP, em um total de 900 amostras. Em condições de laboratório, as amostras de madeira foram preparadas e analisadas com respeito aos parâmetros de qualidade da madeira anatómicos (caracterização da estrutura anatómica, variabilidade radial das dimensões das fibras, vasos, cerne e alburno) e físicos (densidade básica, densidade aparente através de densitometria de raios X, variabilidade radial da densidade) proporcionando a obtenção do índice de uniformidade da madeira. Os resultados possibilitaram a detalhada caracterização dos clones de cada árvore com respeito às variações ao longo do seu tronco e no sentido radial das amostras do DAP, a saber: (i) o teor médio de casca e alburno foi superior nos clones de *E.saligna*, o de cerne nos de *E. grandis*, (ii) os valores médios de densidade básica da madeira foram de 0,46; 0,47 e 0,49 g/cm³ para o *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*; ocorreram variações longitudinais dentro e entre os clones das espécies de *Eucalyptus*, (iii) foram observadas variações quali e quantitativas dos elementos anatómicos da madeira entre espécies e híbrido de *Eucalyptus*, (iv) o valor médio da densidade aparente da madeira foi de 0,46; 0,54 e 0,54 g/cm³ nos clones de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*, respectivamente, (v) o índice de uniformidade indicou maior homogeneidade da madeira dos clones de *E. grandis* e *E. saligna*. A partir dos resultados obtidos foram preconizados alguns usos potenciais da madeira dos clones das duas espécies e híbrido de *Eucalyptus*.

**WOOD CHARACTERIZATION OF *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* and
E. grandis x urophylla Clones**

Author: SANDRA BIBIANA ARANGO ALZATE

Adviser: Prof. Dr. MARIO TOMAZELLO FILHO

In Brazil, as in many other countries, it has been verified significant advances in intensive clone silviculture with remarkable differences between clones of species and hybrids of *Eucalyptus* based on parameters of growth and development. At the same time, during these last years, it has been introduced the concept of multiple uses of trees log, having the wood as cellulose and paper source, solid wood and other applications as strategies for rising rentability of forestry enterprise. For the above, this research was based on wood of 8-year-old clones of *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* and *E. grandis x urophylla*, heading to the optimization of its use. The 5 best clones of each specie and hybrid were selected based on their characteristics silviculturais and were chosen from clone cultures of Cia Suzano de Celulose e Papel, located at the district of São Miguel Arcanjo, in SP. For every clone it was selected and sliced the 10 best trees (over 150) and their dendrometrics parameters were measured (DHP, total highness, commercial highness, thicket bark etc). These trees had their log sliced in cylinders of wood, in 5 percentage of highness of the log and DHP, over a total amount of 900 sample. Under laboratory conditions, these wood samples were prepared and analyzed respecting the parameters about the wood quality related to its aspects anatomic (anatomic structure, radial variability of dimensions fibers, vases, heartwood and sapwood) and physics aspects (basic density, density based on densitometry of x-rays, radial variability of

parameters about the wood quality related to its aspects anatomic (anatomic structure, radial variability of dimensions fibers, vases, heartwood and sapwood) and physics aspects (basic density, density based on densitometry of x-rays, radial variability of density) to obtain the uniformity index of wood. The results provided a detailed characterization of the clones of each tree related to the variations all over their log and related to the radial direction of DHP samples, as to know: (i) medium content of bark and sapwood was superior in clones of *E.saligna*, the heartwood in *E.grandis*, (ii) the medium values of wood basic density were 0,46; 0,47; 0,49 g/cm³ for the *E.grandis*, *E.saligna* and *E.grandis x urophylla*; it has occurred longitudinal variations inside and between clones of eucalyptus species, (iii) it was observed the variations about quality and quantity of anatomic elements of wood between species and hybrid of eucalyptus, (iv) the medium values of density apparent of wood was 0,46; 0,54; 0,55 g/cm³ in clones of *E.grandis*, *E.saligna* and *E. grandis x urophylla*, (v) the uniformity index indicated more homogeneity of wood in clones of *E.grandis* and *E. saligna*. Starting from these results, it had been stated some potential uses of cloned wood for the 2 species and hibryd of *Eucalyptus*.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido não somente como um dos principais países, em termos de área de plantações florestais com espécies de eucaliptos, mas como detentor de elevado nível científico-tecnológico nas diversas áreas da eucaliptocultura, em função das pesquisas realizadas nas Universidades, Institutos de Pesquisa e Empresas Florestais. Dentre as inúmeras e importantes áreas da pesquisa cabe destacar às de fisiologia, melhoramento e genética florestal, proporcionando o domínio das técnicas de propagação vegetativa e de obtenção de híbridos e a de tecnologia da madeira, ampliando as possibilidades da utilização da madeira das árvores de eucaliptos.

A exemplo dos demais países, no Brasil, os novos materiais genéticos de espécies e híbridos, multiplicados pelo processo de clonagem, existentes em ensaios experimentais e em plantações comerciais, necessitam no desenvolvimento das etapas das pesquisas, serem analisados com relação aos parâmetros de qualidade da madeira. Nesse aspecto, ocorreu nas últimas décadas, a partir da experiência de outros países, como a África do Sul (Malan & Hoon, 1992; Poynton, 1981 e Schonau, 1991) uma alteração com relação à utilização final da madeira, sendo introduzido um novo conceito denominado de “uso múltiplo da madeira” ou “uso da madeira para múltiplos fins” (Nahuz, 1995; Nahuz, 1997 e Nahuz et al., 1998). Dessa forma, além da utilização preferencial do tronco das árvores de eucaliptos como matéria prima para a celulose e papel (Busnardo et al., 1978; Barrichello et al., 1975; Foelkel et al., 1978 e Gonzaga, 1983), conforme inicialmente concebidos as plantações, outras aplicações foram agregadas, como as da madeira sólida serrada (Santos, 1994), energia e chapas (Garlipp, 1982; Moro, 1994).

Para a caracterização tecnológica da madeira das árvores de eucaliptos, atendendo aos requisitos preconizados no seu uso para múltiplos fins, é essencial a

aplicação de métodos de análise anatômicos, físicos e químicos. Os métodos anatômicos permitem a perfeita caracterização da estrutura da madeira, a determinação das dimensões das células, as similaridades entre as árvores, as variações no sentido medula-casca e base-topo do tronco, etc. (Shimoyama, 1990; Tomazello Filho, 1985; 1998). Dentre os métodos físicos de avaliação da madeira das árvores, destaca-se a determinação da densidade básica, aplicada por inúmeros autores para as diferentes espécies de eucaliptos (Gonzaga, 1983). Mais recentemente, foi implantada no Brasil a técnica de análise da madeira por densitometria de raios X em eucaliptos, fornecendo importantes informações acerca da qualidade/homogeneidade da madeira, impossíveis de serem obtidas pelas metodologias tradicionais (Amaral & Tomazello Filho, 1998).

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla* através da:

- Determinação dos teores de casca, cerne e alburno, no sentido longitudinal do tronco e total das árvores;
- Determinação dos valores de densidade básica da madeira, no sentido longitudinal do tronco e médio das árvores;
- Determinação dos valores de densidade da madeira, no sentido radial do tronco das árvores, pelo método de densitometria de raios X;
- Caracterização e descrição da estrutura anatômica da madeira das árvores.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O gênero *Eucalyptus*

Este gênero de ocorrência natural na Austrália, possui cerca de 600 espécies adaptadas às diversas condições de clima e solo. Dessa grande diversidade de espécies, só 2 não são originárias da Austrália: o *E. urophylla* e o *E. deglupta*.

A maioria das espécies conhecidas são árvores típicas de florestas altas, com 30 a 50 m de altura e de florestas abertas, com árvores de 10 a 25 m de altura. Aproximadamente 30 a 40 espécies são arbustivas (Mora & Garcia, 2000).

Segundo estes autores, na Austrália, desde 1788 já foram derrubados 38% das florestas nativas. Estima-se assim que, atualmente, existem 43,2 milhões de ha de florestas, sendo 25,6 milhões (60%) de eucaliptos. As espécies de eucaliptos mais utilizadas no mundo são o *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. urophylla*, *E. viminalis*, *E. saligna* e *E. citriodora*.

2.1.1 O *Eucalyptus grandis*

O *E. grandis* Hill ex Maiden é uma espécie nativa do Norte de Nova Gales do Sul e da costa sul de Queensland, na Austrália. Distribui-se principalmente entre as latitudes 26 a 32° Sul e altitudes de 0-300 m e se adapta muito bem em regiões com precipitação entre 1000 e 1750 mm e valores de temperatura médias máximas entre 29-32°C e médias mínimas entre 5 e 6 °C (FAO, 1981).

A madeira desta espécie é considerada medianamente leve e fácil de trabalhar em operações de usinagem, sendo considerada de baixa estabilidade dimensional e de elevada permeabilidade. É uma das espécies mais versáteis e indicadas para usos múltiplos apresentando, no entanto, problemas de empenamento, contrações e rachaduras nas operações de desdobro e de secagem.

Esta espécie supera qualquer outra em incremento volumétrico em condições ambientais adequadas, sendo a mais plantada no Brasil, pela sua plasticidade genética, e muito utilizada na obtenção de híbridos e para clonagem de árvores selecionadas (Mora & Garcia, 2000).

2.1.2 O *Eucalyptus saligna*

O *E. saligna* é uma espécie muito próxima ao *E. grandis* nos aspectos botânicos, ecológicos e silviculturais. Têm uma ocorrência latitudinal entre os 21-36° Sul e altitudinal desde o nível do mar até sítios com mais de 1000 m.

Possui madeira clara de média densidade apta para celulose e várias outras finalidades (Mora & Garcia, 2000).

Considerada uma das espécies mais versáteis e indicada para usos múltiplos, de plasticidade, adaptando-se a solos hidromórficos ou arenosos, em diferentes altitudes. Apta para regiões onde não ocorrem geadas e situações de déficit hídricos severos, tolerante ao fogo baixo com alta capacidade de regeneração por brotação.

A madeira do *E. saligna* é considerada medianamente leve e fácil de trabalhar em operações de usinagem, considerada de baixa estabilidade dimensional e de elevada permeabilidade.

2.1.3 O *Eucalyptus grandis x urophylla*

O *E. urophylla* é uma espécie nativa de algumas ilhas orientais do arquipélago de Sonda: Timor, Flores, Adonara, Lomblem, Plantar, Alor e Wetar, situadas ao norte da Austrália, entre 7-10° de latitude sul.

Mora & Garcia (2000) afirmaram que o interesse pelo *E. urophylla*, surgiu no Brasil nos últimos anos depois de comprovada sua alta resistência ao agente causador do cancro do tronco, sendo indicada na substituição do *E. grandis* em áreas mais susceptíveis ao mesmo. A esse respeito, Ruy (1998) afirma que se estima no Brasil 600.000 ha plantados com esta espécie e seus híbridos e que o híbrido *E. grandis x urophylla* tem-se constituído na base da silvicultura clonal brasileira.

Segundo Carvalho (2000), o objetivo do cruzamento destas duas espécies é obter plantas com um bom crescimento, característica do *E. grandis* e um leve aumento da densidade da madeira e melhorias no rendimento e propriedades físicas da celulose, características do *E. urophylla*.

Segundo Gouvêa et al. (1997) a rusticidade, propriedades da madeira e resistência ao déficit hídrico do *E. urophylla*, fazem com que as plantas desta espécie possuam alto potencial para programas de hibridação com o *E. grandis*, que possui um bom desenvolvimento silvicultural, sendo possível obter material mais homogêneo e com qualidades da madeira desejáveis.

2.2 Alguns aspectos dendrométricos do gênero *Eucalyptus*

As árvores das espécies de *Eucalyptus* apresentam como características, altas taxas de crescimento, plasticidade, variações nas propriedades da madeira, entre outras. É importante aprimorar os estudos sobre as espécies do gênero para otimizar as possibilidades de uso das madeiras, suas propriedades e aplicações, tendo conhecimento das características dendrométricas das árvores.

Inúmeras pesquisas no Brasil têm demonstrado que as longas rotações adotadas no manejo de plantações de eucalipto proporcionam maior diâmetro das toras das árvores e, conseqüentemente, melhor qualidade e maior rendimento no desdobro da madeira e obtenção de produtos de maior valor agregado (Silva, 2003).

O uso múltiplo das florestas de eucalipto para a produção de madeira sólida será possível com a conscientização de que as árvores devem atingir a idade de maturação fisiológica o que varia com a espécie e as condições de crescimento (Oliveira, 2003). Latorraca & Albuquerque (2000), afirmam que o rápido crescimento inicial das árvores e a alta produção de volume de madeira em idades mais avançadas, não levam em consideração a adequação da madeira para o produto final desejado.

Schönau & Coetzee (1989) citados por Oliveira et al. (1999), afirmam que nas árvores das espécies de eucalipto o crescimento em volume, diâmetro e em área basal geralmente atingem valores máximos antes dos 10 anos.

Oliveira et al. (1999) caracterizando a madeira de 7 espécies de eucaliptos para a construção civil, destacaram que o *E. grandis* apresentou maior valor de incremento volumétrico, com valores de altura e diâmetro do tronco semelhantes, no entanto, o *E. urophylla* e o *E. grandis*, apresentaram valores inferiores para a porcentagem de casca.

Lopes (2003) encontrou valores médios de 66,41 cm para o diâmetro à altura do peito; 37,46 m altura comercial; 6,63 m³ volume com casca e 6,44 m³ de volume sem casca, respectivamente para árvores de *E. grandis* com 27 anos.

A análise de variabilidade genética das características de crescimento, da madeira e do carvão vegetal das árvores de 25 progênies de *Eucalyptus camaldulensis* com 30 meses de idade mostrou valores de 9,56 m de altura, 7,49 cm de DAP e 0,48 g/cm³ de densidade da madeira com possibilidades de melhoramento genético pela seleção nas progênies, Vital et al (1994).

Schacht et al (1998) analisaram a variação genética dos indicadores de tensão de crescimento em árvores de clones de *E. urophylla* com 9 anos de idade a partir da sua altura do fuste, DAP, etc., demonstrando que as rachaduras e flechas são características altamente herdáveis e importantes indicadores tecnológicos para os programas de melhoramento. Houve significativa correlação fenotípica entre a altura total das árvores e intensidade de rachaduras, resultante da competição, com o diâmetro das árvores influenciando no gradiente de tensões.

Rosado & Brune (1983) estudaram correlação entre árvores de *E. urophylla*, *E. grandis* e *E. saligna* no segundo ano em relação ao DAP, altura total e incrementos no período, concluindo que a seleção pode ser realizada no primeiro ano, predizendo os valores fenotípicos aos dois anos de idade, não existindo correlação entre a densidade básica da madeira e o crescimento em diâmetro e altura das espécies.

Silva et al. (2003) afirmaram que hibridação é uma alternativa de grande importância para a obtenção das características desejadas, utilizando espécies complementares e possibilitando que plantas com maior taxa de crescimento, sejam obtidos no processo de melhoramento.

Busnardo et al. (1983) avaliaram as principais propriedades da madeira e às correlacionaram em análises de regressão linear simples, verificando a possibilidade de

estimar os parâmetros de qualidade da madeira através das variáveis dendrométricas como DAP com e sem casca ao nível do DAP e a altura comercial.

2.2.1 Teores de casca, cerne e alburno de árvores de *Eucalyptus*

A literatura em geral ressalta a importância da mensuração da porcentagem de casca além do volume de madeira para quantificar a produtividade florestal, constituindo aproximadamente 10 a 20% do volume total do tronco. A mensuração do volume de casca pode contribuir a erros sistemáticos nos inventários florestais, superestimando a produtividade da madeira dos fustes.

Barrichelo & Brito (1977) constataram que a porcentagem de casca em árvores de *E. grandis* foi maior na base e no topo do tronco, diminuindo nas posições intermediárias, encontrando correlações positivas entre a porcentagem de casca e a densidade básica da madeira, constatada por outros autores como Oliveira et al. (1999).

A porcentagem de casca varia com inúmeros fatores como a idade das árvores, a espécie, ao longo do tronco, etc. Paula Neto et al. (1992b) estudando a variação da porcentagem de casca ao longo do tronco entre árvores de eucaliptos, verificaram que esta é maior nas menores alturas e estabilizam-se a partir dos 4 m, diferindo significativamente ao longo do tronco e entre árvores; os fatores de casca tomados a 1,30 m de altura do tronco, são representativos dos valores médios de casca de cada árvore.

Gouvêa et al. (1997) avaliando a produtividade e a qualidade da madeira de árvores superiores de *E. urophylla* e a casca, encontraram maiores diferenças entre procedências do que entre os três padrões de casca, concluindo que a seleção baseada na porcentagem de casca não é eficiente para caracterizar a qualidade e a produtividade da madeira.

Silva (2002) caracterizando a madeira de árvores de *E. grandis* com 10 a 25 anos, encontrou que as árvores mais velhas apresentaram maior porcentagem de cerne; o alburno variou de 2,5-3,5 cm de espessura em todas as idades; o cerne teve coloração rosa clara nas idades de 10 e 14 anos sendo rosa mais escuro aos 25 anos tendendo ao avermelhado, e o alburno com coloração mais clara.

Silva et al. (2003) afirmaram que a cor da madeira não pode ser considerada um problema na sua comercialização com cada mercado com sua preferência, na Europa atualmente, preferem-se madeiras de cor clara e no Brasil pede-se escura. Os autores afirmam haver influência do ambiente, com variações entre espécies e árvores com maior variação entre clones e híbridos.

Oliveira (1997) caracterizando a madeira descreveu a coloração do cerne de sete espécies de eucaliptos, variando do castanho claro a escuro no *E. pilularis* e *E. cloeziana* ate rosa claro e escuro no *E. urophylla* e *E. grandis*. O alburno tem maior porcentagem na base do tronco predominando até 50 %; mais estreito em *E. pilularis*, *E. cloeziana* e *E. grandis*, limitando a utilização da madeira serrada, quando exposta a organismos xilófagos.

Paula Neto et al (1992a) analisando as equações de volume de casca de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. alba* com idades de 3 a 8 anos, em regime de alto fuste e primeira talhadia, afirmaram que pelo volume de casca, estas espécies podem ser consideradas semelhantes.

2.3 Estrutura anatômica da madeira e suas variações em árvores de eucaliptos

2.3.1 Estrutura anatômica da madeira

Os elementos de vaso, fibras, parênquima radial e longitudinal compõem a estrutura anatômica da madeira dos eucaliptos, com variações dentro e entre diferentes grupos de espécies. As características da estrutura anatômica da madeira possibilitam a identificação de muitas espécies de *Eucalyptus* (Dadswell, 1972).

Desta forma, o estudo das características anatômicas dos eucaliptos pode ser realizado para a identificação da espécie e para preconizar suas propriedades tecnológicas (Oliveira, 1997).

Alfonso (1987) caracterizou o lenho das principais espécies de *Eucalyptus* utilizadas no Brasil, observando que as madeiras possuem estrutura anatômica homogênea, com pouca variação entre amostras de uma mesma espécie. Afirma também que as condições climáticas podem alterar a estrutura anatômica da madeira, influenciando nos resultados das análises.

As características anatômicas constituem-se em um índice de qualidade, além da composição química e as características físicas da madeira, compondo os fatores que estão relacionados alterando as propriedades da madeira (Haygreen & Bowyer, 1982).

Segundo Oliveira (1997), a relação entre o volume ocupado pelos vasos, fibras (espessura da parede) e parênquima são fatores importantes nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de diferentes espécies de eucaliptos, além da sua permeabilidade a líquidos e gases.

A espessura da parede das fibras está relacionada aos fatores genéticos, ambientais e à idade da árvore, sendo importante no controle das propriedades do papel, principalmente a sua resistência ao rasgo (Shimoyama, 1990).

Com respeito ao comprimento das fibras, Hillis & Brown (1978) afirmaram que a diferença entre a madeira formada ao longo da idade em uma árvore são maiores do que as existentes entre as árvores de uma mesma espécie. Verificaram que para espécies de eucaliptos, o comprimento, diâmetro e a espessura da parede das fibras aumentam com a idade, com valores máximos do 10º ao 30º ano.

O comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lume das fibras da madeira dos eucaliptos, representam diferentes estágios de seu desenvolvimento e são controlados por processos fisiológicos distintos (Shimoyama, 1990). O comprimento das fibras é diretamente influenciado pelas divisões periclinais das células cambiais controladas pela taxa de hormônios ligados a sazonalidade, condições ambientais e fatores genéticos.

2.3.2 Variações da estrutura anatômica da madeira

O diâmetro dos vasos e a sua porcentagem em volume varia inversamente com a espessura dos anéis de crescimento, relação comumente encontrada no lenho formado nos períodos mais secos e quentes do ano. Igualmente, as porcentagens de fibras, vasos e parênquima variam consideravelmente no lenho próximo à medula e a casca e entre espécies, com os vasos usualmente menores e mais numerosos perto da medula (Hillis & Brown, 1978).

Segundo Oliveira (1997) os tecidos fibrosos ocupam de 30 a 70 % do volume, sendo mais abundantes nas madeiras de alta massa específica. Desta forma, o estudo do lenho sob o aspecto microscópico deve considerar características como o comprimento, o diâmetro e a espessura das paredes celulares.

Rocha et al. (2002) estudando a variação da estrutura anatômica da madeira de *E. grandis* com sete anos de idade concluíram que a árvore dominante apresentou fibras mais longas, paredes celulares mais espessas, diâmetro dos vasos mais largos e raios mais altos no sentido radial, verificaram aumento das dimensões das fibras, do comprimento e diâmetro tangencial dos vasos; redução da frequência dos vasos, dos valores das dimensões dos raios e de sua frequência.

Amos et al. (1950) afirmaram que o número de fibras produzidas pelo câmbio antes da formação dos vasos tem um decréscimo da base até aproximadamente 50% da altura do tronco, com as variações da estrutura anatômica da madeira afetadas pelas condições de crescimento e a distância longitudinal do tronco das árvores.

Carvalho (2000) relatou valores médios de 1,07 mm, 17,48, 8,49, e 4,49 μm para o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras da madeira de *E. grandis x urophylla* com sete anos de idade.

A anatomia da madeira de árvores de *E. grandis* com vinte e quatro anos foi estudada por Paula (1995) verificando um aumento das dimensões dos elementos anatômicos (vasos, raios e fibras) e da densidade básica no sentido medula-casca, a exceção da frequência de vasos e raios, afirmando existir uma relação positiva entre a idade e a densidade da madeira.

Davidson (1972), Barrichelo & Brito (1976), Barrichelo & Brito (1977), Barrichelo (1979), Vasconcellos Dias & Claudio da Silva Jr. (1985), Shimoyama (1990), Vital et al. (1994) afirmaram existir uma relação positiva entre a densidade e as dimensões dos componentes anatômicos da madeira das espécies de eucaliptos. Panshin & De Zeeuw (1980) afirmaram que as variações da densidade são resultado das dimensões das fibras e da interação com a quantidade de componentes passíveis de extração por unidade de volume das madeiras.

Sardinha (1978/79) verificou para árvores de *E. saligna*, com vinte e cinco anos, um modelo de variação radial, com os maiores acréscimos do comprimento, diâmetro e espessura da parede das fibras nos anos iniciais, seguindo-se gradual estabilização aos oito-nove anos.

As fibras são também, influenciadas pelo aumento da idade das árvores com as células cambiais passando a produzir elementos com maiores dimensões até atingir a estabilização em idades mais avançadas (Tomazello Filho, 1985). Desta maneira, tem-se um aumento no comprimento das fibras no sentido medula-casca (Foelkel et al., 1983; Carpim et al., 1985; Andrade, 1987; Silva, 2002).

Malan (1995) observou que no sentido longitudinal, a largura das fibras não apresentou diferenças significativas, ao contrário do seu comprimento na madeira de eucalipto. A densidade da madeira varia com a espessura da parede das fibras, influenciando na sua flexibilidade. Silva (1996) observou que o comprimento das fibras de dois híbridos de eucalipto com seis anos não apresentou diferença significativa.

A variação das dimensões das fibras, no sentido radial, de amostras de madeira de *E. saligna*, com quatro anos de idade, procedentes do Brasil, foi obtida por Ohbayashi e Shiokura (1997). As análises mostraram que o comprimento das fibras aumentou rapidamente nos primeiros anos, com praticamente o dobro do comprimento quando próximas à casca, independente do diâmetro das árvores.

Demuner & Bertolucci (1993) obtiveram estimativas médias da herdabilidade de nove híbridos de *E. grandis x urophylla*, com cinco anos de idade, em três locais da região de Aracruz-ES, para o diâmetro das fibras, dos vasos e para a espessura da parede celular, com valores de 0,81; 0,86 e 0,7 μm respectivamente.

Ferreira (1970) verificou que os valores da densidade básica da madeira cresceu no sentido longitudinal (base-ápice) do tronco em todas as classes diamétrais e de altura das árvores de *E. grandis*, e *E. saligna*, com idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos.

Florsheim et al. (2000) estudando a madeira de árvores de *E. saligna*, aos sete anos de idade, observaram diferenças para a largura e frequência dos raios para as classes de diâmetro, altura da árvore e posição radial, com os maiores valores obtidos na classe dominante.

A largura e espessura da parede das fibras mostram uma clara relação com a densidade básica da madeira, com as fibras de maiores diâmetros e paredes espessas mostrando correlação estatística positiva, e as largas e de paredes finas, correlação negativa (Shimoyama, 1990). Para a madeira de *E. grandis*, quanto maior a largura das fibras, menor é o valor da densidade básica da madeira, Vasconcellos Dias & Claudio da Silva Jr. (1985)

Madeiras com altas porcentagens de elementos de vaso tendem a apresentar baixa densidade (Foelkel, 1978).

Ruy (1998) afirmou que certas características anatômicas como comprimento, espessura da parede e diâmetro do lume das fibras, porcentagens de vasos e de parênquima, possuem relação com a densidade básica da madeira e exerce sua influência nas propriedades e usos finais da madeira.

Shimoyama & Barrichelo (1991), estudando a influência das características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*, com sete anos de idade, encontraram maior influência dos parâmetros anatômicos.

2.4 A densidade básica da madeira e suas variações em árvores de eucaliptos

2.4.1 A densidade básica da madeira

Kollmann (1959) afirmou que, a densidade básica entre os diferentes tipos de densidade da madeira permite estabelecer mais claramente os critérios de comparação, por determinar a massa de madeira anidra em estufa contida em unidade de volume verde ou saturado, condições muito estáveis na madeira.

Entre as propriedades físicas da madeira a densidade básica é a mais utilizada como parâmetro de seleção, sendo influenciada pela base genética, pelo ambiente, e resultado da interação desses dois fatores (Ruy, 1998).

O conceito de densidade da madeira segundo Souza et al. (1986) depende diretamente do produto final e da tecnologia empregada, com o setor florestal, em especial do silvicultor caracterizando a madeira a ser utilizada em função da definição do setor industrial.

Segundo Ferreira & Kageyama (1978) as madeiras de alta densidade não são recomendáveis para a fabricação de celulose, pois consomem mais álcali no cozimento, têm branqueamento mais difícil, maior número de rejeitos e, ao final do processo, terão um baixo rendimento. Em um outro estudo, Storebraten (1986) afirma que madeiras com baixas densidades são indesejáveis na produção de pasta celulósica, aumentando o consumo volumétrico e diminuindo a capacidade de produção.

Garcia (1998) afirma que apesar da densidade da madeira ser considerada como uma das características aplicadas em programas de melhoramento, poucos trabalhos contemplam estimativas de parâmetros genéticos e estudos de interação genótipo-ambiente para essa característica.

Demuner & Bertolucci (1993), trabalhando com nove híbridos *de E. grandis x urophylla*, aos cinco anos de idade, em três locais da região de Aracruz-ES, concluíram que apesar da densidade da madeira ser herdável, as árvores de híbridos ao produzirem madeira com densidade desejável em um ambiente não se comportam, da mesma forma, em outro local.

A densidade básica da madeira é um parâmetro importante na indústria de celulose, chapas de fibra, etc. obtendo-se a sua massa pela multiplicação do seu valor pelo volume verde (CONIF, 1987). De igual maneira, Gerard et al. (1995) afirmaram que a densidade da madeira está correlacionada a características de trabalhabilidade, durabilidade natural e impregnabilidade da madeira.

2.4.2 Variações da densidade básica da madeira

A densidade básica da madeira varia em função de muitos fatores como a idade e a taxa de crescimento das árvores, do clima, dos tratamentos silviculturais, do sítio, do local de amostragem no tronco, entre outros. Dessa forma, a densidade básica da madeira varia entre e dentro de árvores de uma mesma espécie (Shimoyama, 1990; Arango & Hoyos, 1999; Latorraca & Albuquerque, 2000) permitindo que a madeira de *Eucalyptus* possa ter variadas finalidades.

Panshin & De Zeeuw (1980), apresentaram uma síntese dos padrões de variação longitudinal da densidade da madeira: (i) a densidade decresce uniformemente

no sentido base-topo do tronco; (ii) a densidade decresce até o meio do tronco e a partir deste ponto cresce até o topo; (iii) a densidade cresce da base para o topo, embora desuniformemente.

Trugilho et al. (1997), estudando árvores de *E. grandis* com 12, 24, 36 e 48 meses de idade mostraram uma redução da taxa de incremento acentuada dos 36 para os 48 meses de idade para a densidade básica da madeira e o comprimento da fibra; a largura e espessura da parede das fibras não apresentaram esta tendência.

Oliveira (1997) afirmou a existência de ampla variação da densidade da madeira em árvores de climas tropicais, com valores de 0,20 a 1,20 g/cm³, com grandes variações entre árvores de uma mesma espécie afetadas principalmente por fatores genéticos e ambientais.

Albino (1983) explicou que as causas da variação axial da densidade básica da madeira no tronco das árvores não estão bem definidas, sendo atribuídas à formação da madeira de reação ou tensão e ao conjunto de fatores ligados às condições de crescimento das árvores.

Lopes (2003) encontrou uma densidade básica média da madeira de 0,46 g/cm³ para árvores de *E. grandis*, assim, verificando uma variação do seu valor ao longo do tronco, decrescendo ao nível do DAP e a 25% e crescendo até 100% da altura comercial.

Arbuthnot (1991) em estudo realizado com várias espécies de eucaliptos, verificou que a densidade básica da madeira está altamente correlacionada com algumas propriedades da celulose e parâmetros do papel. De igual forma, Ferreira (1972) relacionou-a com a espessura da parede das fibras, com seu valor alto indicando fibras de parede espessa, presentes em muitas espécies do gênero.

Evans et al. (1997) afirmaram que, usualmente, a densidade básica da madeira tende a aumentar no sentido medula-casca e base-topo do caule. Embora estudada em várias espécies de eucaliptos, não se consegue estabelecer um padrão de variação para o gênero, devido aos resultados contraditórios e insuficientes para o desenvolvimento de modelos gerais nos trabalhos desenvolvidos. Apresentam diferentes modelos para explicar a variação da densidade básica da madeira com relação à simetria das árvores

(sentidos radial e longitudinal), aplicando como modelos de simetria cilíndrica, cônica, linear e não linear.

As maiores variações da densidade básica da madeira no tronco das árvores de *E. grandis* são atribuídas à sua idade, posição radial e, a altura do seu tronco (Bamber et al., 1982); com influência comprovada ao nível de procedência e do sítio (Bamber & Humphreys, 1963; Brazil & Ferreira 1979, Arango & Hoyos, 1999). Com respeito ao gênero *Eucalyptus*, Wilkes (1988) afirmou que a variação da densidade básica da madeira dentro e entre árvores é alta.

Ferreira & Kageyama (1978) em revisão geral sobre os estudos da densidade da madeira concluíram que o efeito da idade na densidade da madeira das populações de eucaliptos ocorre (i) independentemente das espécies com aumento da densidade em função da idade, (ii) o aumento da densidade, no período de cinco-onze anos é pronunciado para o *E. saligna*, *E. urophylla* e *E. propinqua*, é menos pronunciado para o *E. grandis* com esta espécie produzindo madeira menos densa.

Barrichelo & Brito (1984) analisando a variação longitudinal e radial da densidade básica da madeira em árvores de *E. grandis*, encontraram os maiores valores na base do tronco com um decréscimo no DAP, aumentando em direção ao topo, observado também por Carpin & Barrichelo (1984), Shimoyama & Barrichelo (1991), Arango & Hoyos (1999) e Carvalho (2000).

Wilkins & Horne (1991) mostraram o efeito de tratamentos silviculturais controle (C); fertilização (F); capina química ou herbicida (H); inseticida (I); fertilizante + inseticida + herbicida (FHI); e aração + desbaste (AD) sobre a densidade básica da madeira em uma plantação de *E. grandis* com nove anos e médio de idade. Os resultados dos tratamentos (C e AD) mostraram uma diminuição no crescimento das árvores e decréscimo inicial da densidade da madeira no sentido medula-casca, tendência mais pronunciada com o incremento da altura das árvores, em todos os tratamentos. Os valores de densidade média da madeira decresceram significativamente acima de 25% da altura total das árvores, apresentando também um incremento significativo do seu valor em uma porcentagem maior do que 11% no tratamento (F)

com respeito aos demais e um aumento significativo em volume acima do 27% no tratamento (FHI).

Diversos autores (Vital et al., 1981; Barrichelo et al., 1983; Arango & Hoyos, 1999) ao procurar estabelecer o grau de representação das amostras de madeira tomadas ao nível do DAP em relação à densidade básica média da árvore, concluíram que o DAP pode ser considerado como a altura do tronco com valores altamente significativos na determinação da densidade básica média das árvores de *Eucalyptus*.

Vital et al. (1981) ao estudarem a influência do espaçamento sobre a densidade básica da madeira de *E. grandis*, aos trinta meses de idade, concluíram que não existe correlação significativa entre o espaçamento, aos fatores de crescimento e a densidade básica.

Enquanto no sentido longitudinal do tronco das árvores, a densidade básica da madeira não obedece a um padrão definido (Souza et al., 1986) no radial têm sido verificada a tendência de aumentar o seu valor da medula para casca nas espécies do gênero *Eucalyptus* (Foelkel et al., 1983; Carpinim & Barrichelo, 1984; Barrichelo et al., 1983; Tomazello Filho, 1985).

Souza et al. (1986), estudando a densidade básica de *E. grandis* com sete anos de idade, no sentido longitudinal, encontraram média de 0,45 g/cm³, com os maiores valores na base, 75 e 100% da altura comercial do tronco das árvores.

2.5 A densidade da madeira pelo método de densitometria de raios X

A técnica de densitometria de raios X consiste na obtenção de radiografias de uma fina secção transversal de madeira sobre um filme radiográfico. No filme exposto à fonte de raios X e pela passagem da radiação através da amostra de madeira forma-se uma imagem da sua estrutura transversal (Amaral, 1994).

Oliveira (1997) afirmou que a técnica permite medir as variações da densidade da madeira a pequenas distâncias, impossível pelo método gravimétrico convencional, obtendo-se gráficos do padrão de variação radial da densidade e proporcionando a avaliação do desenvolvimento das árvores de espécies diferentes, e a seleção das que produzem madeira com densidade mais uniforme ou mais elevada. Oliveira (2003),

observou para árvores com diâmetro de 28 cm, a madeira juvenil corresponde a cerca de 18 cm, com acréscimo de 50% no valor da densidade na madeira adulta.

Segundo Silva (2003), existe grande influência do espaçamento do plantio das árvores na densidade da madeira, com o grau de supressão mostrando pronunciado efeito inverso na uniformidade da madeira. Os espaçamentos entre árvores mais estreitos induzem ao rápido aumento da densidade da madeira a partir da medula e nos mais largos o padrão de densidade é mais uniforme e com maior quantidade de madeira adulta em árvores de idades mais precoces.

A densidade aparente da madeira no gênero *Eucalyptus* varia de 0,40 a 1,20 g/cm³ sendo classificadas como leves, médias a pesadas (Oliveira, 2003).

Em extensa revisão sobre a densitometria de raios X compilada por Parker & Kennedy (1973) mencionou que a técnica foi desenvolvida por Polge em 1963, no Centro Nacional de Pesquisas Florestais em Champenoux, França. Apresenta também, inúmeras aplicações dessa técnica para avaliar a estrutura e propriedades da madeira, o efeito de práticas silviculturais e a biologia do crescimento das árvores.

No início, grande parte das informações publicadas referia-se a respeito da técnica de densitometria de raios X com a descrição dos aparelhos utilizados e das inovações dos diversos laboratórios de pesquisa sendo que, atualmente, inúmeros trabalhos mostraram sua extensa aplicação (Amaral, 1994).

Em meados da década de sessenta, Polge (1966) apresentou as diversas aplicações do método como a avaliação da qualidade da madeira, madeira de reação, no estudo da retratabilidade, do colapso e sobretudo do condicionamento da madeira e para comparações dos perfis densitométricos em procedências de uma mesma espécie.

Josza et al. (s/d) descreveram os resultados da análise densitométrica de raios X da madeira de árvores de *Pseudotsuga menziesii* com cinquenta anos de idade, em Vancouver, Canadá, mostrando a extensão e a distribuição da madeira juvenil, efeito da idade cambial e a posição no tronco na densidade da madeira. O trabalho avaliou estratégias de manejo florestal e sua influência no volume de madeira juvenil e na uniformidade da madeira para a fabricação de polpa e serraria.

Silva (2002) ao utilizar a densitometria de raios X em madeiras de árvores de *E. grandis*, com quatro diferentes idades, confirma o aumento do crescimento da densidade aparente da madeira no sentido medula-casca. Para as árvores com dez anos a densidade aparente média foi de $0,46 \text{ g/cm}^3$, sendo 50% da seção radial próxima da medula formada por madeira juvenil; aos vinte e cinco anos a densidade aparente média foi de $0,63 \text{ g/cm}^3$, sendo detectada a madeira juvenil mais próxima da medula.

2.6 Silvicultura clonal intensiva

Segundo Silva (2003) a propagação clonal tem como meta principal a reprodução de indivíduos geneticamente idênticos, de material vegetativo procedente de uma planta selecionada.

Em 1974 iniciou-se no Brasil o desenvolvimento de métodos de propagação vegetativa a partir de estacas coletadas de brotações de cepas de eucalipto e, com a primeira plantação clonal estabelecida em 1979 em mil hectares no Estado do Espírito Santo, com ganhos expressivos em produtividade e qualidade da madeira (Ruy, 1998).

A clonagem é extremamente útil na consolidação dos ganhos do melhoramento genético e a hibridação, promovendo a homogeneização das propriedades tecnológicas da madeira, com benefícios para a qualidade do produto final, altamente desejável na atividade industrial (Silva et al. 2003).

Os trabalhos desenvolvidos com o melhoramento florestal nas duas últimas décadas elevaram o nível tanto produtivo e qualitativo das florestas comerciais e segundo Ferreira (1992) a nova silvicultura clonal intensiva procura melhorar a adaptação das espécies/procedências e estabelece bases genéticas mais sólidas.

Pires & Paula (1997) afirmaram que um programa de melhoramento genético eficiente, deve considerar as características da madeira que afetam a qualidade do produto final que são passíveis de manipulação genética, devendo ser considerados, também, a amostragem, a metodologia da análises dos dados e a interpretação dos resultados.

Resende & Higa (1990) afirmaram que a diversidade genética entre espécies, procedências dentro de espécies e a manifestação de heterose em algumas características têm incentivado os programas de hibridação no gênero *Eucalyptus*.

A silvicultura clonal baseia-se na seleção de árvores superiores em populações de espécies/procedências e nas técnicas de reprodução assexuada, utilizando a variação genética existente e com os ganhos genéticos sucessivos, propiciando maior produção de madeira de qualidade, no menor tempo por unidade de área (Ferreira, 1992).

Nesse contexto Ruy (1998) argumentou que estudos de métodos de seleção, como a variabilidade natural e a adequação ao uso da madeira, são fundamentais na silvicultura intensiva clonal. Atualmente, o melhoramento genético florestal seleciona como genótipos superiores, os indivíduos com excelentes características silviculturais e tecnológicas (densidade básica, teor de lignina e de extrativos, rendimento e características da celulose).

No Brasil, inúmeras companhias têm projetos florestais utilizando a silvicultura clonal, instalados como base de expansão da indústria de celulose e papel, nos Estados de São Paulo, Bahia, Maranhão e Amapá, etc. Os excelentes resultados obtidos com o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* propagado clonalmente vêm sendo a principal justificativa para a China, Venezuela, África do Sul e Indonésia, introduzirem a silvicultura clonal em seus programas de abastecimento de madeira para as indústrias (Ferreira, 1996, citado por Ruy, 1998).

Segundo Campinhos Jr. & Silva Jr. (1990) na produção de “super híbridos” para madeira para celulose, são selecionadas árvores de *E. grandis* e *E. urophylla* com excepcionais qualidades fenotípicas e genotípicas (volume, plasticidade para “sites”, qualidade da madeira, rendimento de polpa e qualidade de fibra) e cruzadas para a sua propagação vegetativa. Simultaneamente os pomares de sementes para produção de híbridos por polinização aberta são instalados combinando os clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, e *E. grandis* x *E. pellita* para produzir sementes híbridas que satisfaçam as exigências das áreas florestais e industriais (volume, resistência a doenças, adaptação ao meio ambiente e qualidade da madeira para produção de polpa branqueada).

Griffin & Rivelli (1993) citam que, em 1991, cerca de vinte empresas brasileiras operavam os programas de plantios clonais, com sessenta e cinco por cento da produção de madeira, das vinte e cinco maiores empresas, de espécies de eucalipto e, destes, vinte e nove por cento oriundos de estacas enraizadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local e do experimento

O experimento foi instalado na Fazenda Santa Rosa, no município de São Miguel Arcanjo-SP, de propriedade da Cia Suzano de Celulose e Papel em agosto de 1992. A área experimental encontra-se na longitude de 47° 98' W, latitude de 23° 88' S e altitude de 660 m. A precipitação média anual é de 1.174 mm, a temperatura média anual de 18-19 °C, sendo dezembro e janeiro os meses mais chuvosos e julho e agosto os mais secos. As temperaturas mais elevadas ocorrem de dezembro a março e as mais baixas de junho a julho, com possibilidade de ocorrência de geadas. O experimento ocupou uma área de 1,47 ha, com o espaçamento de plantio de 2,70 x 2,23 m e aplicação de 140 g de NPK (6-30-6) e 200 g de FAPS/planta.

3.2 Espécies e híbrido

Foram utilizados clones de *Eucalyptus grandis*, de *E. saligna* e de *E. grandis* x *urophylla*. Os clones de *E. grandis* foram selecionados de plantações estabelecidas com sementes procedentes de Pomar de Sementes do Horto de Rio Claro-SP, os de *E. saligna* de várias plantações e áreas experimentais da Cia Suzano de Celulose e Papel, os de *E. grandis* x *urophylla* de sementes provenientes da Cia Aracruz de Celulose, plantadas no município de Biritiba Mirim-SP, da Cia Suzano de Celulose e Papel.

3.3 Seleção dos clones

O experimento constou de diferentes números de clones para as 2 espécies e híbrido de eucaliptos, sendo 37 clones para o *E. grandis*, 17 para o *E. saligna* e 27 para o *E. grandis* x *urophylla* em ensaio instalado com delineamento de 5 blocos ao acaso com

6 árvores/clone/repetição. Do total de clones das 2 espécies e híbrido de eucaliptos foram selecionados os 5 melhores, com base nos valores do DAP, altura total e da copa, retidão do caule, etc. Em seguida, para cada clone foram selecionadas as 2 melhores árvores de cada bloco, com 10 árvores por clone, sendo 50 árvores de *E. grandis*, de *E. saligna* e de *E. grandis x urophylla*, constituindo um total de 150 árvores amostradas.

3.4 Coleta das amostras do lenho

As árvores dos clones selecionados foram cortadas, desramadas e retirados cilindros de lenho (3,5-4,5 cm de espessura) na base, DAP, 25, 50, 75 e 100 % da altura comercial do tronco. Essas 6 amostras do lenho/árvore foram identificadas com um código numérico (clone, bloco, repetição e porcentagem da altura), armazenadas em sacos plásticos e transportadas para o Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras do Departamento de Ciências Florestais – ESALQ/USP.

3.5 Preparo das amostras do lenho

As superfícies transversais das 900 amostras do lenho foram polidas em uma série de lixas para a visualização das regiões da casca, do cerne e do alburno, dos anéis de crescimento, segmentos de ramos (nós internos), fissuras e rachaduras, podridão, etc.

3.6 Determinação do teor de casca, cerne e alburno

Na seção transversal das amostras do lenho das árvores dos clones das 2 espécies e híbrido de eucaliptos foram demarcados e mensurados os limites da casca, do cerne e do alburno, para a determinação das suas porcentagens nas diferentes alturas do tronco. A partir dos gráficos obtidos para cada um dos componentes do lenho, foram elaboradas tabelas com as respectivas equações de tendências e coeficientes de variação para a análise dos resultados.

3.7 Determinação da densidade básica do lenho

Na seção transversal das amostras do lenho (base, DAP, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial) foram demarcadas, identificadas e cortadas sub-amostras, com a forma de cunha, de 1/4 do volume, para a determinação da densidade básica da madeira pelo método da balança hidrostática. Foram aplicados os seguintes procedimentos (i) manutenção das amostras do lenho imersas em água até a saturação completa, (ii) determinação do seu peso imerso pela balança hidrostática (P_I), (iii) obtenção do peso úmido (P_U) após remoção da água superficial com tecido ou papel absorvente, (iv) determinação do peso seco (P_S) em estufa a $105\pm 3^\circ\text{C}$ e aplicação da equação (1) para o cálculo da densidade básica. A partir dos gráficos de densidade básica da madeira, foram elaboradas tabelas com as respectivas equações das tendências e coeficientes de variação para a análise dos resultados.

$$D_B = \frac{P_S}{P_U - P_I} \quad (1)$$

onde:

D_B = densidade básica (g/cm^3);

P_S = massa absolutamente seca (g)

P_U = massa úmida (g);

P_I = massa submersa (g)

3.8 Caracterização da estrutura anatômica microscópica do lenho

Para cada clone foram selecionadas 2 árvores e, destas, as amostras do lenho no DAP (total de 30 amostras), nas quais foram demarcadas as posições de transição do cerne/alburno. Nessa posição, em cada amostra do lenho, foram cortados corpos de prova ($1 \times 1 \times 1,5$ cm) orientados nos planos transversal, longitudinal radial e tangencial e em seguida imersos em água até sua saturação. Os blocos de lenho foram amolecidos em água à ebulição e fixados em micrótomo de deslize, para a obtenção de cortes finos (15 - 20 μm de espessura) dos 3 planos, que foram transferidos para vidros de relógio. Os cortes histológicos foram clarificados (água cãndida, 1:1), lavados (água destilada, ácido acético 1%), desidratados (série alcoólica, 30-100%), lavados (xilol), corados (safranina)

e montados (sob lâmina, bálsamo de Canadá) (Johansen, 1940 & Sass, 1951). As avaliações quali e quantitativas da estrutura anatômica microscópica do lenho dos clones das 2 espécies e híbrido de eucaliptos, foram realizadas sob microscopia, aplicando-se o programa de análise de imagem para mensuração de elementos anatômicos (Pirola, 2002) e descritas de acordo com as Normas da Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas (COPANT, 1974), da IAWA List of Microscopic Feature for Hardwood Identification (IAWA-Committee, 1989) e as Normas e Procedimentos em Estudos da Anatomia da Madeira (IBAMA, 1992)

3.9 Variação radial da madeira

3.9.1 Variação radial das dimensões das fibras

Para cada clone foram selecionadas 3 árvores e destas, as amostras do lenho do DAP (total de 45 amostras), nas quais foram delineadas sub-amostras radiais (medula-casca) e demarcados e cortados corpos de prova nas posições 0, 25, 50, 75 e 100 % do raio. As sub-amostras do lenho (total de 225 corpos de prova) foram submetidas ao processo de maceração. Amostras do lenho foram seccionadas e transferidas para tubos de ensaio (ácido acético + peróxido de hidrogênio –120 vol 1:1), que foram perfeitamente fechados e transferidos para estufa (60 °C, 48 h) (Franklin, 1937; Berlyn, 1976). Esgotada a solução macerante a suspensão de células foi lavada em água e estas coradas (safranina), montadas lâminas histológicas. Destas foram mensuradas as fibras (comprimento, espessura da parede, largura e diâmetro do lume) em microscópio com ocular micrométrica. A partir dos gráficos obtidos para cada uma das dimensões das fibras, foram elaboradas tabelas com as respectivas equações das tendências e coeficientes de variação para a análise dos resultados.

3.9.2 Variação radial da densidade da madeira por densitometria de raios X

Para cada clone foram selecionadas 3 árvores e destas, as amostras do lenho do DAP (total de 45 amostras), nas quais foram delineadas, identificadas e cortadas sub-amostras diametraais (20x10 mm, largura x altura) isentas de defeitos. Essas sub-amostras do lenho foram fixadas em suporte de madeira e cortadas seções transversais (1,0 mm,

espessura), em aparelho de dupla serra circular. Essas seções transversais do lenho foram acondicionadas (12 h, 20 °C, 50% UR) para atingir 12% de umidade e, em seguida, colocadas sobre filmes de raios X (Kodak, Diagnostic Film X-Omat XK1, 240x180 mm) em equipamento de raios X (Hewlett Packard, Faxitron 43805 N) e radiografadas (1,20 m fonte de raios X-filme; 5 min, 16 Kv, 3 mA). A revelação dos filmes radiográficos das amostras do lenho foram analisadas em microdensitômetro (Joyce Loebel MK III-C; 0,1x0,3 mm janela de leitura; 10 cm/min varredura). Os valores pontuais de densidade ótica do lenho foram transformados em densidade aparente através de um software específico (plataforma CB, mid10) e montados os perfis radiais densitométricos da madeira em programa “Excel” (Amaral e Tomazello F^o., 1998), determinado-se os valores de densidade aparente média, máxima e mínima por árvore e por clone.

A partir dos perfis densitométricos, foram elaboradas tabelas com as equações das regressões polinomiais de cada clone, posteriormente foi obtido o Índice de Uniformidade (Echols, 1973) da madeira das árvores dos clones das 2 espécies e híbrido de eucalipto, estabelecendo as classes de variação da densidade ao longo da seção radial e sua multiplicação por fator de ponderação que não é mais que o desvio padrão médio encontrado para as 2 espécies e híbrido de eucaliptos (equação 2). Valores de Índice de Uniformidade próximos a 100 são indicadores de maior uniformidade no sentido medula-casca, assim, quanto maior o índice maior heterogeneidade.

$$IU = \sum_{i=1}^i X_i * K_i \quad (2)$$

onde:

IU = índice de uniformidade (%); X = porcentagem de madeira em cada classe

K = coeficiente de ponderação (0,05 g/cm³), de variação da densidade;

de aumento ou diminuição da densidade i = número de classes estabelecidas.

respeito à média;

3.10 Análise multivariada por componentes principais (PCA)

Essa análise visa reduzir as informações contidas em P variáveis (dimensões) originais a um número menor com novas dimensões e com o mínimo de perda de informações. Desta maneira, cada nova dimensão foi definida por uma combinação linear das P variáveis originais, sendo denominada de componente principal.

A análise por componentes principais foi feita empregando a média dos 5 clones avaliados nas 2 espécies e híbrido de eucaliptos e as variáveis densidade básica, e aparente da madeira, dimensões das fibras (comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura), vasos (diâmetro tangencial e frequência), raios (altura e frequência), porcentagem de casca, cerne e de alburno, para determinar as similitudes ou diferenças entre os clones.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teores de casca, cerne e alburno do tronco dos clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*

4.1.1 Teores de casca, cerne e alburno nas diferentes porcentagens da altura do tronco dos clones de *Eucalyptus grandis*

A variação dos teores de casca, cerne e alburno nas diferentes porcentagens da altura do tronco dos clones de *Eucalyptus grandis* é apresentada na Figura 1. Com relação a variação do teor de casca os maiores valores percentuais foram determinados na base e no topo do tronco observando-se, ainda, uma grande homogeneidade entre clones da espécie para esta característica (Figura 1a). O teor de cerne mostrou aumentos percentuais da base até 25%, diminuindo de forma gradativa até 75% da altura comercial, não sendo verificada portanto, a presença de cerne no topo do tronco dos clones, havendo certa homogeneidade entre clones da espécie (Figura 1b). O teor de alburno, ao contrário, mostrou pequena redução na região da base-DAP, seguida de aumento até o topo do tronco, com pequena dispersão dos valores entre os clones (Figura 1c). Estas tendências verificadas para os componentes do tronco são comumente encontradas na literatura (Barrichelo & Brito, 1977; Paula Neto et al., 1992b; Oliveira, 1999; Lopes, 2003).

As porcentagens de casca, cerne e alburno mostraram uma tendência polinomial de segundo grau significativa com respeito à altura do tronco dos clones com um nível de significância de 5% (Tabela 1). Os valores do coeficiente de determinação (R^2) mostraram que a variação da porcentagem de casca, cerne e alburno em função da

altura do tronco são explicados pela curva em 57 (51-64), 96 (93-97) e 94% (91-96) respectivamente.

Tabela 1. Equações de regressão polinomial e coeficiente de determinação em função da altura (x), para os teores de casca, cerne e alburno dos clones de *E. grandis*

Variável dependente (Y)	Clone	Equação $Y=a+b_1x_i+b_2x^2$	R ²
Casca (%)	19	$Y=16,64-0,36x+0,003x^2$	0,64
	21	$Y=16,61-0,36x+0,003x^2$	0,51
	27	$Y=14,82-0,29x+0,003x^2$	0,52
	28	$Y=18,45-0,38x+0,003x^2$	0,56
	31	$Y=18,12-0,44x+0,004x^2$	0,64
Cerne (%)	19	$Y=54,47+0,84x-0,01x^2$	0,93
	21	$Y=55,10+0,86x-0,01x^2$	0,97
	27	$Y=55,20+0,46x-0,01x^2$	0,97
	28	$Y=53,72+0,45x-0,01x^2$	0,97
	31	$Y=46,98+0,82x-0,01x^2$	0,95
Alburno (%)	19	$Y=28,90-0,48x+0,01x^2$	0,91
	21	$Y=28,30-0,50x+0,01x^2$	0,95
	27	$Y=29,98-0,17x+0,007x^2$	0,96
	28	$Y=27,83-0,07x+0,006x^2$	0,94
	31	$Y=34,89-0,39x+0,009x^2$	0,93

As diferenças para os teores de casca, cerne e alburno nas várias alturas do tronco dos clones de *Eucalyptus grandis*, pelo teste de Tukey com um nível de significância de 5%, são apresentadas na Tabela 2. Pode-se inferir que houve diferenças significativas para o teor de casca somente na região da base do tronco entre os clones 27-28 e 27-31. Quanto ao teor de cerne foram detectadas diferenças significativas na base entre os clones 19-31, 21-31, 27-31 e 28-31; no DAP entre os clones 19-28, 19-31, 21-28, 21-31 e 27-31; a 25% entre os clones 19-27, 19-28, 19-31, 21-27, 21-28 e 21-31; a 50 e 75% entre os clones 19-27, 19-28, 19-31, 21-27, 21-28 e 21-31; no topo não houve diferença significativa entre os clones. Quanto ao teor de alburno foram observadas diferenças significativas na base entre os clones 19-31, 21-31, 27-31 e 28-31;

no DAP entre os clones 19-31 e 21-31; a 25% e 50% da altura para os clones 19-27, 19-28, 19-31, 21-27, 21-28 e 21-31; a 75% da altura para os clones 19-27, 19-31 e 21-27 no topo não foram verificadas diferenças significativas entre clones.

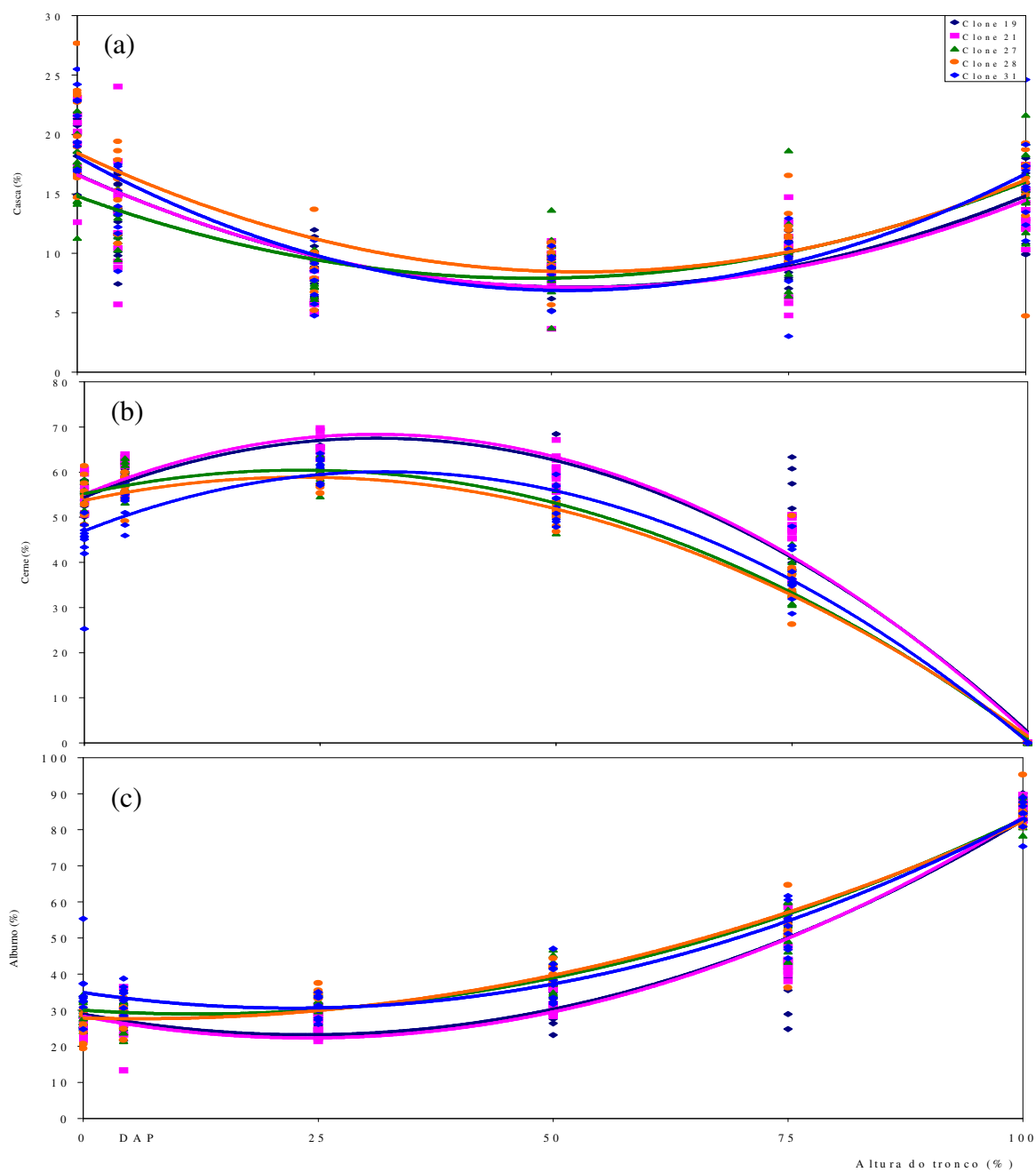


Figura 1- Componentes do tronco (%) dos clones de *E. grandis* (a) casca, (b) cerne, (c) alburno

Tabela 2. Teores médios de casca, cerne e alburno nas diferentes porcentagens da altura do tronco dos clones de *E. grandis*

Variável/ Altura do caule (%)	Clone (n°)									
	19		21		27		28		31	
	Média		Média		Média		Média		Média	
Casca (%)										
Base	19,0	A B	19,3	A B	16,5	B	20,7	A	20,9	A
DAP	13,0	A	13,0	A	12,3	A	15,4	A	14,0	A
25	8,8	A	7,8	A	8,1	A	9,0	A	8,0	A
50	7,8	A	8,4	A	9,0	A	9,4	A	8,6	A
75	9,5	A	9,6	A	10,3	A	11,5	A	9,3	A
100	14,4	A	13,8	A	15,7	A	15,3	A	16,3	A
Cerne (%)										
Base	54,4	A	54,6	A	54,2	A	54,4	A	44,0	B
DAP	60,0	A	60,6	A	58,9	A B	55,9	B C	53,2	C
25	64,3	A	66,1	A	59,5	B C	57,0	C	61,0	B
50	59,8	A	60,5	A	51,5	B	50,5	B	53,1	B
75	47,0	A	46,4	A	35,8	B	36,1	B	37,5	B
100	0	A	0	A	0	A	0	A	0	A
Albur (%)										
Base	26,6	B	26,1	B	26,1	B	24,9	B	35,1	A
DAP	27,1	B	26,4	B	28,8	A B	28,6	A B	32,8	A
25	26,9	B	26,1	B	32,3	A	34,0	A	31,0	A
50	32,4	B	31,1	B	39,4	A	40,1	A	38,3	A
75	43,5	C	44,0	B C	53,9	A	52,3	A B C	53,2	A B
100	85,6	A	86,2	A	84,3	A	84,7	A	83,7	A

Médias seguidas de letras diferentes em uma mesma linha diferem entre si (ao nível de 5% de probabilidade)

4.1.2 Teores de casca, cerne e alburno nas diferentes porcentagens da altura do tronco dos clones de *Eucalyptus saligna*

A variação dos teores de casca, do cerne e do alburno nas diferentes porcentagens da altura do tronco dos clones de *Eucalyptus saligna* é apresentada na Figura 2. Com referência ao teor de casca, de modo geral, as porcentagens mais elevadas são observadas na base e no topo do tronco, com pouca variação entre os clones (Figura 2a). Para o teor de cerne, além de uma maior variação entre os clones nas diferentes porcentagens de altura do tronco, verificou-se uma significativa redução da base para ápice, não sendo verificada sua presença a 100% da altura comercial (Figura 2b). Da mesma forma, o teor de alburno mostrou dispersão de valores entre e dentro de clones, com teor médio aumentando no sentido base-topo (Figura 2c). Esta tendência foi verificada por outros autores para os componentes do tronco (Busnardo et al. 1983; Paula Neto et al. 1992b).

As porcentagens de casca, cerne e alburno mostraram uma tendência polinomial de 2º grau com uma significância de 5% em relação à altura do tronco (Tabela 3), sendo observada pouca variação entre os clones da espécie para esses componentes do tronco. Os valores de R^2 mostraram que a variação é explicada pela altura do tronco segundo a curva em 44 (23-57), 82 (79-88) e 83 % (80-88) para os teores de casca, cerne e alburno, respectivamente.

O teste de Tukey mostrou diferenças para os teores de casca, cerne e alburno nas várias alturas do tronco dos clones de *Eucalyptus saligna* com um nível de significância de 5% (Tabela 4). Para o teor de casca detectaram-se diferenças significativas entre os clones 3-12 e 12-13 na base; do clone 12 em relação aos demais no DAP; entre os clones 3-12 e 4-12 a 50% da altura, sendo que a 25, 75 e 100% da altura do tronco não foram verificadas diferenças significativas entre os clones. Para o teor de cerne houve diferenças significativas entre os clones 2-3, 2-4, 2-13, 3-12, 3-13, 4-12 e 12-13 na base; entre os clones 2-3, 2-4, 3-12, 3-13, 4-12 e 12-13 no DAP; 2-3, 3-4, 3-12, 3-13 e 4-12 a 25 e 50% da altura do tronco; sendo que a 75 e 100% não foram verificadas diferenças significativas entre clones; para o teor de alburno houve diferenças significativas entre os clones 2-3, 2-4, 3-12, 3-13 e 4-12 na base e no DAP; 2-

3, 3-4, 3-12 e 3-13 a 25 e 50% da altura do caule; a 75 e 100% não foram verificadas diferenças significativas entre os clones.

Tabela 3. Equações de regressão polinomial e coeficiente de determinação em função da altura (x), para os teores de casca, cerne e albarno dos clones de *E. saligna*

Variável dependente (Y)	Clone	Equação $Y=a+b_1x_1+b_2x^2$	R ²
Casca (%)	02	$Y=16,36-0,29x+0,003x^2$	0,49
	03	$Y=16,86-0,25x+0,002x^2$	0,47
	04	$Y=15,85-0,21x+0,002x^2$	0,43
	12	$Y=12,41-0,16x+0,001x^2$	0,23
	13	$Y=17,20-0,32x+0,003x^2$	0,57
Cerne (%)	02	$Y=58,13-0,35x-0,003x^2$	0,88
	03	$Y=44,15-0,43x-0,0006x^2$	0,79
	04	$Y=48,29-0,14x-0,004x^2$	0,83
	12	$Y=59,85-0,06x-0,006x^2$	0,79
	13	$Y=52,54+0,01x-0,006x^2$	0,83
Albarno (%)	02	$Y=25,51+0,65x+1E-0,5x^2$	0,88
	03	$Y=38,98+0,68x-0,002x^2$	0,82
	04	$Y=35,85+0,35x+0,002x^2$	0,83
	12	$Y=27,74+0,21x+0,004x^2$	0,80
	13	$Y=30,26+0,30x+0,003x^2$	0,84

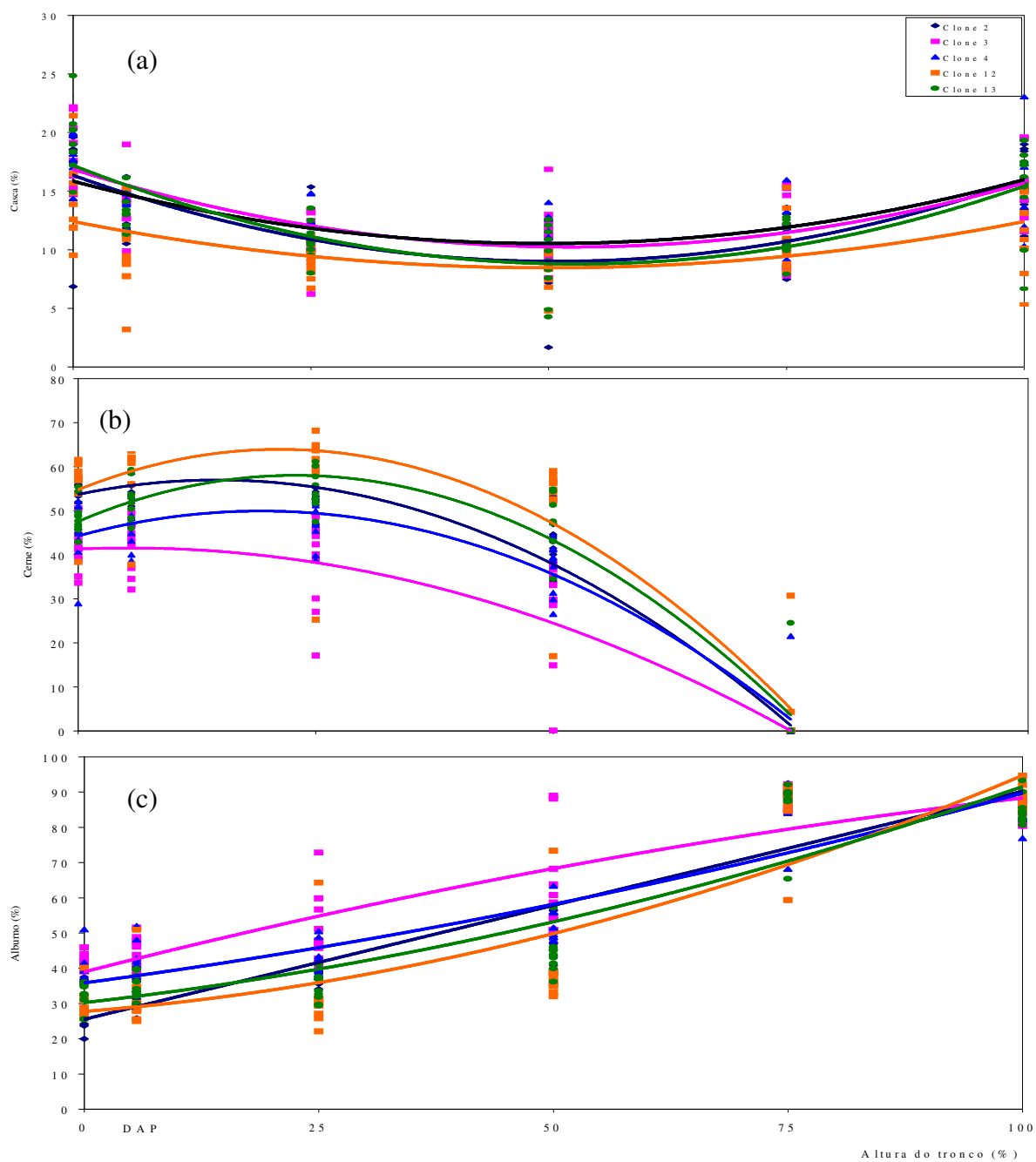


Figura 2- Componentes do tronco (%) dos clones de *E. saligna* (a) casca, (b) cerne, (c) alburno

Tabela 4. Teores médios de casca, cerne e alburno nas diferentes porcentagens da altura do tronco dos clones de *E. saligna*

Variável/ Altura do caule (%)	Clone (n°)									
	02		03		04		12		13	
	Média		Média		Média		Média		Média	
Casca (%)										
Base	18,1	A B	18,4	A	17,7	A B	14,5	B	19,3	A
DAP	12,8	A	14,2	A	12,8	A	9,5	B	13,3	A
25	10,9	A	10,8	A	11,1	A	9,0	A	10,7	A
50	9,0	A B	11,5	A	11,6	A	8,3	B	9,1	A B
75	11,2	A	11,4	A	11,6	A	10,6	A	10,9	A
100	15,7	A	15,5	A	15,9	A	11,8	A	15,0	A
Cerne (%)										
Base	55,4	A	41,0	C	44,7	B C	55,9	A	48,6	B
DAP	55,0	A B	42,0	D	47,1	C D	59,5	A	52,1	B C
25	52,0	A B	38,0	C	48,0	B	58,8	A	54,6	A B
50	41,5	A B	24,6	C	36,9	B	51,7	A	46,6	A B
75	0	A	0	A	2,1	A	3,5	A	2,4	A
100	0	A	0	A	0	A	0	A	0	A
Albur (%)										
Base	26,5	C	40,6	A	37,6	A B	29,6	C	32,1	B C
DAP	32,1	C	43,8	A	40,1	A B	31,0	C	34,6	B C
25	37,2	B	51,2	A	41,0	B	32,2	B	34,7	B
50	49,5	B	63,9	A	51,4	B	39,9	B	44,3	B
75	88,7	A	88,6	A	86,2	A	85,9	A	86,7	A
100	84,3	A	84,5	A	84,1	A	88,2	A	85,0	A

Médias seguidas de letras diferentes em uma mesma linha diferem entre si (ao nível de 5% de probabilidade)

4.1.3 Teores de casca, cerne e alburno nas diferentes porcentagens da altura do tronco dos clones de *Eucalyptus grandis x urophylla*

Com respeito a variação dos teores de casca, cerne e alburno nas diferentes porcentagens da altura do tronco dos clones de *Eucalyptus grandis x urophylla* é possível observar uma grande homogeneidade entre e dentro de clones para esses componentes do tronco (Figura 3). O modelo de variação é semelhante ao apresentado para as 2 espécies, com maiores teores de casca na base e no topo do tronco (Figura 3a), com o teor de cerne diminuindo da base para o topo do tronco (Figura 3b) e o teor de alburno aumentando da base para o topo do tronco (Figura 3c). Entre os autores que encontraram esta tendência para o gênero mencionam-se Oliveira et al., (1999) que analisaram a madeira de 7 espécies de eucaliptos com 16 anos de idade.

As porcentagens de casca, cerne e alburno mostraram uma tendência polinomial de 2º grau significativa com respeito à altura do tronco (Tabela 5), com pouca variação entre os clones do híbrido para os parâmetros estudados. Os valores do coeficiente de determinação mostraram que a variação dos teores de casca, cerne e alburno são explicados em função da altura do tronco pela curva em 53 (35-63), 88 (86-90) e 86 % (82-90), respectivamente.

Conforme destacado anteriormente, os clones do híbrido de eucalipto apresentam grande homogeneidade, confirmada pelo teste de Tukey (Tabela 6) com uma significância de 5%. Para o teor de casca houve diferenças significativas entre os clones 9-24, 11-24, 15-24 e 24-26 na base; entre os clones 9-24, 11-24 e 15-24 no DAP; entre os clones 15-24 a 75 %; a 25, 50 e 100% da altura do tronco não foram verificadas diferenças significativas entre os clones. Para o teor de cerne houve diferenças significativas entre os clones 9-15, 9-24, 11-15, 11-24, 15-26 e 24-26 no DAP e a 50% da altura do tronco; entre os clones 9-15, 9-24, 11-15, 11-24, 15-24, 15-26 e 24-26 a 25% da altura do tronco; na base, a 75 e a 100% da altura do tronco não foram verificadas diferenças significativas entre os clones. Com referência ao teor de alburno houve diferenças significativas entre os clones 9-15 na base; clones 9-15, 11-15, 15-24 e 15-26 no DAP; clones 9-11, 9-15, 11-15, 11-24, 15-26 e 24-26 a 25% da altura do tronco; clones 9-15, 9-24, 11-15, 11-24, 15-26 e 24-26 a 50% da altura do tronco; entre

os clones 15-26 a 75% da altura do caule; no topo do caule não foram verificadas diferenças significativas entre os clones.

Tabela 5. Equações de regressão polinomial e coeficiente de determinação em função da altura (x), para os teores de casca, cerne e albarno dos clones de *E. grandis x urophylla*

Variável dependente (Y)	Clone	Equação $Y=a+b_1x_1+b_2x^2$	R ²
Casca (%)	09	$Y=13,10-0,23x+0,003x^2$	0,59
	11	$Y=12,32-0,18x+0,002x^2$	0,35
	15	$Y=12,95-0,24x+0,003x^2$	0,57
	24	$Y=16,81-0,34x+0,003x^2$	0,63
	26	$Y=14,03-0,22x+0,002x^2$	0,51
Cerne (%)	09	$Y=61,95-0,28x-0,004x^2$	0,88
	11	$Y=61,15-0,14x-0,005x^2$	0,85
	15	$Y=56,23-0,39x-0,002x^2$	0,89
	24	$Y=58,03-0,43x-0,002x^2$	0,90
	26	$Y=60,30-0,12x-0,005x^2$	0,86
Albarno (%)	09	$Y=24,96+0,52x+0,001x^2$	0,87
	11	$Y=26,53+0,32x+0,003x^2$	0,82
	15	$Y=30,82+0,63x-0,0004x^2$	0,87
	24	$Y=25,15+0,77x-0,001x^2$	0,90
	26	$Y=26,19+0,33x+0,003x^2$	0,86

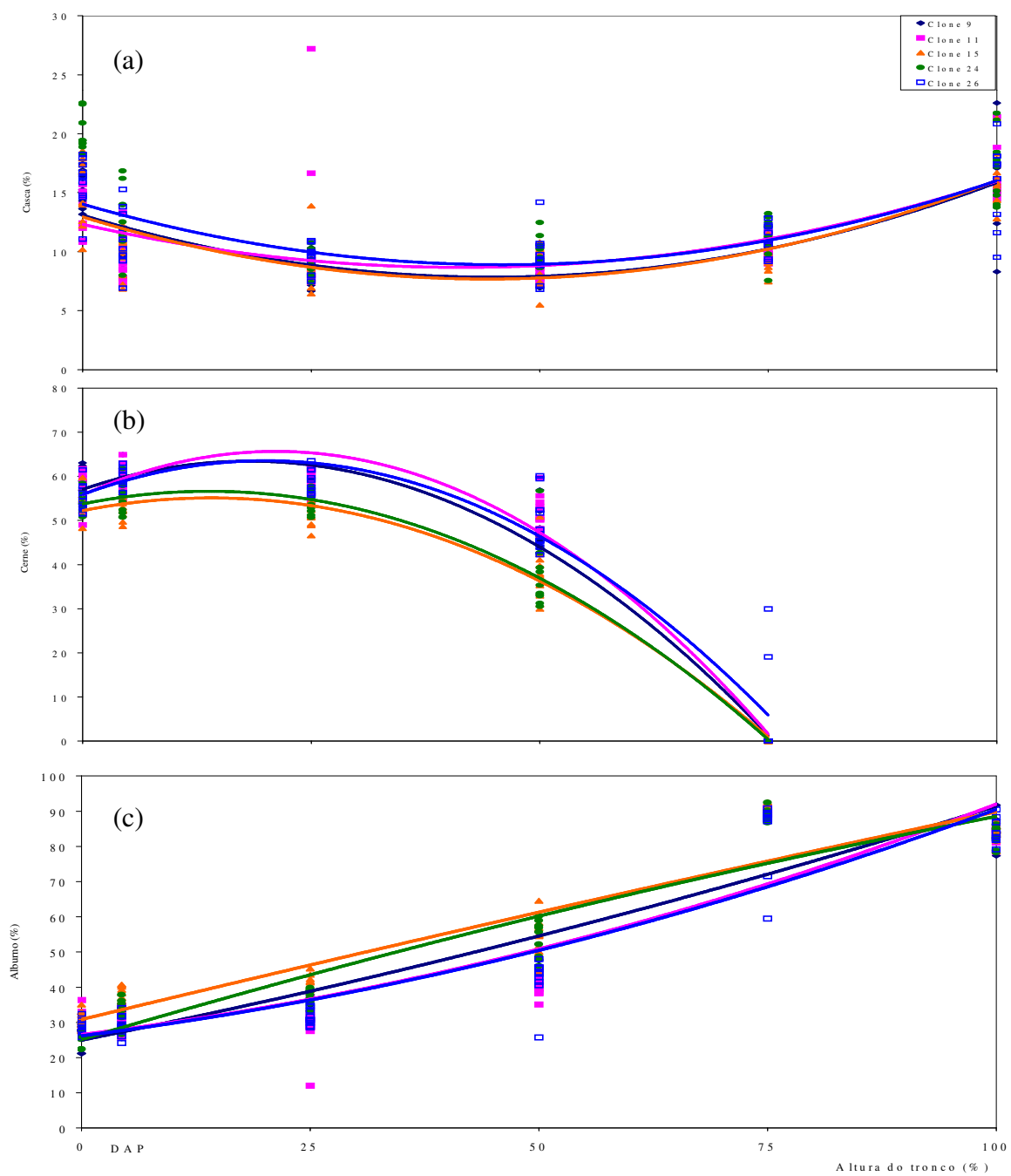


Figura 3- Componentes do tronco (%) dos clones de *E. grandis x urophylla* (a) casca, (b) cerne, (c) alburno

Tabela 6. Teores médios de casca, cerne e alburno nas diferentes porcentagens da altura do tronco dos clones de *E. grandis x urophylla*

Variável/ Altura do caule (%)	Clone (n°)														
	09		11		15		24		26						
	Média		Média		Média		Média		Média						
Casca (%)															
Base	15,3	B	13,6	B	15,0	B	19,9	A	15,9	B					
DAP	9,8	B	9,1	B	9,6	B	12,7	A	11,1	A	B				
25%	8,2	A	11,2	A	8,4	A	8,7	A	9,5	A					
50%	8,8	A	8,5	A	8,7	A	9,9	A	9,5	A					
75%	10,2	A B	10,1	A B	9,7	B	11,3	A	11,0	A	B				
100%	15,7	A	16,5	A	16,1	A	17,2	A	15,9	A					
Cerne (%)															
Base	57,9	A	56,9	A	54,2	A	54,2	A	55,3	A					
DAP	60,9	A	60,1	A	52,3	B	55,1	B	60,9	A					
25%	57,9	A	59,7	A	50,8	C	53,9	B	59,1	A					
50%	46,6	A	50,9	A	37,4	B	35,9	B	48,1	A					
75%	0	A	0	A	0	A	0	A	4,9	A					
100%															
Albur (%)															
Base	26,9	B	C	29,5	A	B	30,8	A	25,9	C	28,7	A	B	C	
DAP	29,8	B		30,8	B		38,1	A	32,2	B	29,1	B			
25%	33,9	B	C	29,1			40,8	A	37,3	A	B	31,3		C	D
50%	44,6	B		40,6	B		53,9	A	54,1	A		42,3	B		
75%	89,8	A	B	89,9	A	B	90,2	A	88,7	A	B	84,0	B		
100%	84,3	A		83,5	A		83,9	A	82,8	A		84,1	A		

Médias seguidas de letras diferentes em uma mesma linha diferem entre si (ao nível de 5% de probabilidade)

4.1.4 Teores médios de casca, cerne e alburno do tronco dos clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. grandis* x *urophylla*

Os valores percentuais médios de casca, cerne e alburno encontrados para os clones do *E. grandis* foram de 12,49, 44,55 e 42,84 %, respectivamente, com os clones 28, 21 e 31 apresentando valores médios superiores e os clones 21, 31 e 21 os valores médios inferiores (Tabela 7). Os valores de coeficientes de variação médios foram de 6, 7 e 6% correspondentes a casca, cerne e alburno, muito próximos indicando para os valores médios percentuais do cerne uma menor uniformidade entre clones. Lopes (2003) encontrou maiores valores percentuais do cerne e menores do alburno com maior coeficiente de variação para o alburno e muito próximo ao encontrado para o cerne (6,61%) em árvores desta espécie com 27 anos, explicado pela idade consideravelmente superior. Valores semelhantes aos anteriores foram encontrados por Silva (2002) ao caracterizar a madeira de árvores de *E. grandis* de 10 até 25 anos de idade.

Oliveira et al. (1999) encontraram valores médios percentuais de casca menores para árvores de eucalipto com 16 anos, ao contrário, para os de alburno que foram semelhantes aos obtidos no sentido base-topo no presente trabalho.

Para os clones de *E. saligna* os valores percentuais médios dos teores de casca, cerne e alburno foram 12,75, 32 e 55,18 %, respectivamente. Assim, os coeficientes de variação médios foram de 10, 17 e 8 % para a casca, cerne e alburno, indicando maior uniformidade para os valores percentuais do alburno, ao contrário do cerne, com uma maior dispersão dos dados que pode ser explicado pela idade das árvores (Tabela 7). O clone 3 apresentou os maiores teores médios de casca e de alburno e o clone 12 os de cerne; os menores valores foram mostrados pelo clone 12 para casca e alburno e pelo clone 3 para o cerne.

Os valores percentuais médios encontrados para a casca, cerne e o alburno do híbrido de eucalipto foram 11,91, 35,76 e 52,37 %, respectivamente. Assim, os coeficientes de variação médios foram de 7, 8 e 5 % para a casca, cerne e alburno, indicando maior uniformidade para os valores percentuais do alburno, ao contrário da casca e do cerne, com maior dispersão dos dados que pode ser devida à idade das

árvores. Os dados dos componentes do tronco coincidem com os apresentados por Paula Neto et al. (1992b), Gouvêa et al. (1997) e Oliveira (1997) para espécies do gênero.

Os teores médios de casca, cerne e alburno das árvores dos clones são condizentes com os apresentados na literatura, com o *E. grandis* mostrando valores médios superiores para o teor de cerne e inferiores para o alburno. Em termos de potencialidade de uso da madeira, isto indica que a madeira desta espécie deve ser usada preferivelmente em produtos ou usos que não requeiram preservantes e não estejam em contato com o solo. O *E. saligna* apresentou valores médios superiores para os teores de casca e alburno, com maior dispersão entre os clones dessa espécie quando comparado com os de *E. grandis* e os do híbrido para os componentes do tronco, semelhante ao obtido por Oliveira et al. (1999) ao caracterizar a madeira de *E. grandis* e de *E. urophylla*. Esses valores superiores de alburno encontrados nas madeiras de *E. saligna* e o híbrido fazem com que seus lenhos possuam maior permeabilidade, maior quantidade de madeira tratável e menor durabilidade natural, conseqüentemente menor susceptibilidade a defeitos de secagem (fendilhamento, empenamento), sendo estes indícios de condições favoráveis para usos ou produtos como postes, moirões de cerca, dormentes, uso mobiliário, etc

Tabela 7. Teores médios dos componentes do tronco dos clones das 2 espécies e híbrido de *Eucalyptus* e estatísticas descritivas

Espécie/Clone	Teores médios dos componentes do tronco (%)		
	Casca	Cerne	Alburno
<i>Eucalyptus grandis</i>			
19	12,07	47,57	40,35
21	11,98	48,04	39,98
27	12,00	43,33	44,14
28	13,57	42,35	44,09
31	12,85	41,48	45,67
Média	12,49	44,55	42,84
Desvio padrão	0,70	3,04	2,53
Coeficiente de variação (%)	6	7	6
<i>E. saligna</i>			
02	12,96	33,97	53,07
03	13,64	24,26	62,10
04	13,47	29,46	56,70
12	10,62	38,25	51,13
13	13,05	34,06	52,88
Média	12,75	32,00	55,18
Desvio padrão	1,22	5,32	4,37
Coeficiente de variação (%)	10	17	8
<i>E. grandis x urophylla</i>			
09	11,34	37,13	51,53
11	11,50	37,93	50,57
15	11,27	32,46	56,27
24	13,28	33,20	53,51
26	12,17	38,07	49,96
Média	11,91	35,76	52,37
Desvio padrão	0,84	2,71	2,57
Coeficiente de variação (%)	7	8	5

4.2 Densidade básica da madeira dos clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*

4.2.1 Densidade básica da madeira nas porcentagens da altura do tronco dos clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*

Os valores de densidade básica da madeira mostraram variações no sentido longitudinal do tronco, expresso pelas diferentes porcentagens da altura do tronco dos clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla* analisadas (Figura 4). A variação longitudinal da densidade básica da madeira no tronco dos clones de *E. grandis* decresceu da base até o DAP, a partir deste ponto aumentou em direção ao topo. A densidade básica média da madeira obtida para o *E. grandis* (Figura 4a) foi de 0,46 g/cm³, onde o clone 19 apresentou o menor valor médio e o clone 31 o máximo valor médio, equivalentes a 0,41 e 0,49 g/cm³, respectivamente. Valores próximos foram obtidos por autores como Carpim & Barrichelo (1984); Souza et al. (1986), Migliorini et al. (1988) e Lopes (2003).

Em relação à variação longitudinal da densidade básica da madeira no tronco dos clones de *E. saligna* verificou-se a existência de 3 modelos de variação, sendo (i) modelo similar ao do *E. grandis*, apresentado pelos clones 2 e 12. (ii) modelo de variação caracterizado pelo pequeno aumento dos valores de densidade básica da madeira, no sentido base-topo, apresentado pelos clones 3 e 4 e (iii) modelo de variação caracterizado pela diminuição da densidade básica da madeira, no sentido longitudinal, apresentado pelo clone 13. A densidade básica média da madeira obtida para o *E. saligna* foi de 0,47 g/cm³, onde o clone 4 apresentou o menor valor médio e o clone 2 o máximo valor médio, equivalentes a 0,46 e 0,49 g/cm³, respectivamente. Nessa espécie observou-se grande homogeneidade entre os seus clones, com uma dispersão mais acentuada dos valores de densidade no clone 3 (Figura 4b). Inúmeros autores verificaram os modelos de variação longitudinal da densidade básica da madeira apresentados pelas 2 espécies (Busnardo et al. 1983; Barrichelo & Brito, 1984; Souza et al. 1986; Shimoyama & Barrichelo, 1991; Ferreira, 1993; Oliveira, 1997; Carvalho, 2000; Lopes, 2003).

Os valores de densidade básica da madeira, no sentido longitudinal do tronco dos clones de *E. grandis x urophylla* mostraram um modelo de variação caracterizado pelo aumento da densidade da base até o topo, com uma dispersão dos seus valores dentre e entre os clones do híbrido (Figura 4c). Esta tendência apresentada pelo híbrido de eucalipto difere da encontrada por Carvalho (2000) que relata para este híbrido aos 7 anos de idade uma variação da densidade no sentido longitudinal da árvore decrescente até o DAP e crescente a partir deste ponto. A densidade básica média da madeira obtida para o híbrido de eucalipto foi de $0,49 \text{ g/cm}^3$, onde o clone 15 apresentou o menor valor médio e o clone 26 o máximo valor médio, equivalentes a $0,46$ e $0,52 \text{ g/cm}^3$, respectivamente.

De modo geral, a variação da densidade básica da madeira mostrou uma tendência polinomial de 2º grau significativa em relação à altura do tronco dos clones das 2 espécies e híbrido de eucalipto com uma significância de 5%, porém os clones 3 e 12 do *E. saligna* não se mostraram significativos para o polinômio linear e quadrático. Foi observada uma maior variação entre os clones de *E. grandis* e uma menor variação para o híbrido de eucalipto, seguido do *E. saligna*; no entanto, os valores de R^2 mostraram que a altura do tronco explica esta variação em 45 (20-60), 30 (18-36) e 55 % (42-86) para o *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*, respectivamente (Tabela 8).

Tanto os valores médios de densidade básica da madeira como o padrão de variação no sentido base-topo dos clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla* são coerentes com os divulgados por outros pesquisadores para o gênero *Eucalyptus* (Ferreira 1972, Panshin & De Zeeuw 1980, Barrichello et al. 1983, Barrichello & Brito 1984, Carpim & Barrichello 1984, Souza et al. 1986, Gaiotto 1993, Evans et al. 1997, Arango & Hoyos 1999).

As diferenças das médias da densidade básica da madeira com 5% de significância entre os clones do *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*, nas 6 porcentagens da altura do tronco, são mostradas na Tabela 9 e explicitadas a seguir.

Para o *E. grandis* houve diferenças significativas na base do tronco entre os clones 19-21, 19-28, 19-31, 21-28, 21-31, 27-28, 27-31; na altura do DAP entre os

clones 19-21, 19-27, 19-28, 19-31, 21-28, 21-31, 27-28 ; a 25% da altura para os clones 19-21, 19-27, 19-28, 19-31, 21-27, 21-28, 27-28, 27-31, 28-31; a 50 % da altura para os clones 19-21, 19-27, 19-28, 19-31, 21-27, 27-28, 27-31; a 75% da altura para os clones 19-21, 19-27, 19-28, 19-31, 21-27, 27-28; 27-31 e a 100% da altura para os clones 19-21, 19-28, 19-31, 21-31, 27-28, 27-31.

Para o *E. saligna* houve diferenças significativas na base do tronco entre os clones 2-3, 2-4, 2-12, 3-4, 3-13, 4-12, 4-13, 12-13; no DAP entre os clones 2-4, 4-13 e a 100% da altura para os clones 2-4, 2-13; a 25 e 50% da altura do tronco entre os clones 4-13, sendo que a 75% não houve diferenças significativas entre os clones da espécie.

Para o *E. grandis x urophylla* houve diferenças significativas na base do tronco entre os clones 9-24, 11-24, 15-24, 15-26; no DAP entre os clones 9-24, 9-26, 11-15, 11-24, 15-24, 15-26, 24-26; a 25% entre os clones 9-15, 9-24, 11-15, 11-24, 15-24, 15-26, 24-26; a 50% entre os clones 9-15, 9-24, 9-26, 11-15, 11-24, 15-24, 15-26; a 75% entre os clones 9-11, 9-15, 9-24, 9-26, 11-15, 15-24, 15-26 e a 100% da altura do tronco entre os clones 9-11, 9-15, 9-26, 11-15, 15-24, 15-26.

Tabela 8. Equações de regressão polinomial e coeficiente de determinação em função da altura do tronco (x) para a densidade básica da madeira (Y) dos clones das 2 espécies e híbrido de *Eucalyptus*

Espécie	Clone	Equação $Y=a+b_1x_i+b_2x^2$	R ²
<i>E. grandis</i>	19	$Y=0,40-0,0005x+0,00001x^2$	0,60
	21	$Y=0,44-0,00003x+0,000006x^2$	0,59
	27	$Y=0,44-0,001x+0,00001x^2$	0,20
	28	$Y=0,51-0,001x+0,00001x^2$	0,36
	31	$Y=0,48-0,001x+0,00002x^2$	0,48
	02	$Y=0,50-0,0007x+0,000007x^2$	0,18
<i>E. saligna</i>	03*		
	04	$Y=0,44+0,0007x-0,000006x^2$	0,35
	12*		
<i>E. grandis x urophylla</i>	13	$Y=0,02+0,48x+3,34x^2$	0,36
	09	$Y=0,46-0,0006x-1,93E-7x^2$	0,52
	11	$Y=0,46+0,001x-0,000002x^2$	0,86
	15	$Y=0,44+0,0006x+0,000003x^2$	0,42
	24	$Y=0,50+0,0007x-0,000003x^2$	0,46
	26	$Y=0,48+0,0006x+6,94E-7x^2$	0,50

(*) equações da regressão linear e quadrática não significativas ao nível de 5% de probabilidade.

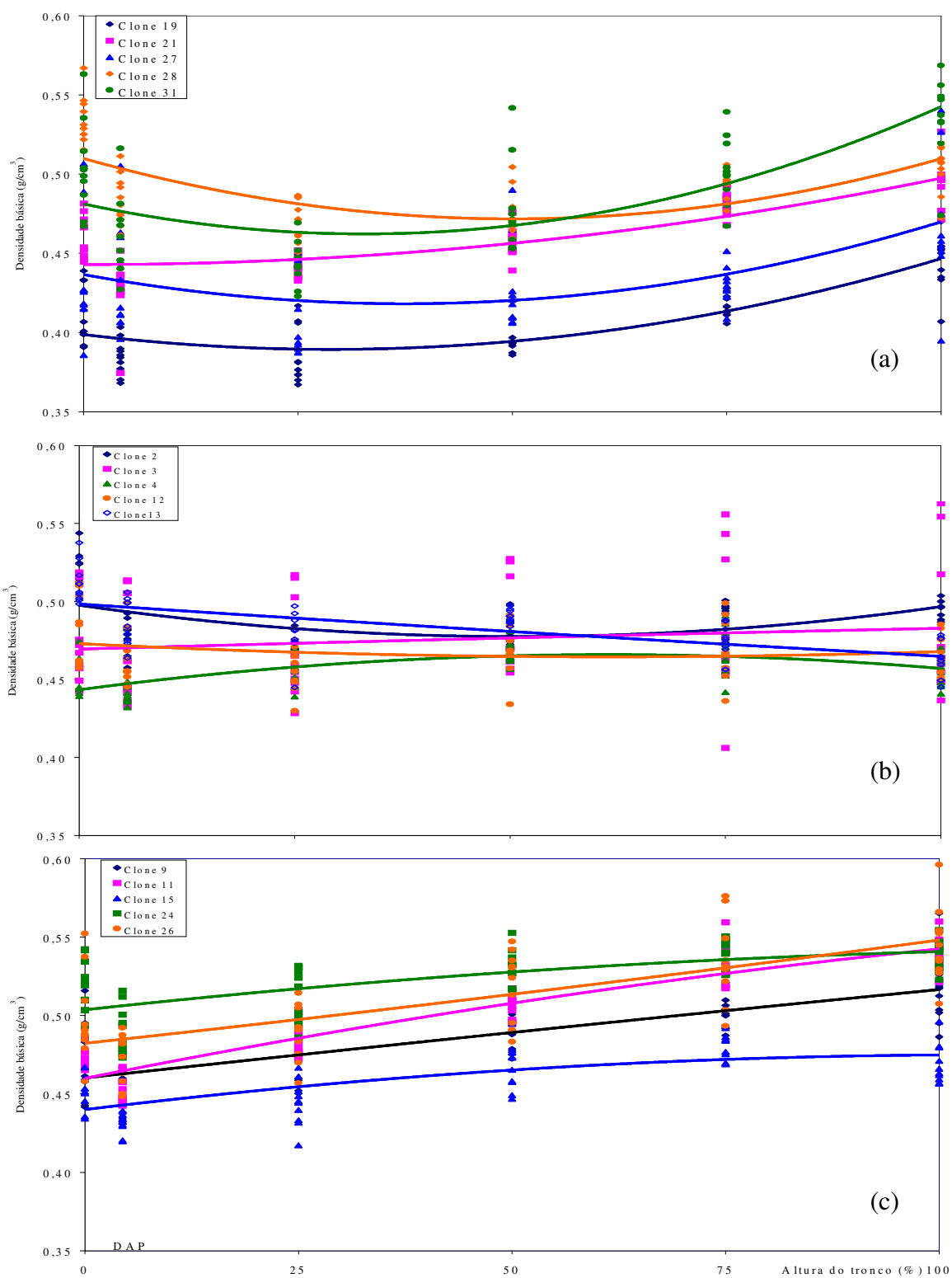


Figura 4- Densidade básica da madeira nas porcentagens da altura do tronco dos clones (a) *E. grandis*, (b) *E. saligna*, (c) *E. grandis x urophylla*

Tabela 9. Densidade básica média da madeira das 2 espécies e híbrido de eucalipto nas diferentes porcentagens de altura do tronco

Variável/Altura do caule (%)	Clone (n°)														
	19			21			27			28			31		
	Média			Média			Média			Média			Média		
<i>E. grandis</i>															
Base	0,41		C	0,46		B	0,44		B C	0,53		A	0,50		A
DAP	0,38			0,43		C	0,43		B C	0,48		A	0,46		A B
25	0,39		D	0,44		B	0,41			0,47		A	0,44		B
50	0,40		C	0,46		A	0,43		B	0,47		A	0,48		A
75	0,42		C	0,48		A	0,44		B	0,49		A	0,50		A
100	0,44		D	0,50		B C	0,47		C D	0,50		A B	0,54		A
<i>E. saligna</i>															
Base	0,51		2	0,48		3	0,45		4	0,48		12	0,51		13
DAP	0,48		A	0,46		A B	0,44		B	0,46		A B	0,48		A
25	0,47		A B	0,47		A B	0,45		B	0,46		A B	0,48		A
50	0,48		A B	0,48		A B	0,47		B	0,47		A B	0,49		A
75	0,49		A	0,48		A	0,47		A	0,47		A	0,47		A
100	0,49		A	0,48		A B	0,45		B	0,46		A B	0,46		B
Híbrido															
Base	0,47		9	0,47		11	0,46		15	0,52		24	0,50		26
DAP	0,45		B C	0,45		B C	0,43			0,49		A	0,47		B
25	0,47		B	0,48		B	0,44		C	0,51		A	0,48		B
50	0,49		C	0,51		B C	0,47			0,53		A	0,52		A B
75	0,51		B	0,53		A	0,48		C	0,54		A	0,53		A
100	0,52		B	0,54		A	0,47		C	0,54		A B	0,54		A

Médias seguidas de letras diferentes em uma mesma linha diferem entre si (ao nível de 5% de probabilidade)

4.2.2 Densidade básica média da madeira dos clones de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*

A densidade básica da madeira (Tabela 10) foi mais alta no híbrido e, em seguida, no *E. saligna* e *E. grandis* com valores de 0,49, 0,47 e 0,46 g/cm³ respectivamente. Valores semelhantes de densidade básica da madeira nas 2 espécies e híbrido foram constatados na literatura (Barrichelo & Brito, 1977; Sturion et al., 1987; Wilkes, 1988; Vital et al., 1994; Paula, 1995; Tomazello, 1998; Silva et al., 2003).

O desvio padrão e o coeficiente de variação indicam maior homogeneidade para os clones de *E. saligna* e uma maior dispersão (heterogeneidade) entre os clones de *E. grandis*. Gaiotto (1993) avaliando a madeira de *E. saligna* e de *E. urophylla* para a produção de lâminas descreveu a madeira do *E. saligna* como a mais homogênea.

Tabela 10. Densidade básica da madeira e estatísticas descritivas dos clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*

Espécie	Clone (nº)	Densidade básica da madeira (g/cm ³)	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
<i>E. grandis</i>	19	0,41	0,03	7,47
	21	0,46		
	27	0,44		
	28	0,49		
	31	0,49		
	Média	0,46		
<i>E. saligna</i>	02	0,49	0,01	2,40
	03	0,48		
	04	0,46		
	12	0,47		
	13	0,48		
	Média	0,47		
<i>E. grandis x urophylla</i>	09	0,48	0,02	4,87
	11	0,50		
	15	0,46		
	24	0,52		
	26	0,51		
	Média	0,49		

4.3 Anatomia da madeira dos clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*

A descrição quantitativa e qualitativa da estrutura anatômica da madeira dos clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla* é apresentada a seguir e no Anexo A.

4.3.1 Estrutura anatômica da madeira dos clones de *Eucalyptus grandis*

Cerne distinto do alburno e de cor rosa claro, brilho moderado, odor imperceptível, gosto imperceptível, densidade de massa baixa a média, macia ao corte, grã direita, textura média. Camadas de crescimento bem distintas, demarcadas pela espessura da parede celular das fibras. Vasos visíveis a olho nu e sob lente (10x); difusos; arranjo diagonal; solitários predominantes (97%) e múltiplos de 2 (geminados) (3%), frequência 9-14/mm²; diâmetro tangencial do lume 61,44-138,7µm, média 106µm e desvio padrão 20,49, de formato ovalado com maior frequência do que o esférico; comprimento 242,04-509,29 µm, média 336,19 µm e desvio padrão 90,42; apêndice curto, menor que 1/3 do comprimento do vaso e em ambos extremos; placas de perfuração simples; depósitos indistintos; pontoações intervasculares indistintas; pontoações raio-vasculares areoladas, alternas, arredondadas, abundantes, diâmetro tangencial 4,46-6,25 µm, média de 5,58µm e desvio padrão de 1,05; pontoações parênquimo-vasculares alternas, circulares a ovaladas, abundantes, diâmetro tangencial 5,16-6,27 µm, média de 5,91µm e desvio padrão de 0,59. Fibras libriiformes com pontoações muito pequenas, septadas, fibrotraqueídes presentes (com pontoações areoladas, grandes), curtas a longas, comprimento 670-1230 µm, média 1030 µm e desvio padrão 0,23; largura 17,71-22,77 µm, média 20,99 µm e desvio padrão 2,01; diâmetro do lume 6,35-10,67 µm, média 9,58 µm e desvio padrão 1,84; espessura da parede delgada 3,64-7,65 µm, média 5,70 µm e desvio padrão 1,52. Parênquima axial invisível a olho nu e distinto sob lente (10x); paratraqueal escasso; células de tipo seriado. Parênquima radial (raios) visível sob lente (10x), unisseriados predominantes (97%) e localmente bisseriados raros (3%); altura 0,16-0,18 mm, média 0,16 mm e desvio padrão 0,01; frequência 13-16/mm, média 15/mm e desvio padrão 1,36;

homocelulares, procumbentes; com 6-21 linhas de células; largura variando de 13,96-19,12 μm (Figura 5).

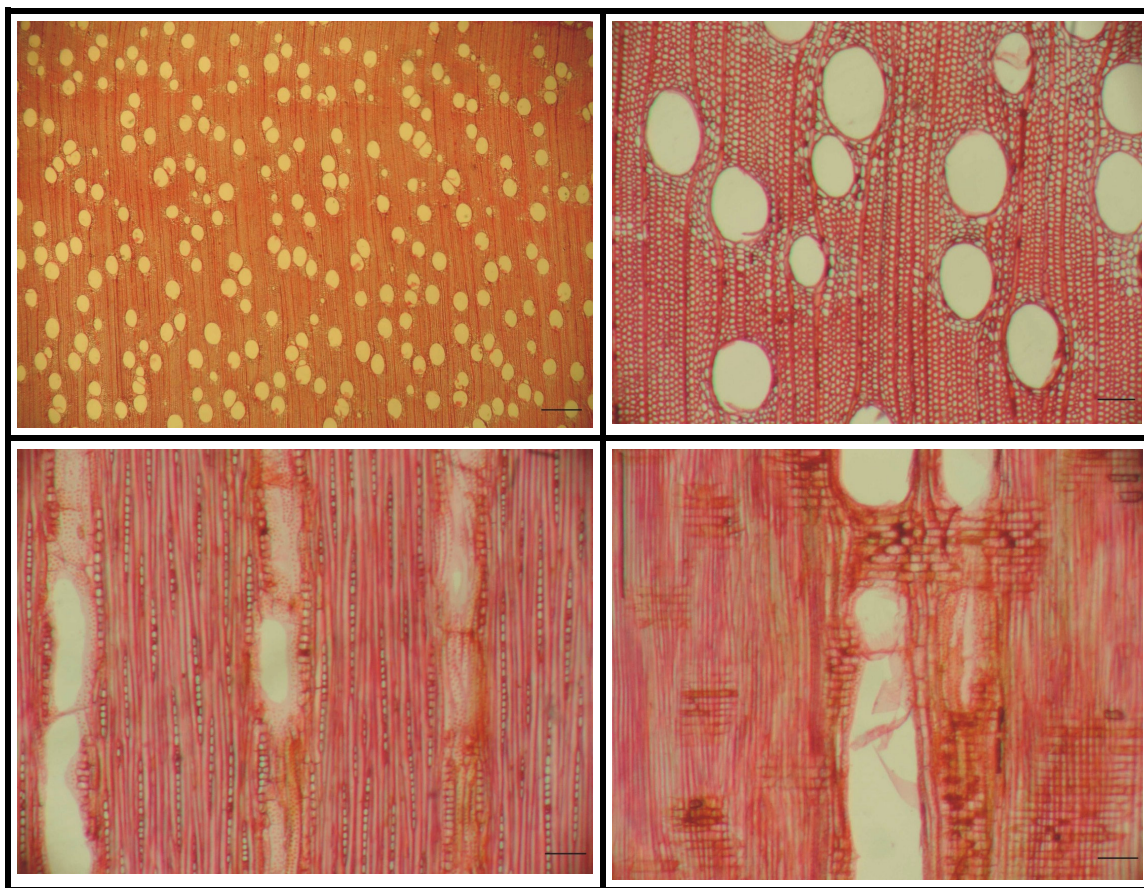


Figura 5- *Eucalyptus grandis* – (a) seção transversal (10x), (b) seção transversal (50x), (c) seção longitudinal tangencial (50x) e (d) seção longitudinal radial (50x). Escala de barra ____ 10x = 1mm; 50x = 250 μ m.

4.3.2 Estrutura anatômica da madeira dos clones de *Eucalyptus saligna*

Cerne distinto do albarno e de cor rosa escuro a rosa claro, brilho moderado, odor imperceptível, gosto imperceptível, densidade de massa baixa a média, macia ao corte, grã direita, textura média. Camadas de crescimento pouco demarcadas devido à maior espessura da parede das fibras em ambos os lenhos (primaveral e outonal), sem contraste. Vasos visíveis a olho nu ou lente (10x); difusos; arranjo diagonal; solitários (98%) e múltiplos (2%) em grupos de 2, frequência 10-12/mm²; diâmetro tangencial do lume 80,73-161,4µm, média 100,61µm e desvio padrão 20,12 e forma ovalada a circular; comprimento 211,43-418,24 µm, média 325,42 µm e desvio padrão 94,1; apêndice curto, menor que 1/3 do comprimento do vaso e em ambos extremos; placas de perfuração simples; depósitos indistintos; pontoações intervasculares indistintas; pontoações raio-vasculares areoladas, alternas, arredondadas, abundantes, diâmetro tangencial 2,69-6,06 µm, média de 4,07 µm e desvio padrão de 1,19; pontoações parênquimo-vasculares alternas, circulares a ovaladas, abundantes, diâmetro tangencial 3,71-5,62 µm, média de 4,87 µm e desvio padrão de 0,76. Fibras com pontoações indistintas, curtas a longas, comprimento 640-1170 µm, média 950 µm e desvio padrão 0,22; largura 16,52-20,12 µm, média 18,67 µm e desvio padrão 1,32; diâmetro do lume 8,56-11,35 µm, média 10,14 µm e desvio padrão 1,07; espessura da parede delgada 3,33-5,78 µm, média 5,01 µm e desvio padrão 1,98; fibrotraqueídes, com pontoações areoladas grandes. Parênquima axial abundante invisível a olho nu e distinto sob lente (10x); vasicêntrico com bainhas mais largas, as vezes localizadas em maior quantidade em um dos lados do vaso, outras vezes envolvendo todo o arranjo oblíquo dos vasos; células de tipo seriado. Parênquima radial (raios) visível sob lente (10x), unisseriados (97%) e bisseriados (3%); altura 0,15-0,18 mm, média 0,16 mm e desvio padrão 0,01; frequência 10-16/mm, média 13/mm e desvio padrão 2,35; homocelulares, procumbentes; com 4-12 linhas de células; largura variando de 11,11-23,36 µm (Figura 6).

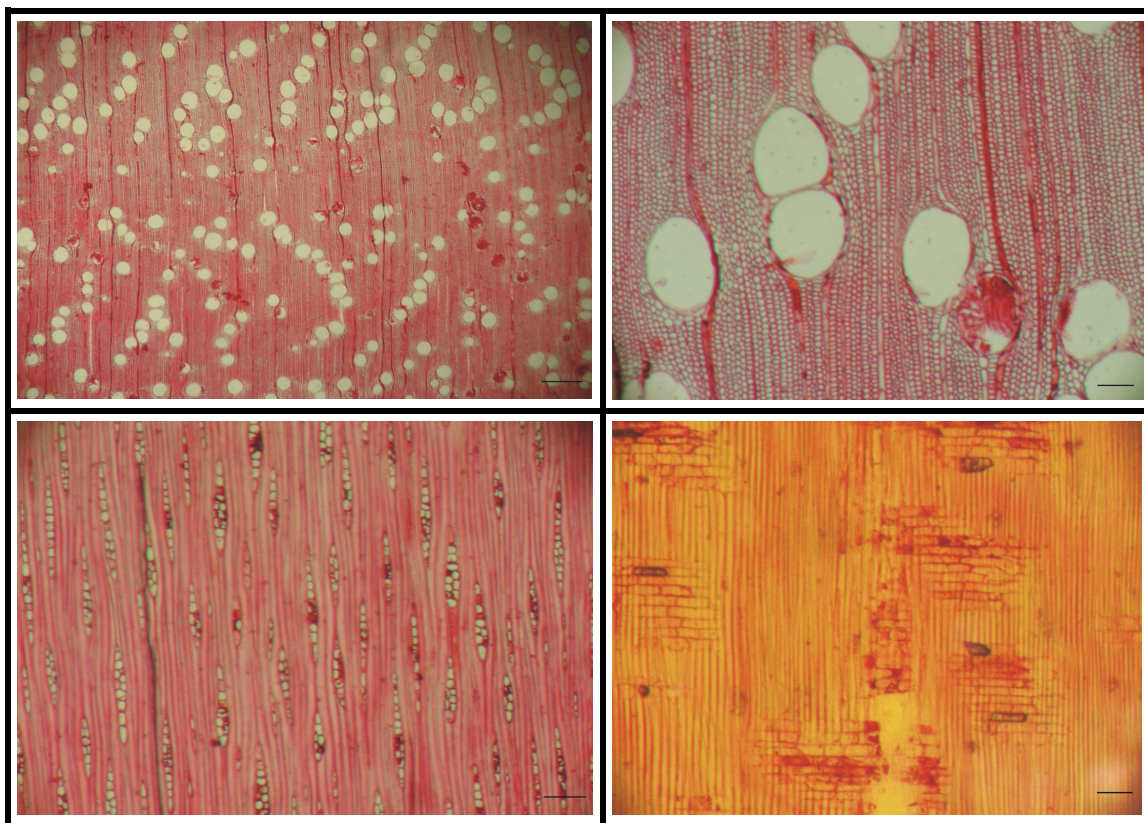


Figura 6- *Eucalyptus saligna* – (a) seção transversal (10x), (b) seção transversal (50x), (c) seção longitudinal tangencial (50x) e (d) seção longitudinal radial (50x). Escala de barra ____ 10x = 1mm; 50x = 250 μ m.

4.3.3 Estrutura anatômica da madeira dos clones de *Eucalyptus grandis x urophylla*

Cerne distinto do albarno e de cor rosa claro, brilho moderado, odor imperceptível, gosto imperceptível, densidade de massa baixa a média, macia ao corte, grã direita, textura média. Camadas de crescimento pouco demarcadas devido à espessura da parede das fibras nos dois lenho (primaveril e outonal). Vasos visíveis a olho nu ou lente (10x); difusos; arranjo diagonal; solitários predominantes (98%), raros geminados (2%), as vezes formando arranjos oblíquos, frequência 8-13/mm²; diâmetro tangencial do lume 76,91-133,25 µm, média 103,63 µm e desvio padrão 14,81 e forma predominante ovalada a circular; comprimento 239,86-482,78 µm, média 342,26 µm e desvio padrão 104,79; apêndice curto, menor que 1/3 do comprimento do vaso e em ambos extremos; placas de perfuração simples; depósitos indistinto; pontoações intervasculares indistintas; pontoações raio-vasculares areoladas, alternas, arredondadas, abundantes, diâmetro tangencial 4,59-7,43 µm, média de 5,33 µm e desvio padrão de 1,03; pontoações parênquimo-vasculares alternas, circulares a ovaladas, abundantes, diâmetro tangencial 4,28-6,56 µm, média de 5,43µm e desvio padrão de 0,87. Fibras com pontoações indistintas, curtas a longas, fibrotraqueídes presentes, com pontoações areoladas, grandes, comprimento 620-1270 µm, média 1030 µm e desvio padrão 0,25; largura 17,28-20,93 µm, média 19,69 µm e desvio padrão 1,59; diâmetro do lume 7,33-10,48 µm, média 9,68 µm e desvio padrão 1,32; espessura da parede delgada com 3,48-6,71 µm, média 5,01 µm e desvio padrão 1,98. Parênquima axial invisível a olho nu e distinto sob lente (10x); vasicêntrico, de bainhas estreitas; células de tipo seriado. Parênquima radial (raios) visível sob lente (10x), unisseriados (97%) e bisseriados (3%); altura 0,16-0,20 mm, média 0,18 mm e desvio padrão 0,02; frequência 10-17/mm, média 14/mm e desvio padrão 2,9; homocelulares, procumbentes; com 10-19 linhas de células; largura variando de 9,13-17,95 µm (Figura 7).

Os resultados da análise da estrutura anatômica da madeira das 2 espécies e híbrido de eucaliptos foram semelhantes aos descritos na literatura, embora fossem encontradas pequenas diferenças (Foelkel, 1978; Demuner & Bertolucci, 1993; Malan, 1995; Oliveira, 1997; Florsheim et al. 2000; Silva, 2002; Silva, 2003). Os elementos de vaso apresentados pelas 2 espécies e híbrido de eucalipto concordam, de modo geral,

com inúmeros autores (Dadswell, 1972; Bamber et al. 1982; Foelkel et al. 1983; Tomazello Filho, 1985; Shimoyama, 1990; Rocha et al., 2002), com diferenças na sua frequência, diâmetro tangencial e comprimento, inferiores aos obtidos por alguns autores (Alfonso, 1987; Paula, 1995; Oliveira, 1997; Silva, 2002). Em relação ao parênquima axial paratraqueal escasso nas 2 espécies e híbrido difere do descrito por Alfonso (1987) e Dadswell (1972) que mencionam parênquima paratraqueal vasicêntrico e apotraqueal difuso, respectivamente. As dimensões do parênquima radial são, em geral, concordantes com as da literatura (Dadswell, 1972; Alfonso, 1983; Alfonso, 1987; Tomazello Filho, 1985; Paula, 1995; Oliveira, 1997; Silva, 2002).

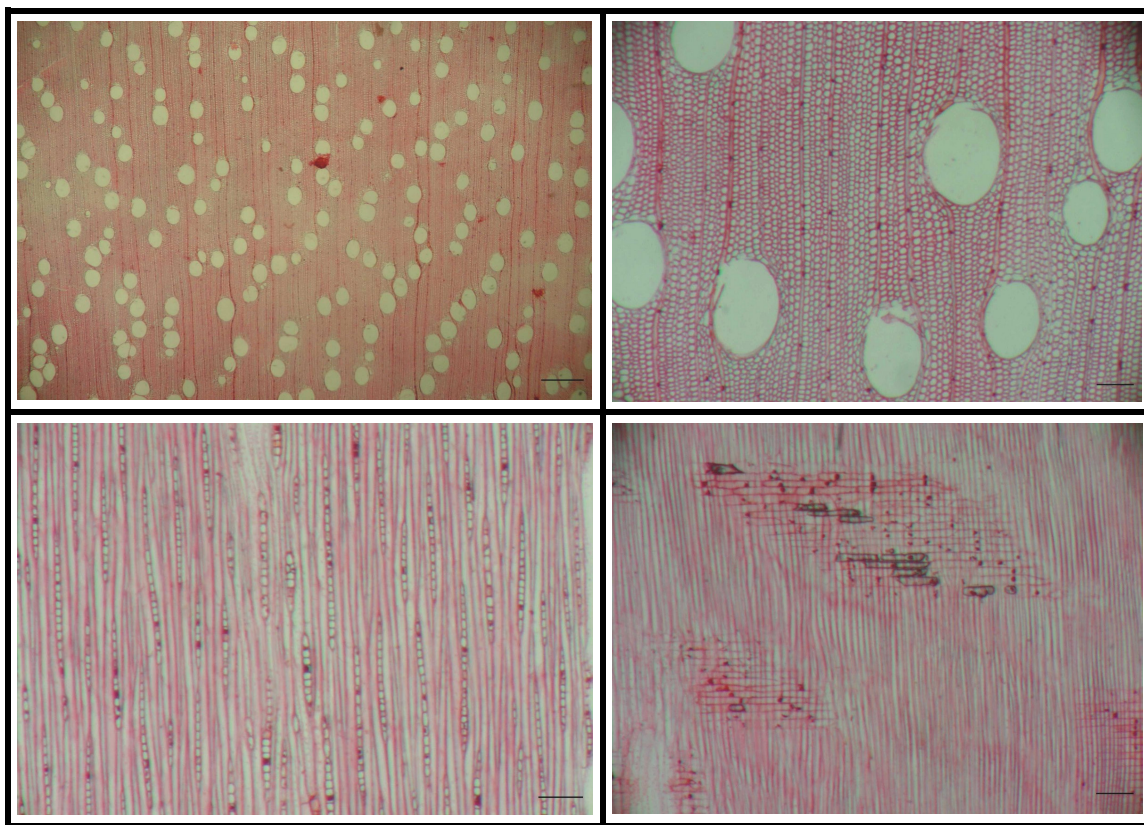


Figura 7- *Eucalyptus grandis x urophylla* – (a) seção transversal (10x), (b) seção transversal (50x), (c) seção longitudinal tangencial (50x) e (d) seção longitudinal radial (50x). Escala de barra ____ 10x = 1mm; 50x = 250 μ m.

4.4 Variação radial da madeira dos clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*

4.4.1 Variação radial das dimensões das fibras dos clones de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*

4.4.1.1 Variação radial das dimensões das fibras dos clones de *E. grandis*

As variações radiais das dimensões das fibras dos clones de *E. grandis* são apresentadas na Figura 8. As fibras tiveram um expressivo aumento no seu comprimento, da medula até cerca de 75% do raio das amostras, quando os valores mostraram tendência a estabilização; apesar do modelo de variação ser praticamente o mesmo entre os clones, verificam-se diferenças nas dimensões das fibras (Figura 8a). A largura das fibras mostrou a mesma tendência observada para o comprimento, até 75% do raio das amostras, quando se verificou uma redução do seu valor; diferenças entre clones também foram notadas (Figura 8b). O diâmetro do lume das fibras mostrou uma redução gradativa no sentido radial, acentuada a partir de 50-75% do raio das amostras, com variações entre clones, com destaque para os clones 19 e 27 (Figura 8c). A espessura da parede das fibras mostrou nítido modelo de crescimento no sentido radial e homogeneidade dos valores entre clones, a exceção do clone 19, com espessura de parede mais reduzida (Figura 8d). As respectivas tendências e valores observados nas dimensões das fibras ao longo da seção radial, principalmente para o comprimento e espessura da parede das fibras, são indicadores da presença de madeira juvenil até aproximadamente 75% da seção radial (corresponde a ± 7 anos) e, a partir deste ponto, a formação de madeira de transição e, após, a adulta ao se estabilizar e/ou aumentar na região próxima à casca, observou-se nos perfis densitométricos dos clones (Anexo B).

Observou-se uma tendência polinomial de 2º grau significativa em relação às dimensões das fibras e as diferentes porcentagens do raio das amostras do lenho dos clones de *E. grandis*. O coeficiente de determinação R^2 mostrou que a variação do comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura das fibras em função da distância medula-casca é explicada pela curva em 90, 77, 68 e 94 %, respectivamente. As

dimensões das fibras mostraram uma influência da distância medula-casca, exceto para o diâmetro do lume das fibras, que mostrou grande variabilidade radial (Tabela 11).

A análise de comparação das médias das dimensões das fibras entre os clones de *E. grandis* nas 5 diferentes porcentagens dos raios das amostras com 5% de significância é apresentada na Tabela 12. Na região da medula (0%) verificaram-se diferenças significativas entre os clones 19-28 e 21-28 para a largura das fibras; a 25% do raio entre os clones 19-28 para a espessura da parede das fibras; a 50% do raio entre os clones 19-21 e 19-28 para o comprimento das fibras; a 75% do raio entre os clones 19-31 para a espessura da parede das fibras e a 100% do raio entre os clones 27-28 para a largura das fibras, 19-28 para o diâmetro do lume.

Tabela 11. Equações de regressão polinomial e coeficiente de determinação em função da distância medula-casca (x) para as dimensões das fibras dos clones de *Eucalyptus grandis*

Variável dependente (Y)	Clone	Equação $Y=a+b_1x_1+b_2x^2$	R ²
Compr. (µm)	19	$Y=655+12,7x-0,06x^2$	0,94
	21	$Y=687+7,4x-0,02x^2$	0,90
	27	$Y=654+12,7x-0,06x^2$	0,94
	28	$Y=794+5,7x-0,01x^2$	0,81
	31	$Y=654+11,8x-0,06x^2$	0,89
Largura (µm)	19	$Y=16,9+0,17x-0,001x^2$	0,77
	21	$Y=16,8+0,14x-0,0009x^2$	0,97
	27	$Y=18,1+0,14x-0,0009x^2$	0,66
	28	$Y=18,9+0,12x-0,001x^2$	0,58
	31	$Y=17,6+0,16x-0,001x^2$	0,88
Diâmetro do lume (µm)	19	$Y=9,43+0,11x-0,001x^2$	0,47
	21	$Y=9,27+0,06x-0,0008x^2$	0,75
	27	$Y=10,8+0,04x-0,0008x^2$	0,49
	28	$Y=11,5-0,001x-0,0006x^2$	0,88
Espessur. (µm)	31	$Y=9,96+0,08x-0,001x^2$	0,79
	19	$Y=3,73+0,03x-0,00001x^2$	0,87
	21	$Y=3,77+0,04x-0,00003x^2$	0,94
	27	$Y=3,62+0,05x-0,00004x^2$	0,98
	28	$Y=3,66+0,06x-0,0002x^2$	0,97
	31	$Y=3,83+0,04x-0,00002x^2$	0,95

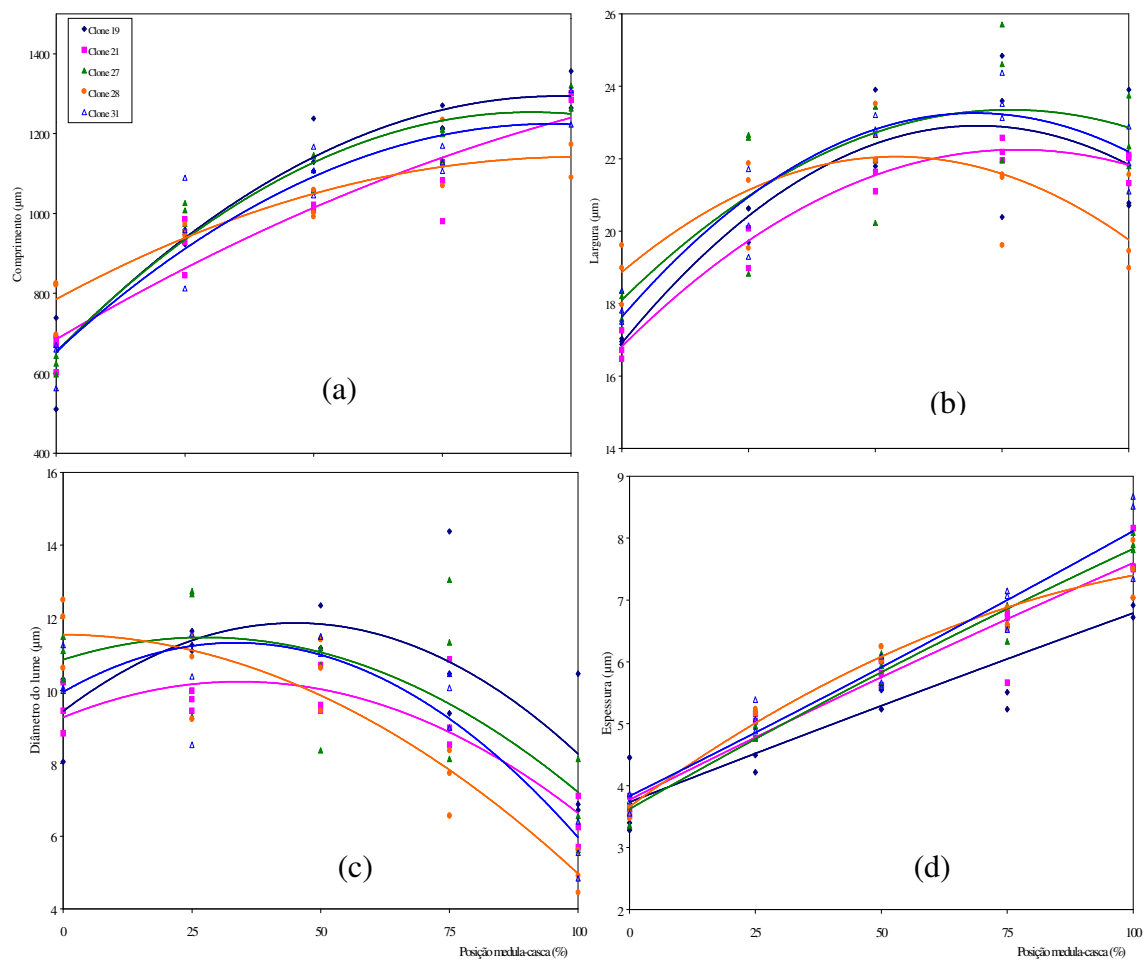


Figura 8- Variação radial das dimensões (μm) das fibras dos clones de *E. grandis* (a) comprimento, (b) largura, (c) diâmetro do lume, (d) espessura

Tabela 12. Dimensões médias das fibras dos clones de *E. grandis* no sentido medula-casca

Dimensão/ Posição med- casca (%)	Clone (n°)									
	19		21		27		28		31	
	Média		Média		Média		Média		Média	
Comprimento (µm)										
0	646,7	A	653,3	A	620	A	783,3	A	630	A
25	943,3	A	923,3	A	1003	A	956,7	A	953,3	A
50	1160	A	1027	B	1117	A B	1017	B	1110	A B
75	1230	A	1063	A	1180	A	1140	A	1137	A
100	1337	A	1290	A	1303	A	1213	A	1260	A
Largura (µm)										
0	16,95	B	16,82	B	18,05	A B	18,85	A	17,89	A B
25	20,32	A	19,71	A	21,36	A	20,94	A	20,39	A
50	22,45	A	21,56	A	21,87	A	22,71	A	22,89	A
75	22,94	A	22,24	A	24,09	A	20,88	A	23,68	A
100	21,80	A B	21,82	A B	22,63	A	20,00	B	21,95	A B
Diâmetro do lumen (µm)										
0	9,53	A	9,50	A	10,96	A	11,72	A	10,44	A
25	11,33	A	9,74	A	11,56	A	10,55	A	10,16	A
50	11,40	A	9,92	A	10,10	A	10,50	A	11,33	A
75	11,40	A	9,45	A	10,84	A	7,55	A	9,84	A
100	8,02	A	6,35	A B	6,77	A B	5,00	B	5,60	A B
Espessura (µm)										
0	3,71	A	3,66	A	3,54	A	3,57	A	3,72	A
25	4,49	B	4,99	A B	4,90	A B	5,20	A	5,12	A B
50	5,52	A	5,82	A	5,90	A	6,11	A	5,78	A
75	5,77	B	6,39	A B	6,63	A B	6,67	A B	6,91	A
100	6,89	A	7,73	A	7,93	A	7,50	A	8,18	A

Médias seguidas de letras diferentes em uma mesma linha diferem entre si (ao nível de 5% de probabilidade)

4.4.1.2 Variação radial das dimensões das fibras dos clones de *E. saligna*

As variações radiais das dimensões das fibras dos clones de *E. saligna* são apresentadas na Figura 9. As fibras mostraram um aumento no comprimento da medula até a casca e apesar da homogeneidade observada e dos modelos de variação serem praticamente os mesmos entre os clones, verificaram-se diferenças nas dimensões das fibras (Figura 9a). A largura das fibras mostrou a mesma tendência observada para o comprimento, com diferenças observadas entre clones (Figura 9b). O diâmetro do lume das fibras mostrou uma redução gradativa no sentido radial, acentuada a partir de 50-75% do raio das amostras, com variações entre clones (Figura 9c). A espessura da parede das fibras mostrou nítido modelo de crescimento no sentido radial e homogeneidade dos valores entre clones, a exceção do 4, com espessura da parede mais reduzida (Figura 9d). As tendências e valores observados nas dimensões das fibras ao longo da seção radial, principalmente para seu comprimento e espessura da parede, são indicadores da madeira juvenil até aproximadamente 75% do raio (± 7 anos) e, a partir deste ponto, inicia-se a formação da madeira de transição e, após, a adulta que se estabiliza na região próxima à casca.

Observou-se uma tendência polinomial de 2^o grau significativa para a maioria dos clones e das dimensões (Tabela 13), sendo observadas tendências polinomiais lineares para a largura (clone 3) e espessura da parede das fibras (clone 4); por outro lado alguns clones não apresentaram tendência polinomial linear e quadrática para a largura (clones 4 e 12), diâmetro do lume (clones 3 e 4) e espessura da parede das fibras (clone 3). O comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras mostraram uma variação em função da distância medula-casca explicada pelas curvas em 95, 55, 54 e 67%, respectivamente.

A comparação das médias das dimensões das fibras entre os clones de *E. saligna* nas 5 diferentes porcentagens do raio das amostras com uma significância de 5% é apresentada na Tabela 14. A 25% do raio verificaram-se diferenças significativas entre os clones 2-13 para o comprimento; a 50% do raio entre os clones 2-3; 3-12 e 4-12 para o comprimento; a 75% do raio entre os clones 3-12 para o comprimento e a 100% do raio entre os clones 2-13; 3-13 e 4-13 para a espessura da parede das fibras.

Tabela 13. Equações de regressão polinomial e coeficiente de determinação em função da distância medula-casca (x) para as dimensões das fibras dos clones de *Eucalyptus saligna*

Variável dependente (Y)	Clone	Equação $Y=a+b_1x_1+b_2x^2$ ou $Y=a+b_1x$	R^2
Compr. (μm)	02	$Y=645+10,3x-0,05x^2$	0,94
	03	$Y=686+5,45x-0,01x^2$	0,92
	04	$Y=608+9,5x-0,04x^2$	0,96
	12	$Y=610+11,9x-0,06x^2$	0,97
	13	$Y=616+6,7x-0,005x^2$	0,94
Largura (μm)	02	$Y=16,9+0,039x-0,0001x^2$	0,60
	03	$Y=17,5+0,03x$	0,27
	04*		
	12*		
	13	$Y=15,4+0,09x-0,0004x^2$	0,77
Diâmetro do lumen (μm)	02	$Y=9,84+0,06x-0,0007x^2$	0,43
	03*		
	04*		
	12	$Y=9,7+0,08x-0,001x^2$	0,46
	13	$Y=9,01+0,1x-0,001x^2$	0,72
Espessur. (μm)	02	$Y=3,55-0,01x+0,0003x^2$	0,60
	03*		
	04	$Y=3,03+0,02x$	0,30
	12	$Y=3,65-0,006x+0,0003x^2$	0,84
	13	$Y=3,19-0,006x+0,0004x^2$	0,95

(*) equações da regressão linear e quadrática não significativas ao nível de 5% de probabilidade.

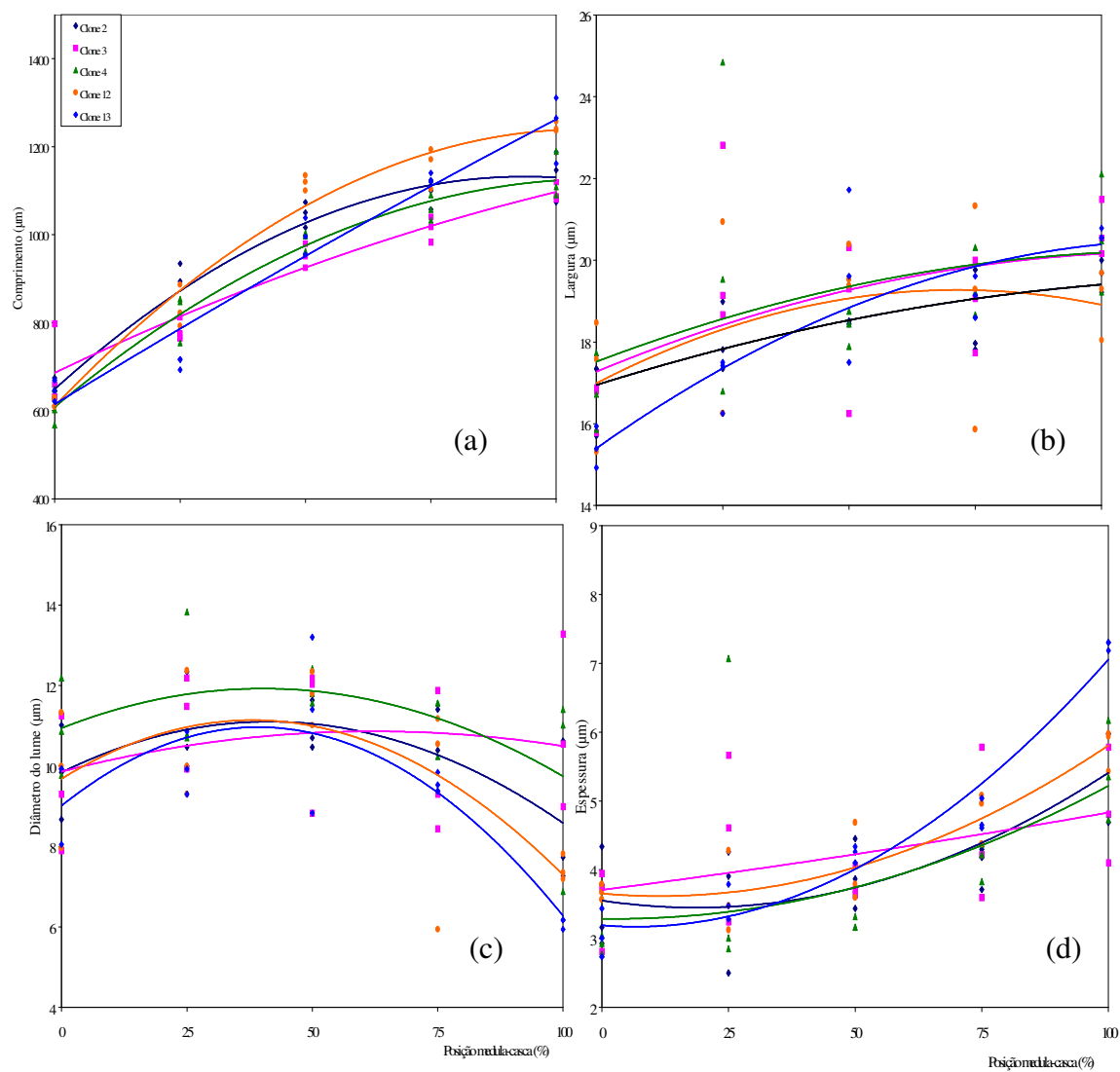


Figura 9-Variação radial das dimensões (μm) das fibras dos clones de *E. saligna* (a) comprimento, (b) largura (μm), (c) diâmetro do lume, (d) espessura

Tabela 14. Dimensões médias das fibras dos clones de *E. saligna* no sentido medula-casca

Dimensão/ Posição med- casca (%)	Clone (n°)									
	02		03		04		12		13	
	Média		Média		Média		Média		Média	
Comprimento (μm)										
0	646,7	A	696,7	A	606,7	A	620	A	646,7	A
25	860	A	783,3	A B	816,7	A B	833,3	A B	710	B
50	1047	A B	9533	C	9867	B C	1117	A	9967	B C
75	1093	A B	1013	B	1060	A B	1153	A	1127	A B
100	1137	A	1097	A	1130	A	1247	A	1247	A
Largura (μm)										
0	16,79	A	16,49	A	16,77	A	17,12	A	15,42	A
25	18,04	A	20,21	A	20,39	A	17,81	A	17,06	A
50	18,78	A	18,62	A	18,36	A	19,77	A	19,61	A
75	18,52	A	18,93	A	19,40	A	18,83	A	19,11	A
100	19,64	A	20,73	A	20,60	A	19,01	A	20,63	A
Diâmetro do lume (μm)										
0	9,84	A	9,48	A	10,94	A	9,77	A	9,30	A
25	10,94	A	11,20	A	11,77	A	10,56	A	10,02	A
50	10,94	A	11,01	A	11,93	A	11,72	A	11,15	A
75	10,39	A	9,87	A	11,12	A	9,22	A	9,58	A
100	8,54	A	10,94	A	9,77	A	7,45	A	6,10	A
Espessura (μm)										
0	3,48	A	3,50	A	2,92	A	3,68	A	3,06	A
25	3,56	A	4,50	A	4,31	A	3,63	A	3,52	A
50	3,92	A	3,80	A	3,21	A	4,02	A	4,23	A
75	4,06	A	4,53	A	4,14	A	4,81	A	4,77	A
100	5,55	B	4,89	B	5,42	B	5,78	A B	7,26	A

Médias seguidas de letras diferentes em uma mesma linha diferem entre si (ao nível de 5% de probabilidade)

4.4.1.3 Variação radial das dimensões das fibras dos clones de *E. grandis x urophylla*.

As variações radiais das dimensões das fibras dos clones de *E. grandis x urophylla* são apresentadas na Figura 10. As fibras mostraram um expressivo aumento no seu comprimento da medula até cerca de 75% do raio das amostras, quando os valores apresentaram tendência a estabilização; apesar do modelo de variação ser praticamente o mesmo entre os clones, verificaram-se diferenças nas dimensões das fibras (Figura 10a). A largura das fibras mostrou a mesma tendência observada para o comprimento, até 75% do raio das amostras, quando se verificou uma redução do seu valor, diferenças entre clones também foram observadas (Figura 10b). O diâmetro do lume das fibras mostrou uma redução gradativa no sentido radial, acentuada a partir de 50-75% do raio das amostras, com variações entre clones, destaca-se o clone 9 (Figura 10c). A espessura da parede das fibras mostrou nítido modelo de crescimento no sentido radial e homogeneidade dos valores entre clones (Figura 10d). As tendências e valores observados nas dimensões das fibras ao longo da seção radial, principalmente para o comprimento e espessura da parede das fibras, são indicadores da presença de madeira juvenil até aproximadamente o 7º ano (75% da seção radial) e, a partir deste ponto, do início da formação da madeira de transição e, após, a adulta que se estabiliza na região próxima à casca.

Observou-se uma tendência polinomial de 2º grau significativa em relação às dimensões das fibras e as diferentes percentagens do raio das amostras do lenho dos clones de *E. grandis x urophylla*; no entanto, alguns clones não apresentaram tendência polinomial quadrática nem linear para o diâmetro do lume (clones 9 e 15) e espessura da parede das fibras (clone 15). A distância medula-casca explica pela curva, a variação do comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras em 87, 66, 51 e 86 % constatados pelo coeficiente de determinação (Tabela 15). As dimensões das fibras sofreram influência da distância medula-casca, exceto para o diâmetro do lume e espessura da parede das fibras, que mostraram grande variabilidade radial.

A comparação das médias das dimensões das fibras entre os clones de *E. grandis x urophylla* nas 5 diferentes porcentagens dos raios das amostras é apresentada

na Tabela 16. Verificou-se a ausência de diferenças entre os clones para as dimensões das fibras com um nível de significância de 5 %.

Tabela 15. Equações de regressão polinomial e coeficiente de determinação em função da distância medula-casca (x), para as dimensões das fibras dos clones de *Eucalyptus grandis x urophylla*.

Variável Dependente (Y)	Clone	Equação $Y=a+b_1x_1+b_2x^2$	R ²
Compr. (µm)	09	$Y=643+13,72x-0,08x^2$	0,92
	11	$Y=711+9,85x-0,03x^2$	0,87
	15	$Y=662+10,9x-0,06x^2$	0,72
	24	$Y=625+12,9x-0,07x^2$	0,91
	26	$Y=609+12,3x-0,05x^2$	0,94
Largura (µm)	09	$Y=17,3+0,08x-0,0003x^2$	0,79
	11	$Y=16,6+0,09x-0,0005x^2$	0,74
	15	$Y=17,8+0,11x-0,0007x^2$	0,49
	24	$Y=16,9+0,09x-0,0005x^2$	0,78
	26	$Y=17,2+0,10x-0,0007x^2$	0,49
Diâmetro do lume (µm)	09*		
	11	$Y=9,41+0,03x-0,0006x^2$	0,50
	15*		
	24	$Y=9,49+0,03x-0,0006x^2$	0,52
Espessur. (µm)	26	$Y=9,78+0,07x-0,001x^2$	0,51
	09	$Y=3,24+0,05x-0,0002x^2$	0,82
	11	$Y=3,61+0,03x+0,00003x^2$	0,87
	15*		
	24	$Y=3,69+0,03x+0,00001x^2$	0,88
	26	$Y=3,73+0,02x-0,0001x^2$	0,86

(*) equações da regressão linear e quadrática não significativas ao nível de 5% de probabilidade.

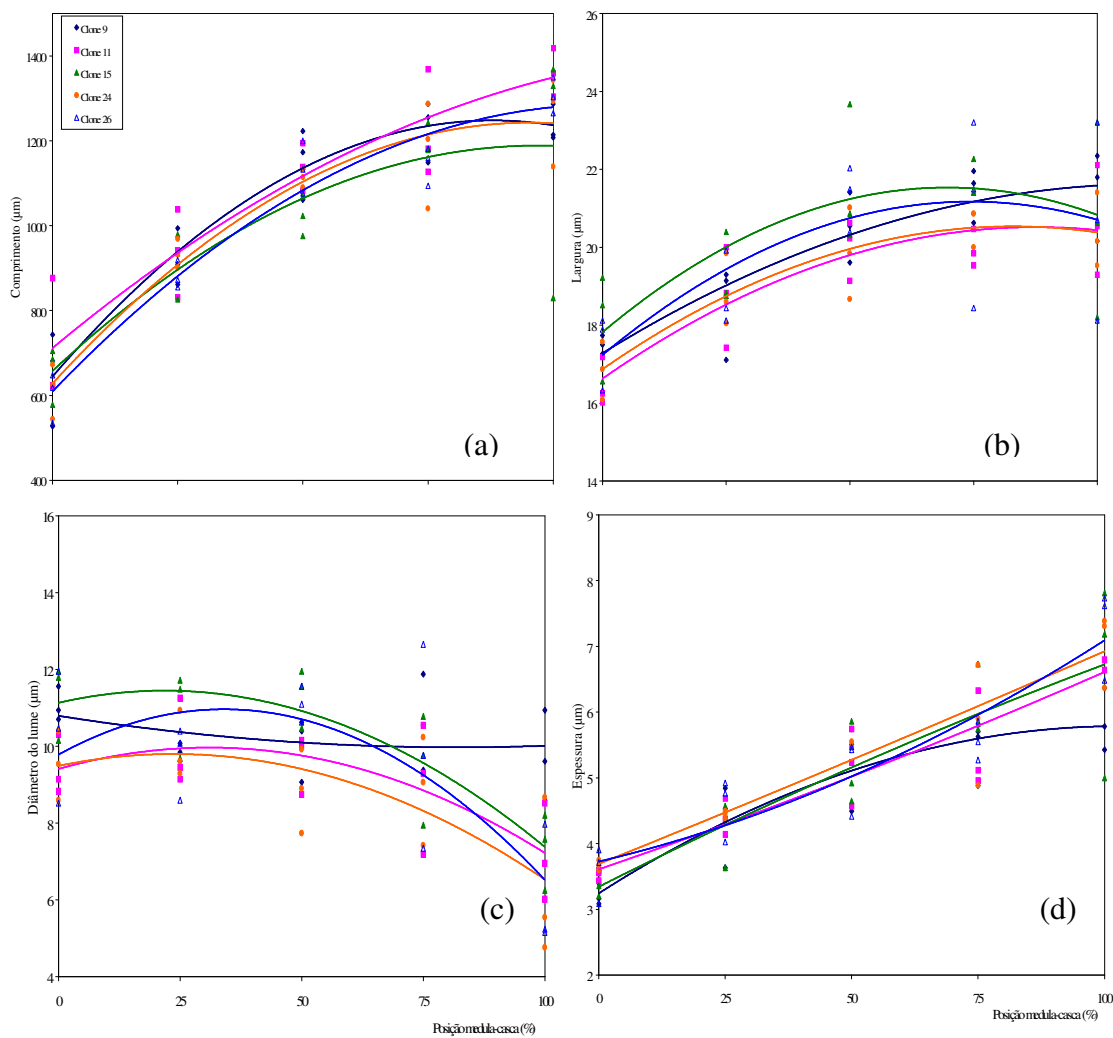


Figura 10- Variação radial das dimensões (μm) das fibras dos clones de *E. grandis* x *urophylla* (a) comprimento, (b) largura, (c) diâmetro do lume, (d) espessura

Tabela 16. Dimensões médias das fibras dos clones de *E. grandis x urophylla* no sentido medula-casca

Dimensão/ Posição med- casca (%)	Clone (n°)									
	09		11		15		24		26	
	Média		Média		Média		Média		Média	
Comprimento (μm)										
0	650	A	706,7	A	660	A	610	A	600	A
25	920	A	936,7	A	916,7	A	933,3	A	880	A
50	1150	A	1137	A	1023	A	1110	A	1137	A
75	1233	A	1227	A	1200	A	1177	A	1143	A
100	1237	A	1360	A	1177	A	1257	A	1307	A
Largura (μm)										
0	17,50	A	16,49	A	18,10	A	16,85	A	17,45	A
25	18,52	A	18,75	A	19,32	A	18,83	A	18,83	A
50	20,52	A	20,00	A	21,61	A	19,84	A	21,30	A
75	21,41	A	19,95	A	21,70	A	20,57	A	21,04	A
100	21,43	A	20,65	A	20,68	A	20,37	A	20,68	A
Diâmetro do lume (μm)										
0	11,10	A	9,43	A	11,30	A	9,50	A	11,31	A
25	9,84	A	9,95	A	10,96	A	9,95	A	9,69	A
50	10,03	A	9,64	A	11,33	A	8,85	A	11,10	A
75	10,60	A	9,01	A	13,99	A	8,90	A	9,92	A
100	9,71	A	7,16	A	7,34	A	6,33	A	6,12	A
Espessura (μm)										
0	3,22	A	3,53	A	3,40	A	3,67	A	3,57	A
25	4,33	A	4,40	A	4,18	A	4,44	A	4,57	A
50	5,25	A	5,18	A	5,14	A	5,50	A	5,10	A
75	5,40	A	5,47	A	3,85	A	5,83	A	5,56	A
100	5,86	A	6,75	A	6,67	A	7,02	A	7,28	A

Médias seguidas de letras diferentes em uma mesma linha diferem entre si (ao nível de 5% de probabilidade)

4.4.2 Dimensões médias das fibras da madeira dos clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*.

Os valores médios para as dimensões das fibras das 2 espécies e híbrido de eucaliptos são apresentados na Tabela 17. Com relação ao comprimento das fibras os resultados são semelhantes para o *E. grandis* e o híbrido, com o *E. saligna* com valores menores. O coeficiente de variação mostrou maior homogeneidade entre os clones de *E. grandis* seguido pelo híbrido.

Quanto à largura das fibras nos clones de *E. saligna* as fibras foram mais estreitas em relação ao de *E. grandis* e ao híbrido de eucalipto. Para esta dimensão os clones de *E. saligna* mostraram maior homogeneidade e os do híbrido uma maior dispersão, demonstradas pelos valores do coeficiente de variação.

Com relação ao diâmetro do lume os clones de *E. saligna* apresentaram os maiores valores médios com os de *E. grandis* e híbrido de eucalipto mostrando valores semelhantes para esta dimensão. Os coeficientes de variação indicaram uma maior homogeneidade entre os clones de *E. grandis* seguido do *E. saligna*.

A espessura média da parede das fibras mostrou que o *E. saligna* possui paredes mais delgadas em relação ao *E. grandis* e híbrido de eucalipto. Os coeficientes de variação indicaram que o *E. saligna* e híbrido de eucalipto apresentaram maior dispersão entre clones e o *E. grandis* mostrou-se mais homogêneo para esta dimensão.

A maior espessura da parede e comprimento das fibras é um bom indicador para usos estruturais, principalmente para a produção de painéis a base de fibras (*E. grandis* e híbrido), no entanto, menor comprimento das fibras e paredes mais finas como observado no *E. saligna*, podem indicar maiores quantidades de madeira juvenil no lenho das árvores.

Para *E. grandis* o clone 19 apresentou os maiores valores médios para o comprimento e diâmetro do lume e os clones 27 e 31 para a largura e espessura da parede das fibras, respectivamente, com maior variação do diâmetro do lume em relação aos demais parâmetros. Por outro lado, o clone 21 apresentou os menores valores médios de comprimento, largura e diâmetro do lume e o clone 19 para a espessura da parede das fibras.

Para o *E. saligna* os valores médios superiores das diferentes dimensões das fibras foram observados no clone 4 para a largura e diâmetro do lume, no 12 para o comprimento e no 13 para a espessura da parede das fibras. Os clones 3, 2, 13 e 4 mostraram os menores valores médios de comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras, respectivamente.

Para o híbrido, os clones 11 e 24 tiveram os maiores valores médios de comprimento e espessura da parede das fibras e o clone 15 para a largura e o diâmetro do lume. Os clones 15, 11, 24 e 15 apresentaram os menores valores médios de comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras, respectivamente.

Os clones de *E. grandis* mostraram maiores valores médios para o comprimento, largura e espessura da parede das fibras (1030; 20,99 e 5,70 μm) e os de *E. saligna* para o diâmetro do lume (10,14 μm).

Os valores obtidos e as tendências observadas foram constatados por diferentes autores para o gênero *Eucalyptus*, como Foelkel et al. (1983), Carpim et al. (1985), Tomazello (1985), Paula (1995), Oliveira (1997) e Carvalho (2000).

Tabela 17. Valores médios das dimensões das fibras e estatísticas descritivas para as 2 espécies e híbrido de eucaliptos

Espécie/Clone	Dimensões das fibras (μm)			
	Compr.	Largura	Diâmetro do lume	Espessura
<i>Eucalyptus grandis</i>				
19	1060	20,98	10,34	5,28
21	990	20,43	8,99	5,72
27	1050	21,60	10,04	5,78
28	1020	20,68	9,06	5,81
31	1020	21,36	9,47	5,94
Média	1030	20,99	9,58	5,70
Desvio padrão	0,03	0,48	0,59	0,25
Coeficiente de variação (%)	2,68	2,29	6,20	4,44
<i>E. saligna</i>				
02	960	18,35	10,13	4,11
03	910	18,99	10,50	4,25
04	920	19,10	11,10	4,00
12	990	18,51	9,74	4,38
13	950	18,36	9,23	4,57
Média	950	18,67	10,14	4,26
Desvio padrão	0,03	0,36	0,72	0,22
Coeficiente de variação (%)	3,58	1,92	7,06	5,24
<i>E. grandis x urophylla</i>				
09	1040	19,88	10,25	4,81
11	1070	19,17	9,04	5,07
15	990	20,28	10,98	4,65
24	1020	19,29	8,71	5,29
26	1010	19,86	9,43	5,22
Média	1030	19,69	9,68	5,01
Desvio padrão	0,03	0,46	0,93	0,27
Coeficiente de variação (%)	2,94	2,33	9,59	5,42

4.4.3 Variação radial da densidade por densitometria de raios X e Índice de Uniformidade da madeira dos clones de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*

4.4.3.1 Variação radial da densidade por densitometria de raios X e Índice de Uniformidade da madeira dos clones de *E. grandis*

Os perfis densitométricos da madeira das 3 árvores dos clones 19, 21, 27, 28 e 31 de *E. grandis* são apresentados no anexo B. A partir destes foram elaboradas as curvas da variação radial da densidade aparente da madeira das árvores de cada clone (Figura 11) e as respectivas equações das curvas de ajuste (Tabela 18), permitindo melhor visualizar as diferenças entre clones. A análise da variação radial da densidade aparente do lenho de cada clone permitiu caracterizar 3 modelos de variação, a saber (i) ligeiro aumento dos valores médios da densidade da madeira no sentido medula para a casca, nos clones 19 (árvore 107, 120; Figura 11a); 27 (árvore 143, Figura 11c) e 31 (árvore 103, Figura 11e), (ii) valores médios da densidade aparente da madeira praticamente lineares da medula até a casca no clone 28 (árvore 138, Figura 11d) e (iii) aumento dos valores médios da densidade da madeira próximo à região da medula (até cerca de 1,5 cm), seguindo-se redução (até cerca de 3,5-4,0 cm) e de posterior aumento em direção a casca nos clones 19 (árvores 110, Figura 11a), 21 (árvores 108, 114, 123 Figura 11b), 27 (árvores 125, 126 Figura 11c), 28 (árvores 111, 122; Figura 11d) e 31 (árvores 104, 150 Figura 11e).

Os modelos de variação da densidade aparente da madeira indicam, de modo geral, a formação de 3 tipos de madeira, (i) restrito à região interna do tronco, ocupando da medula até 50-75% do raio das amostras, caracterizado pela baixa densidade e associado com a madeira juvenil, (ii) na região externa do lenho, próxima à casca e a 100% do raio com valores mais altos de densidade, associado com a madeira adulta, (iii) entre as regiões interna e externa do tronco, com variações graduais de densidade, associada a madeira de transição. A delimitação da madeira juvenil e adulta nos clones de *E. grandis* aos 8 anos de idade, não é perfeitamente definida, sendo melhor

perceptível em árvores de maior idade, quando a atividade cambial propicia a formação de novas camadas de lenho com características de adulto.

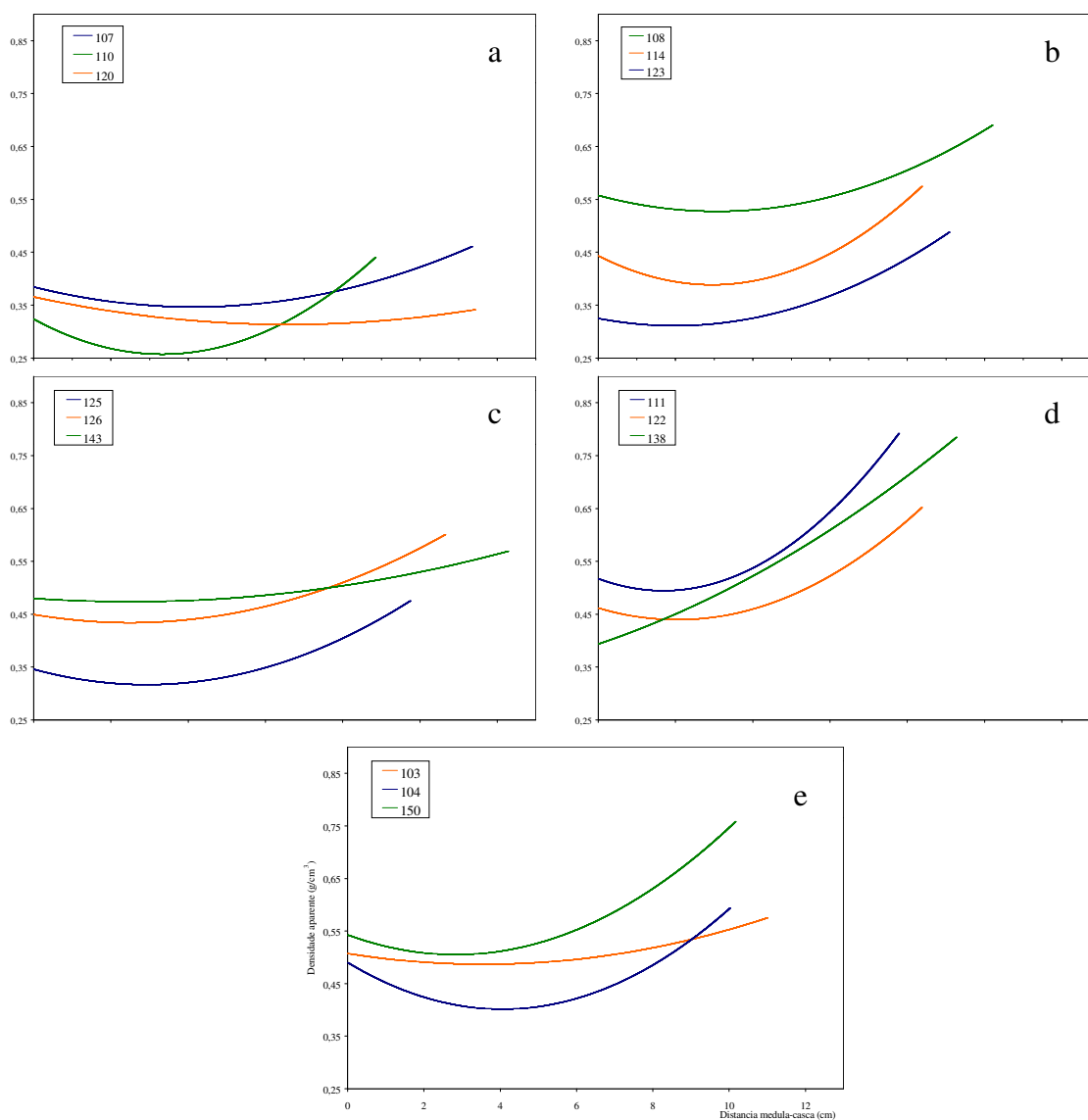


Figura 11- Variação radial da densidade aparente da madeira das árvores dos clones de *Eucalyptus grandis* (a) clone 19, (b) clone 21, (c) clone 27, (d) clone 28 e (e) clone 31

Tabela 18. Equações de regressão polinomial de densidade aparente da madeira (Y), em função da distância medula-casca (x) das 3 árvores dos clones de *E. grandis*

Clone (n°)	Árvore (n°)	Equação $Y=a+b_1x_i+b_2x^2$
	107	$Y=0,3842-0,0182x+0,0022x^2$
19	110	$Y=0,3232-0,0398x+0,006x^2$
	120	$Y=0,3654-0,0158x+0,0012x^2$
	108	$Y=0,5573-0,0196x+0,0032x^2$
21	114	$Y=0,4429-0,037x+0,0063x^2$
	123	$Y=0,3247-0,0138x+0,0035x^2$
	125	$Y=0,3455-0,0198x+0,0034x^2$
27	126	$Y=0,4493-0,0124x+0,0025x^2$
	143	$Y=0,4799+0,005x+0,001x^2$
	111	$Y=0,5169-0,0268x+0,008x^2$
28	122	$Y=0,4615-0,0216x+0,0053x^2$
	138	$Y=0,3938+0,0246x+0,0019x^2$
	103	$Y=0,5071-0,0114x+0,0016x^2$
31	104	$Y=0,4898-0,0437x+0,0054x^2$
	150	$Y=0,5425-0,0265x+0,0047x^2$

Os valores mínimos, máximos, médios da densidade aparente e os índices de uniformidade da madeira obtidos dos perfis densitométricos da madeira dos clones de *E. grandis* são expressos na Tabela 19. Quanto a densidade média do lenho de cada clone, os valores indicam os de densidade mais baixa (clones 19, 21 e 27, com 0,34, 0,45 e 0,45 g/cm³, respectivamente) e os de mais alta (clones 28 e 31, com 0,54 e 0,51 g/cm³, respectivamente). As médias da densidade máxima do lenho das árvores indicam os clones com valores mais baixos (clone 19, com 0,58 g/cm³) e mais altos (clones 28 e 31, com 0,92 e 0,85 g/cm³, respectivamente). As médias da densidade mínima do lenho indicam clones com valores mais baixos (clones 19 e 27, com 0,15 e 0,21 g/cm³, respectivamente) e mais altos (clones 28 e 31, com 0,28 e 0,28 g/cm³, respectivamente).

Tabela 19. Valores máximos, mínimos e médios da densidade aparente e Índice de Uniformidade da madeira das árvores dos clones de *E. grandis*.

Clone (n°)	Árvore (n°)	Densidade aparente (g/cm ³)			Índice de Uniformidade
		Máxima	Mínima	Média	
19	107	0,56	0,18	0,38	146,8
	110	0,64	0,13	0,30	150,4
	120	0,53	0,14	0,33	128,8
Média		0,58	0,15	0,34	142,0
21	108	0,74	0,32	0,57	146,1
	114	0,73	0,21	0,43	148,5
	123	0,67	0,16	0,36	154,4
Média		0,71	0,23	0,45	149,7
27	125	0,66	0,12	0,36	166,1
	126	0,82	0,22	0,48	162,8
	143	0,96	0,30	0,51	186,3
Média		0,81	0,21	0,45	171,7
28	111	0,92	0,29	0,57	201,9
	122	0,88	0,25	0,50	174,3
	138	0,96	0,29	0,56	242,2
Média		0,92	0,28	0,54	206,1
31	103	0,92	0,28	0,51	169,2
	104	0,78	0,24	0,45	167,9
	150	0,84	0,32	0,57	196,5
Média		0,85	0,28	0,51	177,9

O Índice de Uniformidade da madeira das árvores de *E. grandis* evidenciou as variações existentes dentro e entre os seus clones e um valor médio de 169.5 (coeficiente de variação: 11%) (Tabela 19). Os trabalhos de Echols (1973) apresentam valores de Índices de Uniformidade de 223, 240 e 317 para árvores de *Pinus contorta*, *P. ponderosa* e *Pseudotsuga menziesii*, superiores ao obtido para os clones de *E. grandis*. Cabe destacar, no entanto, que tratam-se de árvores adultas de espécies de coníferas de clima temperado e com o seu lenho apresentando estrutura anatômica caracterizada pela alternância de anéis de crescimento anuais de lenho inicial (menor densidade) e tardio (maior densidade) e elevado teor de madeira adulta em relação a juvenil. Esses

parâmetros conferem a estas espécies características de madeira com elevada heterogeneidade no sentido medula-casca, quando comparada com o lenho de árvores jovens de *E. grandis*, de 8 anos de idade, mostrando menores variações da estrutura anatômica, das taxas de crescimento anuais e nítida predominância da madeira juvenil.

Os valores de Índice de Uniformidade (IU) da madeira entre os clones de *E. grandis*, variaram de 142 (clone 19) a 206 (clone 28) refletindo, para os índices mais baixos, a formação de madeira com características de homogeneidade nas árvores de 4 clones (19, 21, 27 e 31) e, para os índices mais altos, a madeira de maior heterogeneidade no 5º clone (28) (Tabela 19). Os Índices de Uniformidade estão, também, relacionados com os modelos de variação da densidade aparente da madeira no sentido medula-casca, ou seja, menores variações radiais de densidade indicam valores mais baixos de índice de uniformidade.

A distribuição das classes de densidade aparente da madeira em valores percentuais das árvores dos 5 clones de *E. grandis* apresentada na Figura 12 indica (i) uma relação entre os modelos de variação dos valores de densidade e respectivos índices de uniformidade e (ii) estratificação dos clones pela densidade aparente de suas madeiras. Nessa estratificação o clone 19 localiza-se na extremidade inferior (densidade média de 0,34 g/cm³; dados concentram-se entre valores de 0,2-0,5 g/cm³); os clones 21 e 27 na posição central (densidade média de 0,45 g/cm³; 95% dos valores entre 0,2-0,7 g/cm³); os clones 28 e 31 na extremidade superior (densidade média de 0,54 e 0,51 respectivamente; 95% dos valores entre 0,32-0,90 g/cm³).

Os resultados do presente trabalho possibilitam, a partir da metodologia preconizada por Echols (1973), incluir um novo parâmetro (Índice de Uniformidade) de qualidade da madeira de *Eucalyptus* calculado com a aplicação dos valores pontuais de densidade aparente por densitometria de raios X. Esse parâmetro deverá contribuir no melhoramento e na tecnologia e uso da madeira de *Eucalyptus*, pela indicação de árvores e/ou clones com diferentes níveis de homogeneidade da madeira e para aplicações específicas, seja como madeira sólida ou transformada.

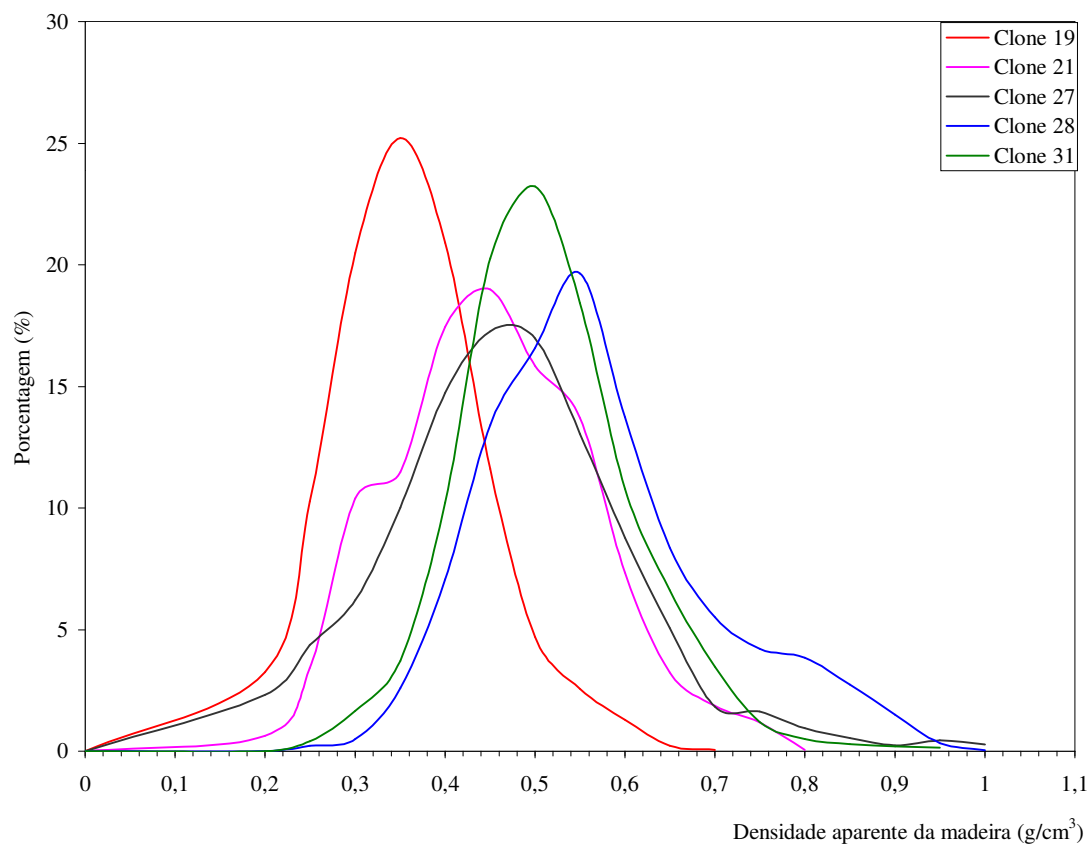


Figura 12- Distribuição das classes de densidade aparente da madeira dos clones de *E. grandis*

4.4.3.2 Variação radial da densidade por densitometria de raios X e Índice de Uniformidade da madeira dos clones de *E. saligna*

Os perfis densitométricos da madeira das 3 árvores de cada clone de *E. saligna*, são apresentados no anexo B. A partir destes foram elaboradas as curvas médias de variação radial da densidade aparente da madeira das árvores de cada clone (Figura 13) e as respectivas equações das curvas de ajuste (Tabela 20), permitindo melhor visualizar as diferenças entre os clones. A análise da variação de cada clone tornou possível caracterizar 3 modelos de variação a saber, (i) aumento dos valores médios da densidade da madeira no sentido medula para a casca nos clones 2 (árvore 25, Figura 13a); 3 (árvore 37, Figura 13b) e 13 (árvore 9, 21 Figura 13e), (ii) decréscimo dos valores médios da densidade da madeira próximo a região da medula (até cerca de 2,5-3 cm), seguido do aumento em direção a casca nos clones 2 (árvore 50, 36, Figura 13a), 3 (árvore 35, Figura 13b), 4 (árvore 22, 47, Figura 13c) e 13 (árvore 29, Figura 13e) e (iii) valores médios da densidade aparente da madeira praticamente constantes de medula para a casca nos clones 3 (árvore 15, Figura 13b), 4 (árvore 32, Figura 13c) e 12 (árvore 2, 18, 24, Figura 13d). De forma similar ao apresentado pelos clones de *E. grandis* foi observada a formação de 3 tipos de madeira (juvenil, de transição e adulta) a partir dos modelos de variação da densidade aparente ao longo da seção radial.

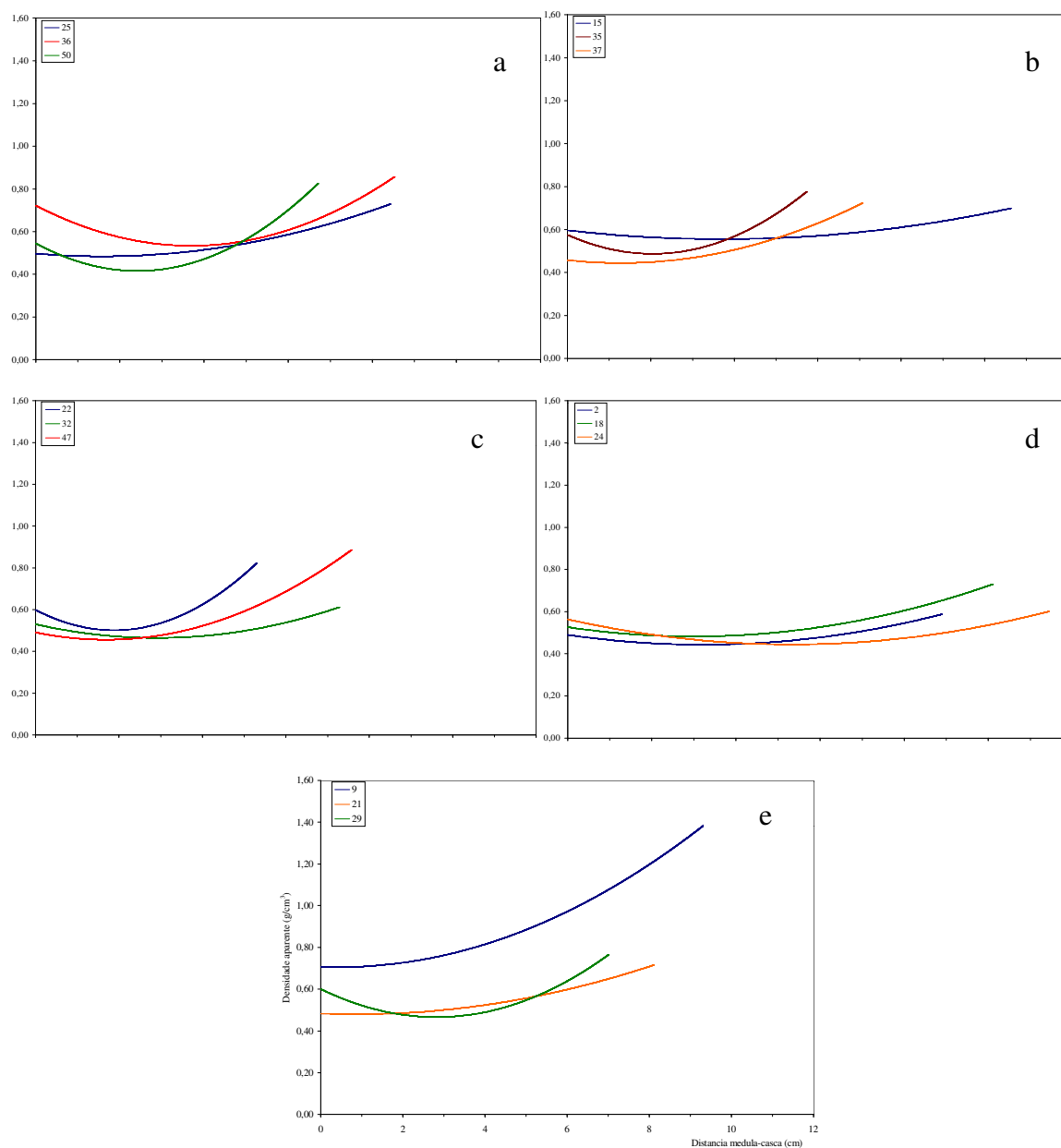


Figura 13- Variação radial da densidade aparente da madeira das árvores dos clones de *Eucalyptus saligna* (a) clone 2, (b) clone 3, (c) clone 4, (d) clone 12 e (e) clone 13

Tabela 20. Equações de regressão polinomial de densidade aparente da madeira (Y), em função da distância medula-casca (x), das 3 árvores dos clones de *E.saligna*

Clone (n°)	Árvore (n°)	Equação $Y=a+b_1x_i+b_2x^2$
02	25	$Y=0,4473-0,0146x+0,0047x^2$
	36	$Y=0,6217-0,085x+0,0118x^2$
	50	$Y=0,6092-0,1408x+0,0253x^2$
03	15	$Y=0,6145-0,0887x+0,0191x^2$
	35	$Y=0,5748-0,0862x+0,0212x^2$
	37	$Y=0,4573-0,021x+0,0083x^2$
04	22	$Y=0,5977-0,1031x+0,0275x^2$
	32	$Y=0,5293-0,0447x+0,0077x^2$
	47	$Y=0,6398-0,1157x+0,0124x^2$
12	02	$Y=0,5447-0,065x+0,015x^2$
	18	$Y=0,5612-0,0425x+0,0047x^2$
	24	$Y=0,3938-0,0488x+0,0129x^2$
13	09	$Y=0,5375-0,0248x+0,0074x^2$
	21	$Y=0,5825-0,0806x+0,0175x^2$
	29	$Y=0,5997-0,0954x+0,017x^2$

Os valores máximos, médios e mínimos de densidade aparente e os Índices de Uniformidade da madeira obtidos dos perfis densitométricos, são expressos na Tabela 21. Com respeito aos valores de densidade aparente média do lenho de cada clone os valores indicam o de densidade mais baixa (clone 2, com $0,52 \text{ g/cm}^3$) e o de mais alta (clone 13, com $0,58 \text{ g/cm}^3$). As médias da densidade aparente máxima do lenho das árvores indicam o clone com valores mais baixos (clone 3, com $0,89 \text{ g/cm}^3$) e mais altos (clones 4 e 13, com $0,96$ e $1,02 \text{ g/cm}^3$, respectivamente). As médias da densidade mínima do lenho indicam clones com valores mais baixos (clones 2 e 4, com $0,30$ e $0,32 \text{ g/cm}^3$, respectivamente) e mais altos (clone 12 com $0,34 \text{ g/cm}^3$).

Tabela 21. Valores máximos, mínimos e médios de densidade aparente e Índice de Uniformidade da madeira das árvores dos clones de *E. saligna*

Clone (n°)	Árvore (n°)	Densidade aparente (g/cm ³)			Índice de Uniformidade
		Máxima	Mínima	Média	
02	25	0,83	0,33	0,50	151,7
	36	0,93	0,30	0,55	156,0
	50	0,97	0,27	0,51	228,2
Média		0,91	0,30	0,52	178,6
03	15	0,86	0,38	0,59	171,0
	35	0,95	0,34	0,56	180,8
	37	0,85	0,26	0,46	181,5
Média		0,89	0,33	0,54	177,8
04	22	1,04	0,35	0,58	180,2
	32	0,86	0,30	0,50	155,9
	47	0,97	0,30	0,54	215,6
Média		0,96	0,32	0,54	183,9
12	2	0,88	0,35	0,54	176,0
	18	0,78	0,28	0,50	155,3
	24	1,05	0,38	0,57	184,3
Média		0,90	0,34	0,54	171,9
13	9	1,05	0,35	0,62	234,2
	21	1,08	0,33	0,59	230,6
	29	0,94	0,30	0,54	196,6
Média		1,02	0,33	0,58	220,5

Os clones de *E. saligna* (a exceção do clone 13) mostraram pouca variabilidade nos valores médios do Índice de Uniformidade, embora com variação entre árvores dentro dos clones, com o valor médio encontrado para o Índice de Uniformidade da espécie de 186,5 (coeficiente de variação: 14,05) (Tabela 21). As árvores dos clones 3, 4 e 12 apresentaram iguais valores de densidade aparente da madeira (0,54 g/cm³) sendo que, no entanto, os Índices de Uniformidade foram diferenciados e expressam suas diferenças radiais de densidade (Figura 14). O Índice de Uniformidade (IU) da madeira das árvores do clone 12 mostrou menor valor médio (171,9), indicando uma maior homogeneidade da densidade ao longo do sentido medula-casca. No entanto, as árvores do clone 13 apresentaram maiores Índices de Uniformidade médio (220,5) indicando a

formação de madeira mais heterogênea no seu lenho. Ao observar os modelos de variação da densidade aparente no sentido medula-casca e relacionando-os com os Índices de Uniformidade verificou-se que os clones que apresentaram menor variação radial, apresentaram valores mais baixos de Índice de Uniformidade (clones 2, 3, 12) e os de maior variação (clone 4, 13) valores mais altos (183,9 e 220,5 respectivamente).

As classes de densidade aparente da madeira e sua distribuição são apresentadas na Figura 14, verificando-se a relação entre os modelos de variação da densidade aparente e os Índices de Uniformidade da madeira. A similitude apresentada pelos clones desta espécie não permite uma marcada estratificação destes pela densidade aparente de suas madeiras. Entretanto, os clones 2 e 3 se localizam mais na extremidade inferior (dados concentram-se entre valores de 0,3-0,75 g/cm³), os clones 4 e 12 concentram-se entre valores de 0,36-0,80 g/cm³, o clone 13 localiza-se na extremidade superior (dados concentram-se entre valores de 0,38-0,92 g/cm³).

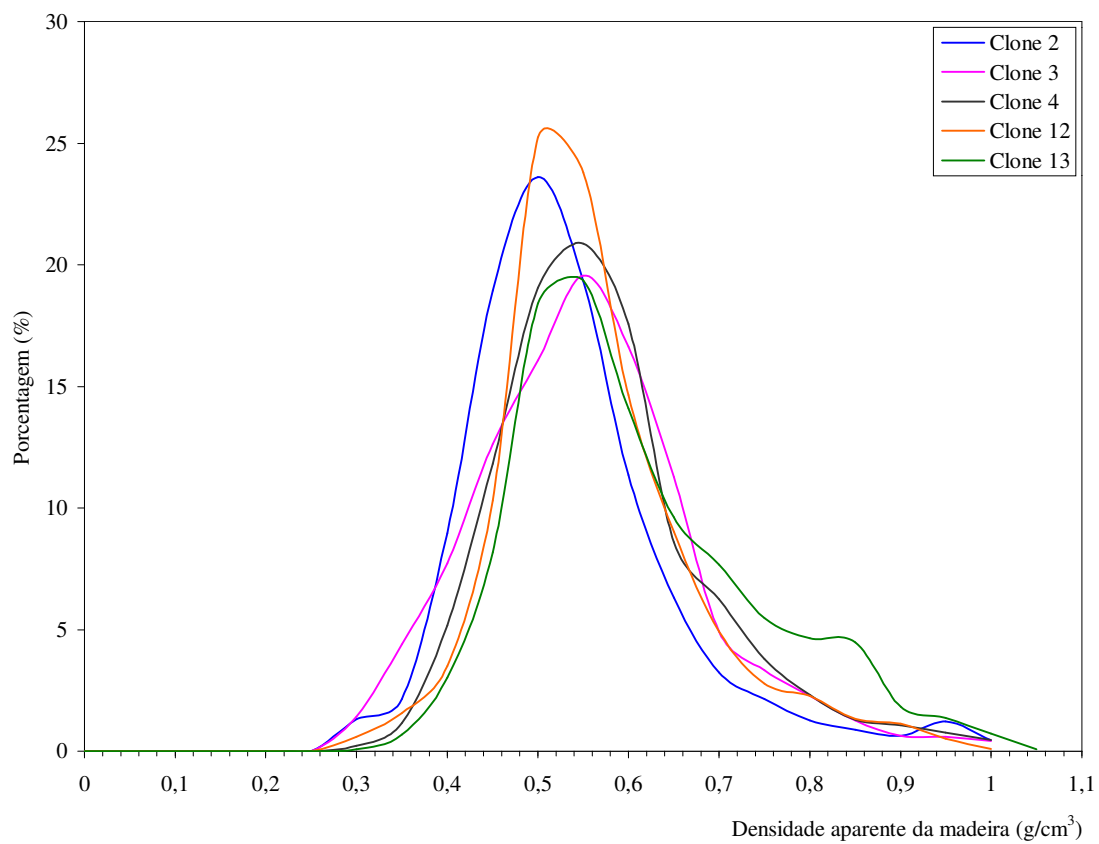


Figura 14- Distribuição das classes de densidade aparente da madeira dos clones de *E. saligna*

4.4.3.3 Variação radial da densidade por densitometria de raios X e Índice de Uniformidade da madeira dos clones de *E. grandis x urophylla*

Os perfis densitométricos das 3 árvores de cada clone de *E. grandis x urophylla*, são apresentados no anexo B. A partir destes foram elaboradas as curvas de variação de densidade aparente da madeira das árvores de cada clone (Figura 15) e suas respectivas equações das curvas de ajuste (Tabela 22), permitindo melhor visualizar as diferenças entre os clones. A análise da variação radial de densidade aparente da madeira de cada clone tornou possível caracterizar 4 modelos de variação, a saber, (i) aumento dos valores médios da densidade no sentido medula para a casca, nos clones 9 (árvore 99, Figura 15a), 11 (árvore 83, Figura 15b), 24 (árvore 78, Figura 15d) e 26 (árvore 80, Figura 15e), (ii) decréscimo dos valores médios da densidade próximo a região da medula (até cerca de 3 cm), seguido do aumento em direção a casca, nos clones 9 (árvore 100, Figura 15a), 11 (árvore 77, 91, Figura 15b), 15 (árvore 53, 76, Figura 15c), 24 (árvore 60; Figura 15d) e 26 (árvores 61 e 68, Figura 15e), (iii) valores médios da densidade aparente decrescentes (até cerca de 4 cm na região próxima da medula) seguido do aumento até a casca, clone 9 (árvore 72, Figura 15a) e 24 (árvore 87, Figura 15d) e (iv) aumento quase linear da densidade aparente no sentido medula-casca, clone 15 (árvore 95, Figura 15c). A exemplo dos resultados obtidos para os clones de *E. grandis* e *E. saligna*, estas variações nas árvores dos clones de *E. grandis x urophylla* indicam a formação de madeira juvenil, de transição e adulta a partir da medula em direção à casca.

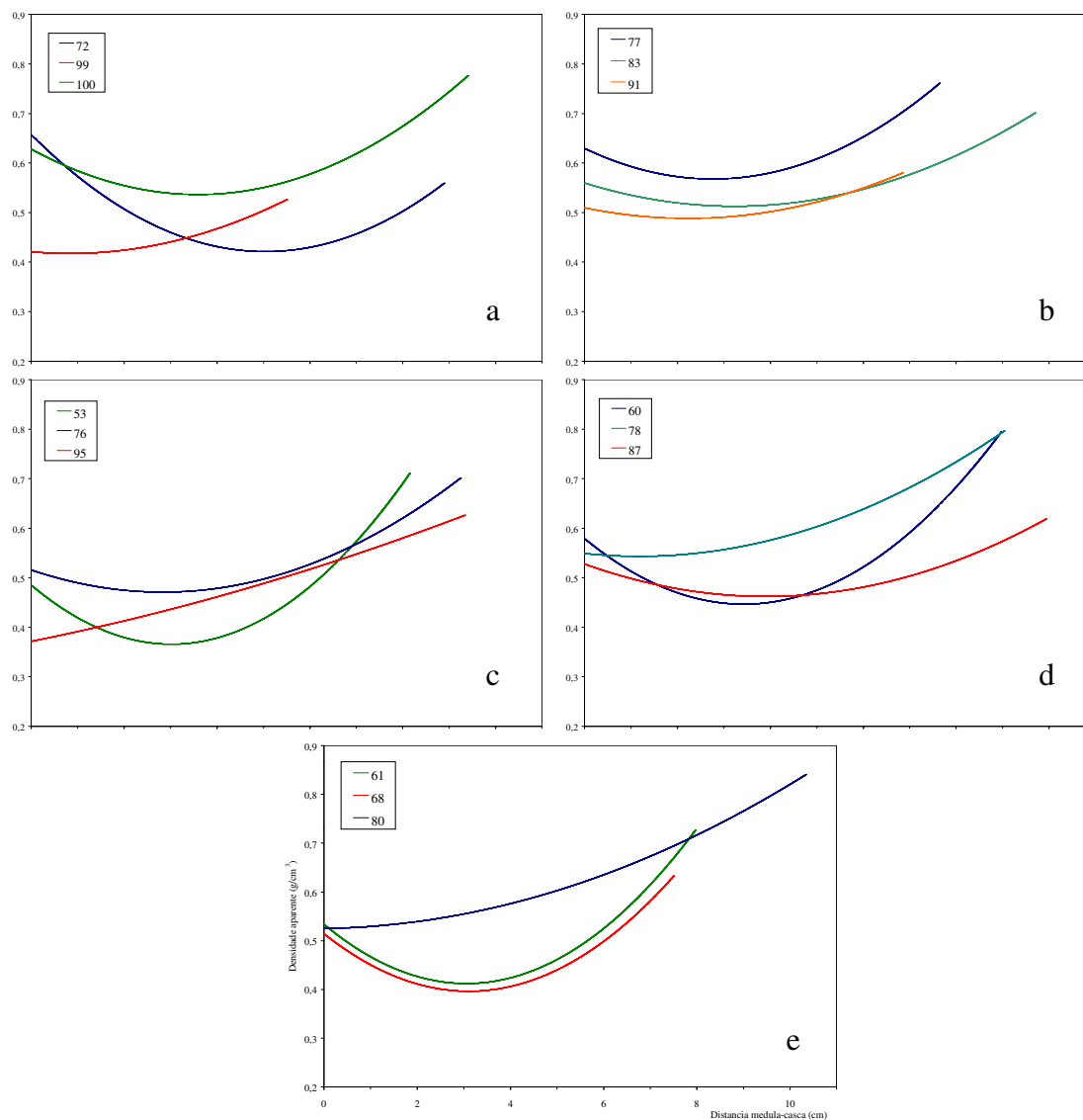


Figura 15- Variação radial da densidade aparente da madeira das árvores dos clones de *Eucalyptus grandis x urophylla* (a) clone 9, (b) clone 11, (c) clone 15, (d) clone 24 e (e) clone 26

Tabela 22. Equações de regressão polinomial de densidade aparente da madeira (Y), em função da distância medula-casca (x) das 3 árvores dos clones de *E.grandis x urophylla*.

Clone (nº)	Árvore (nº)	Equação $Y=a+b_1x_1+b_2x^2$
09	72	$Y=0,6567-0,0936x+0,0093x^2$
	99	$Y=0,4208-0,0083x+0,005x^2$
	100	$Y=0,6276-0,0509x+0,0071x^2$
11	77	$Y=0,6291-0,0446x+0,0081x^2$
	83	$Y=0,5594-0,029x+0,0045x^2$
	91	$Y=0,5095-0,0191x+0,0043x^2$
15	53	$Y=0,4845-0,0789x+0,0131x^2$
	76	$Y=0,5154-0,0316x+0,0056x^2$
	95	$Y=0,3716+0,0189x+0,0009x^2$
24	60	$Y=0,5785-0,0772x+0,0113x^2$
	78	$Y=0,5489-0,0096x+0,0041x^2$
	87	$Y=0,5274-0,0335x+0,0043x^2$
26	61	$Y=0,013-0,0792x+0,013x^2$
	68	$Y=0,5135-0,0756x+0,0122x^2$
	80	$Y=0,5249-0,0016x+0,0028x^2$

Os valores máximos, médios e mínimos da densidade aparente da madeira e os Índices de Uniformidade da madeira dos clones de *E. grandis x urophylla* obtidos ao longo da direção medula-casca são expressos na Tabela 23. Quanto a densidade aparente média do lenho de cada clone os valores indicam os de densidade mais baixa (clone 15, com 0,49 g/cm³) e os de mais alta (clone 11, com 0,58 g/cm³). As médias da densidade aparente máxima do lenho das árvores indicam os clones com valores mais baixos (clone 15 e 26, com 0,94 e 0,96 g/cm³, respectivamente) e os mais altos (clones 11 e 24, com 1,05 e 1,00 g/cm³, respectivamente). As médias da densidade aparente mínima do lenho indicam clones com valores mais baixos (clones 15 e 24, com 0,29 e 0,30 g/cm³, respectivamente) e os mais altos (clone 11, com 0,34 g/cm³).

Tabela 23. Valores máximos, mínimos e médios de densidade aparente e Índice de Uniformidade da madeira das árvores dos clones de *E. grandis x urophylla*.

Clone (n°)	Árvore (n°)	Densidade aparente (g/cm ³)			Índice de Uniformidade
		Máxima	Mínima	Média	
09	72	0,89	0,27	0,49	174,2
	99	1,08	0,32	0,53	227,2
	100	0,98	0,36	0,59	176,1
Média		0,98	0,32	0,54	192,5
11	77	1,01	0,35	0,59	177,7
	83	1,10	0,30	0,55	188,1
	91	1,04	0,37	0,60	242,4
Média		1,05	0,34	0,58	202,7
15	53	1,02	0,27	0,45	181,2
	76	0,96	0,33	0,53	171,2
	95	0,85	0,27	0,48	190,1
Média		0,94	0,29	0,49	180,8
24	60	1,07	0,29	0,54	211,6
	78	1,07	0,35	0,61	213,2
	87	0,87	0,27	0,50	166,3
Média		1,00	0,30	0,55	197,0
26	61	0,98	0,27	0,49	192,5
	68	0,86	0,27	0,46	172,0
	80	1,05	0,41	0,63	212,2
Média		0,96	0,32	0,53	192,2

O Índice de Uniformidade da madeira dos clones do híbrido de eucalipto mostrou um valor médio de 193 (coeficiente de variação: 13,3) (Tabela 23). No entanto, os clones 11 e 15 destacaram-se pela maior e pela menor variação (203 e 181 respectivamente) seguindo-se os clones 26 e 9 (192) indicando a formação da madeira com características de maior heterogeneidade nas árvores dos clones. Semelhante ao *E. grandis* e *E. saligna* observou-se uma relação entre os modelos de variação e os Índices de Uniformidade dos clones do híbrido, com as maiores variações radiais de densidade indicando valores mais altos de Índices de Uniformidade.

A distribuição das classes de densidade aparente da madeira das árvores dos clones do híbrido (Figura 16) indica uma estratificação: os clones 15 e 26 localizam-se

na extremidade inferior (densidades médias de 0,49 e 0,53 g/cm³, respectivamente; com os dados concentrados nos valores de 0,32-0,84 g/cm³); os clones 9 e 24 na posição intermediária (densidades médias de 0,54 e 0,55 g/cm³, respectivamente; dados concentrados nos valores de 0,34-0,86 g/cm³); o clone 11 na extremidade superior (densidade média de 0,58 g/cm³; dados concentrando-se nos valores de 0,40-0,90 g/cm³).

A importância da determinação e da aplicação do Índice de Uniformidade como ferramenta nos programas de melhoramento genético e de tecnologia da madeira foi discutida no item 5.4.3.2.

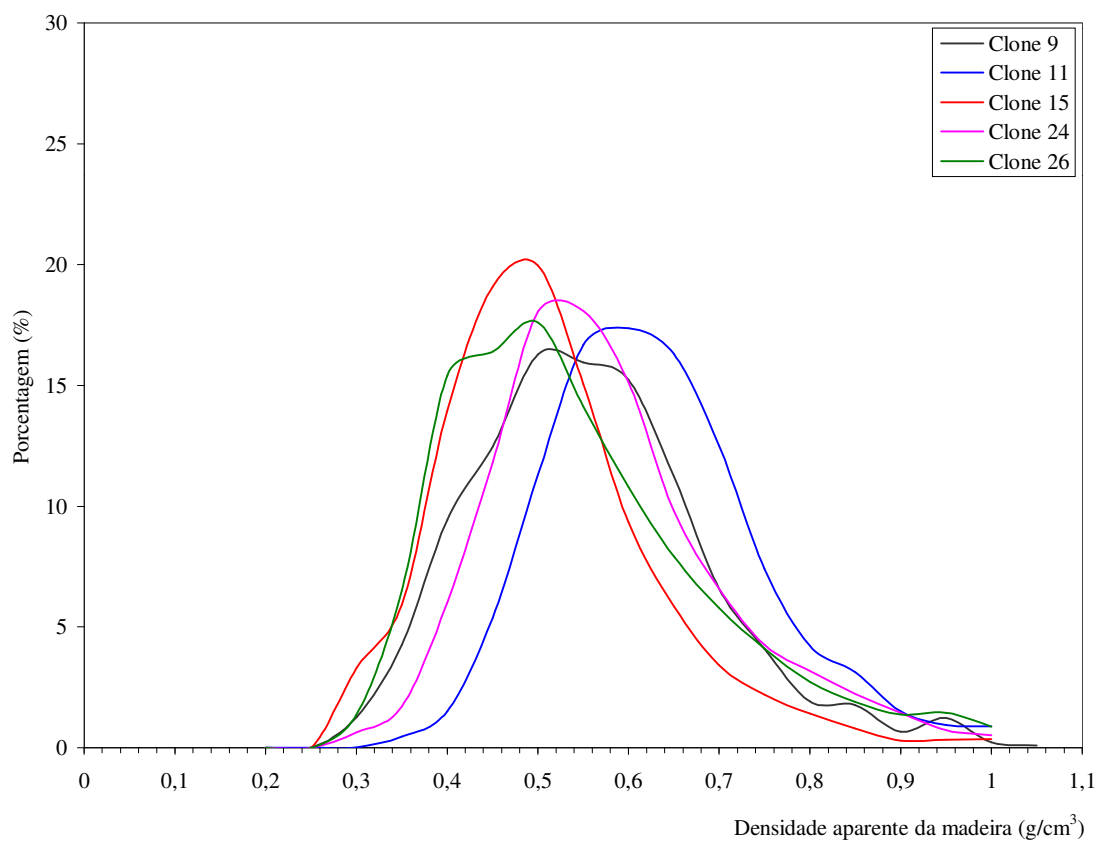


Figura 16- Distribuição das classes de densidade aparente da madeira dos clones de *E. grandis x urophylla*

4.4.3.4 Densidade aparente média e Índice de Uniformidade da madeira dos clones de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*.

Os valores de densidade aparente e índice de uniformidade médio da madeira obtidos para as duas espécies e híbrido de eucalipto são apresentados na Tabela 24, com os clones de *E. grandis* mostrando menores valores de densidade aparente e madeira mais homogênea. Apesar dos valores similares de densidade aparente média da madeira encontrados nos clones de *E. saligna* e de *E. grandis x urophylla* os índices de uniformidade da madeira diferem, sendo maior no híbrido indicando a formação de madeira mais heterogênea no sentido medula-casca.

Por cada espécie e híbrido de *Eucalyptus* foram observadas, conforme destacado em item anterior, diferenças entre os clones para os valores de densidade aparente da madeira e do Índice de Uniformidade.

Tabela 24. Densidade aparente média e índice de uniformidade da madeira dos clones de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*

Espécie	Clone (nº)	Densidade aparente média da madeira (g/cm ³)	Índice de Uniformidade
<i>E. grandis</i>	19	0,34	142,0
	21	0,45	149,7
	27	0,45	171,7
	28	0,54	206,1
	31	0,51	177,9
	Média	0,46	169,5
<i>E. saligna</i>	02	0,52	178,6
	03	0,54	177,8
	04	0,54	183,9
	12	0,54	171,9
	13	0,58	220,5
	Média	0,54	186,5
<i>E. grandis x urophylla</i>	09	0,54	192,5
	11	0,58	202,7
	15	0,49	180,8
	24	0,55	197,0
	26	0,53	192,2
	Média	0,54	193,0

A distribuição dos valores radiais de densidade aparente da madeira e sua frequência porcentual dos 5 clones e os valores médios de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla* são apresentados nas Figuras 17 e 18. A comparação ao nível de clones corrobora os resultados da Tabela 24, com a estratificação dos clones em valores de densidade aparente da madeira, sendo os de *E. grandis* apresentando madeira de menor densidade, seguido dos de *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*. As figuras evidenciam, de forma mais nítida, as diferenças existentes nas espécies com madeiras de valores similares de densidade aparente ($0,54 \text{ g/cm}^3$) e diferenciados de índice de uniformidade: para o *E. saligna* (índice de uniformidade: 186,5) 95% dos dados concentram-se entre valores de densidade de $0,34\text{-}0,90 \text{ g/cm}^3$, enquanto que para o *E. grandis x urophylla* (índice de uniformidade: 193,0) esse intervalo corresponde a $0,32\text{-}0,90 \text{ g/cm}^3$. Conforme destacado anteriormente, a obtenção dos índices de uniformidade da madeira proporciona a inclusão de novo parâmetro de qualidade da madeira a ser introduzido nos programas de melhoramento florestal e de tecnologia e utilização da madeira de *Eucalyptus*.

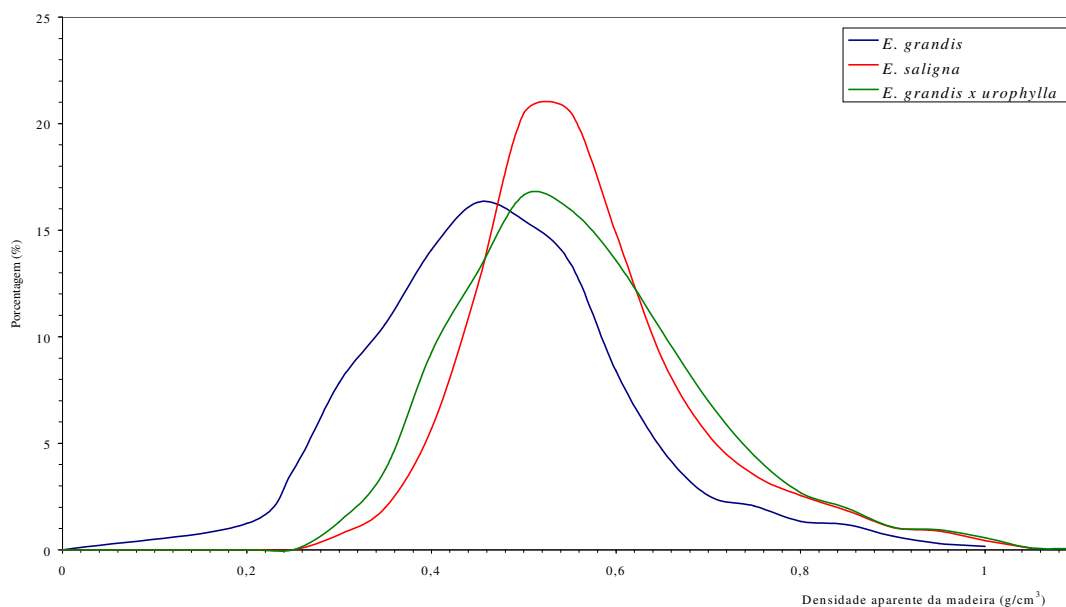


Figura 17- Distribuição da densidade aparente média da madeira de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*

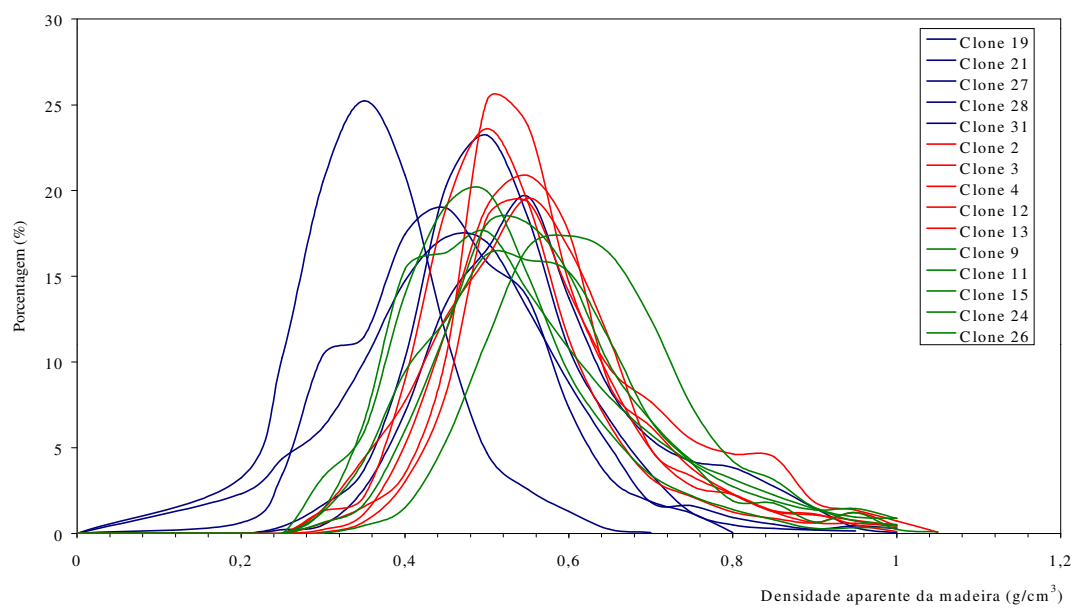


Figura 18- Distribuição da densidade aparente média da madeira dos clones de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*

4.5 Análise multivariada por Componentes Principais

A partir dos resultados da análise multivariada por componentes principais elaborada com as médias dos clones das 2 espécies e híbrido de eucalipto foram selecionados os componentes principais 1 e 2, considerados satisfatórios e que explicam 65% da variabilidade dos dados (Tabela 25).

Tabela 25. Variância das análises de componentes principais para as duas espécies e híbrido de eucalipto

Eixo	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1	44,67	44,67
2	19,03	63,70
3	13,97	77,67
4	8,19	85,86
5	5,70	91,57
6	3,33	94,90
7	2,07	96,97
8	1,24	98,20
9	1,11	99,31
10	0,35	99,67

Os valores obtidos para as variáveis (partes do tronco, densidade, dimensões das fibras e vasos) em cada Componente Principal são apresentados na Tabela 26. Para o componente principal 1 (cp1) que explica 44,7% da variabilidade dos dados, as variáveis mais significativas foram a largura e a espessura da parede das fibras, a porcentagem de cerne e a de alburno. Para o componente principal 2 (cp2), que explica 19% da variabilidade dos dados, as variáveis mais significativas foram a densidade básica média da madeira, a frequência dos vasos e o diâmetro do lume das fibras.

Tabela 26. Variáveis e componentes principais para os clones das duas espécies e híbrido de eucaliptos

Variáveis dos clones	Componentes principais					
	1	2	3	4	5	6
Casca (%)	-0,065	0,014	-0,56	0,263	-0,380	0,035
Cerne (%)	0,338	-0,017	0,084	-0,235	-0,002	-0,378
Alburno (%)	-0,349	0,002	-0,002	0,191	-0,020	0,304
Densidade básica (g/cm ³)	-0,111	0,492	-0,052	0,220	-0,194	-0,089
Densidade aparente (g/cm ³)	0,228	-0,058	-0,425	-0,201	-0,313	-0,206
Diâmetro de vasos (µm)	-0,146	-0,146	0,443	-0,086	-0,422	-0,364
Freqüência de vasos (%)	0,071	0,356	-0,155	-0,004	0,660	-0,196
Comprimento das fibras (µm)	0,276	0,151	0,322	-0,090	-0,106	0,102
Largura das fibras (µm)	0,330	-0,130	0,018	0,293	0,037	0,252
Diâmetro do lume das fibras (µm)	-0,134	-0,477	0,127	0,236	0,153	0,168
Espess. da parede das fibras (µm)	0,346	0,166	-0,058	0,104	-0,057	0,110

Os componentes principais selecionados (1 e 2) são apresentados na Figura 19, observando-se que para o componente principal 1 (i) nítida diferença existente entre os clones de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*, (ii) os clones do *E. saligna* e o *E. grandis x urophylla* mostraram maior heterogeneidade expressa, principalmente, na porcentagem de alburno e na espessura da parede das fibras. Para o componente principal 2 verificou-se (i) uma distribuição maior dos clones de *E. grandis x urophylla* ao longo do eixo, implicando em divergência em comparação aos de *E. grandis* e *E. saligna*, (ii) diferença entre os clones 15 e 24 do *E. grandis x urophylla*, devida, principalmente, ao diâmetro de vaso e a espessura da parede das fibras.

Os resultados obtidos da análise multivariada por componentes principais são condizentes com os observados para o Índice de Uniformidade, mostrando maior homogeneidade entre os clones de *E. grandis*, seguido dos de *E. saligna* e maior heterogeneidade ou dispersão entre os clones do *E. grandis x urophylla*.

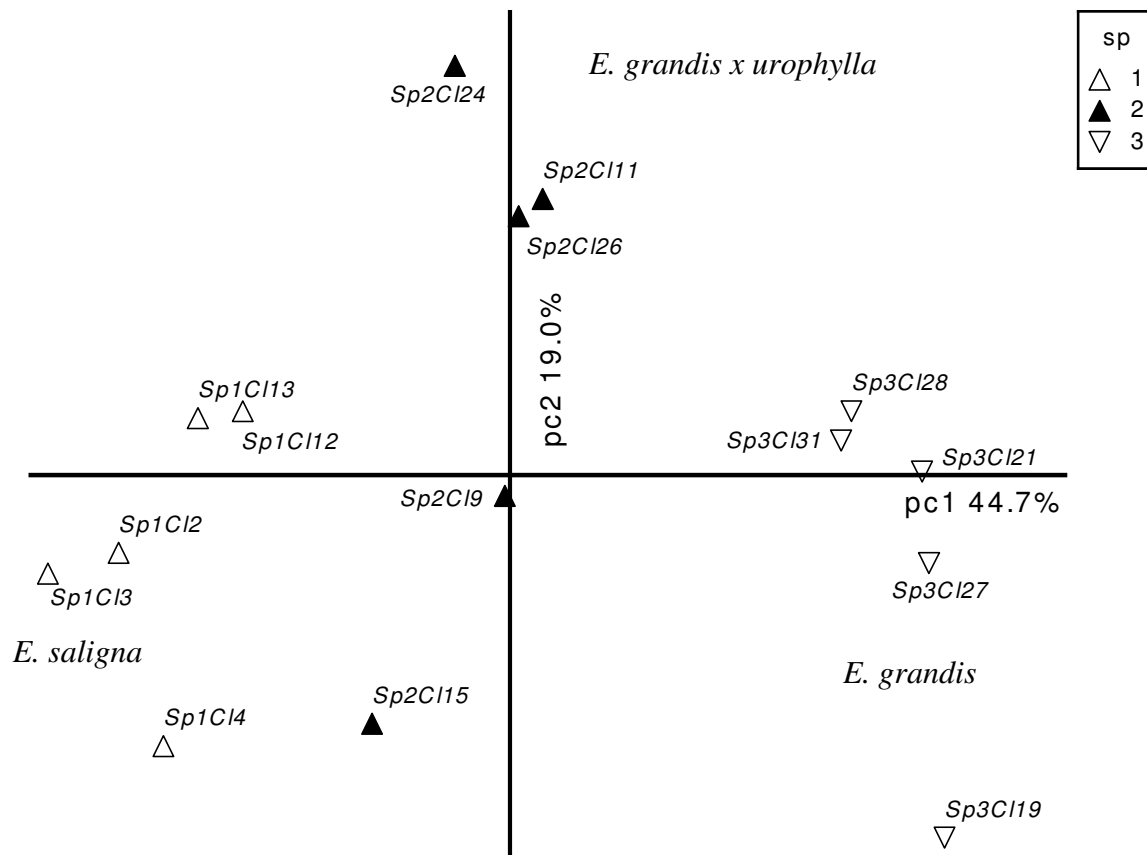


Figura 19- Análise por componentes principais dos clones de *E. grandis* (Sp3), *E. saligna* (Sp1) e *E. grandis x urophylla* (Sp 2)

4.6 Usos potenciais da madeira dos clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla x grandis*

Os resultados das avaliações dos diferentes parâmetros dendrométricos (casca, cerne e alborno) e da qualidade da madeira (densidade, fibras, Índice de Uniformidade) das árvores dos clones das 2 espécies e híbrido de eucalipto são apresentados na Tabela 27.

Os valores do Índice de Uniformidade da madeira indicam que as árvores dos clones de *E. grandis* (a exceção do clone 28) possuem madeira mais homogênea, seguida dos clones de *E. saligna* (a exceção do clone 13), com os clones de *E. grandis x urophylla* (a exceção do clone 15) mostrando madeira mais heterogênea. As madeiras com características de maior homogeneidade da densidade no sentido radial (clones de *E. grandis*, com destaque para os de número 19 e 21) devem apresentar melhores propriedades tecnológicas (defeitos de secagem, variação dimensional, etc.) e maior aproveitamento no processo de desdobro. Ao contrário, madeiras mais heterogêneas em relação à densidade (clones de *E. grandis x urophylla*, com destaque para os de número 11 e 24) devem apresentar madeiras com menores rendimentos em serraria. Nesse aspecto, a madeira dos clones de *E. saligna* encontra-se em situação intermediária em relação a da espécie e a do híbrido. A madeira serrada dos clones de eucaliptos tem vasta aplicação no Brasil, como móveis, esquadrias, tacos, uso estrutural, etc., sendo que para esta utilização recomenda-se a madeira de maior densidade. Para outras aplicações da madeira como celulose e papel, laminação, chapas de fibras, etc., preferencialmente recomendam-se árvores com troncos de madeira mais homogênea, pela qualidade do produto final.

Os valores de densidade básica da madeira indicam, da mesma forma, árvores de clones de madeira de menor (*E. grandis*, a exceção dos clones 28 e 31), maior (*E. grandis x urophylla*, a exceção dos clones 09 e 15) e de densidade intermediária (*E. saligna*). Os valores de densidade básica da madeira dos clones das espécies e híbrido de eucaliptos não restringem as aplicações devendo, no entanto, considerar os mesmos aspectos abordados para o Índice de Uniformidade.

Os valores de dimensões das fibras indicam que a madeira dos clones de *E. grandis*, *E. saligna* e híbrido pode ser utilizada para usos estruturais, na produção de painéis a base de fibras e demais aplicações dadas as características do comprimento, espessura da parede e largura das fibras.

Os valores dos componentes do tronco indicam que a madeira dos clones de *E. saligna* e do híbrido possui maior porcentagem de madeira tratável (alburno), em relação aos clones de *E. grandis*, podendo constituir-se em vantagem para a aplicação de preservantes e uso em contato com o solo como para postes, moirões de cerca, dormentes, etc. Por outro lado, os clones de *E. grandis* apresentaram maiores teores de cerne, de importância para a aplicação e utilização da madeira para a fabricação de móveis, uso externo, etc.

No entanto, além dos parâmetros mencionados deverão ser incluídas avaliações silviculturais (taxa de crescimento em diâmetro e altura do tronco, retidão do fuste, rebrota, desrama natural, resistência a fungos, insetos, geadas e sítios pobres, etc.). Outros ensaios tecnológicos, como a análise das tensões de crescimento, variação dimensional, defeitos de secagem, rendimento em serraria, tratabilidade da madeira deverão, também, ser considerados na seleção dos clones para posterior aplicação em programas de melhoramento florestal, como sua multiplicação por via assexuada.

Tabela 27. Componentes do tronco, parâmetro físico, anatômico e Índice de Uniformidade da madeira das duas espécies e híbrido de *Eucalyptus*.

Espécie / híbrido	Clone (n°)	Componentes do tronco (%)			Densidade da madeira (g/cm ³)		Dimensões das fibras (µm)				Índice de Uniform
		Casca	Cerne	Alburno	Básica	Aparente	Comp.	Larg.	Diâm. lume	Espes.	
<i>E. grandis</i>	19	12,07	47,57	40,35	0,41	0,34	1060	20,98	10,34	5,28	142,0
	21	11,98	48,04	39,98	0,46	0,45	990	20,43	8,99	5,72	149,7
	27	12,00	43,33	44,14	0,44	0,45	1050	21,60	10,04	5,78	171,7
	28	13,57	42,35	44,09	0,49	0,54	1020	20,68	9,06	5,81	206,1
	31	12,85	41,48	45,67	0,49	0,51	1020	21,36	9,47	5,94	177,9
	Média	12,49	44,55	42,84	0,46	0,46	1030	20,99	9,58	5,70	169,5
<i>E. saligna</i>	02	12,96	33,97	53,07	0,49	0,52	960	18,35	10,13	4,11	178,6
	03	13,64	24,26	62,10	0,48	0,54	910	18,99	10,50	4,25	177,8
	04	13,47	29,46	56,70	0,46	0,54	920	19,10	11,10	4,00	183,9
	12	10,62	38,25	51,13	0,47	0,54	990	18,51	9,74	4,38	171,9
	13	13,05	34,06	52,88	0,48	0,58	950	18,36	9,23	4,57	220,5
	Média	12,75	32,00	55,18	0,47	0,54	950	18,67	10,14	4,26	186,5
<i>E. grandis x urophylla</i>	09	11,34	37,13	51,53	0,48	0,54	1040	19,88	10,25	4,81	192,5
	11	11,50	37,93	50,57	0,50	0,58	1070	19,17	9,04	5,07	202,7
	15	11,27	32,46	56,27	0,46	0,49	990	20,28	10,98	4,65	180,8
	24	13,28	33,20	53,51	0,52	0,55	1020	19,29	8,71	5,29	197,0
	26	12,17	38,07	49,96	0,51	0,53	1010	19,86	9,43	5,22	192,2
	Média	11,91	35,76	52,37	0,49	0,54	1030	19,69	9,68	5,01	193,0

5 CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem concluir, com respeito a:

1. O teor de casca foi maior na base e no topo do caule e reduzido na posição intermediária; o teor de cerne aumentou da base até 25% e diminuiu até 50% (*E. saligna*, *E. grandis x urophylla*) e 75% (*E. grandis*) da altura do caule; o teor de alburno aumentou no sentido base-topo,
2. O teor médio de casca e alburno foi superior nos clones de *E. saligna*, e o de cerne nos de *E. grandis*,
3. A densidade básica da madeira até o DAP decresceu e/ou aumentou e, em seguida, aumentou até o topo do tronco; os valores médios foram de 0.46, 0.47 e 0.49 g/cm³, para o *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla*; os clones de *E. grandis* foram mais heterogêneos e os de *E. saligna* mais homogêneos para a densidade básica da madeira,
4. Nos clones de *E. grandis x urophylla* verificou-se maior valor de densidade básica média da madeira em todo o tronco (a exceção da base e DAP); ocorreram variações longitudinais da densidade básica dentro e entre os clones das espécies de eucaliptos,
5. Foram observadas variações quali e quantitativas dos elementos anatômicos da madeira entre espécies e híbrido de eucaliptos,

6. Houve aumento do comprimento e da largura das fibras da medula até 75% do raio e posterior tendência a estabilização; houve aumento da espessura da parede e redução do diâmetro do lume das fibras até 50-75% do raio das amostras,

7. Maior comprimento, largura e espessura da parede das fibras ocorreu nos clones de *E. grandis*, seguido do híbrido; nos de *E. saligna* o diâmetro do lume das fibras foi superior; os clones mostraram grande homogeneidade nas dimensões das fibras,

8. Foram caracterizados 3 modelos de variação radial da densidade e a formação de 3 tipos de madeira (juvenil, de transição e adulta); o valor médio de densidade aparente da madeira foi de 0.46, 0.54 e 0.54 g/cm³ nos clones de *E. grandis*, *E. grandis x urophylla* e *E. saligna*, respectivamente.

9. O índice de uniformidade indicou maior homogeneidade da madeira dos clones de *E. grandis* e do *E. saligna*, condizentes com os resultados da análise multivariada por componentes principais; o índice de uniformidade pode se constituir em novo parâmetro para a análise da madeira de eucaliptos.

ANEXOS

Anexo A- Resumo da caracterização anatômica do lenho das 2 espécies e híbrido de *Eucalyptus*

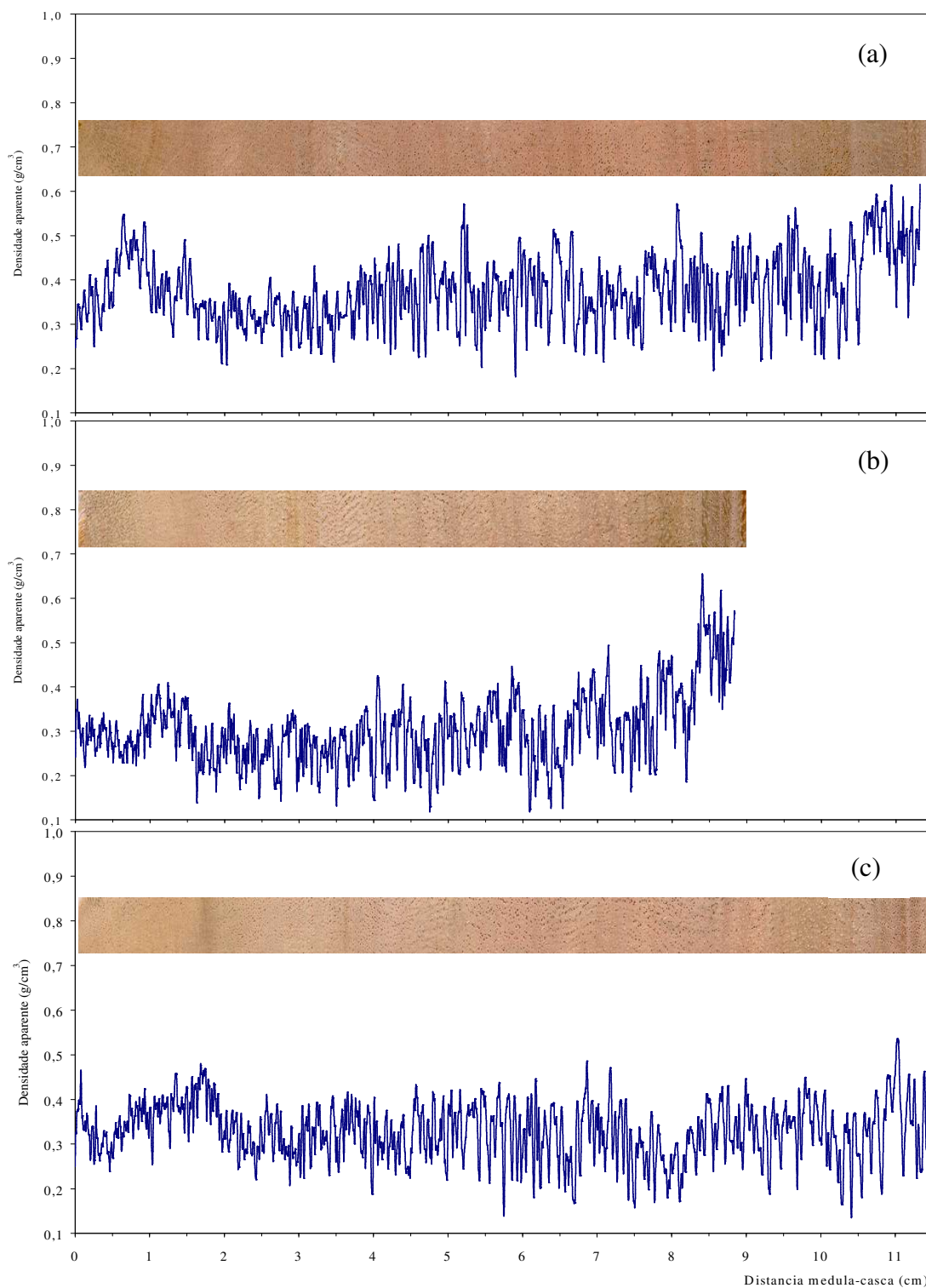
CARACTERISTICAS	ESPÉCIE		
	<i>E. grandis</i>	<i>E. saligna</i>	<i>E. grandis x urophylla</i>
Cerne/alburno	Distinto	Distinto	Distinto
Cor	Rosa-claro	Rosa-escuro Rosa-claro	Rosa-claro
Brilho	Moderado	Moderado	Moderado
Odor/cheiro	Imperceptível	Imperceptível	Imperceptível
Sabor	Imperceptível	Imperceptível	Imperceptível
Densidade de massa	Média/baixa	Média/baixa	Média/baixa
Resistência ao Corte	Macia	Macia	Macia
Grã	Direita	Direita	Direita
Textura	Media	Média	Média
Camadas de crescimento	Pouco distintas	Pouco distintas	Pouco distintas
Vasos			
Visibilidade	A olho nu	A olho nu	A olho nu
Porosidade	Difusa	Difusa	Difusa
Arranjo	Diagonal	Diagonal	Diagonal
Agrupamento de vasos (%)			
Solitários	95	98	98
Frequência (#/mm ²)	9-14	10-12	8-13
Diâmetro tangencial do lume (µm)			
Mínimo	61,44	80,73	76,91
Médio	106	100,61	103,63
Máximo	138,7	161,4	133,25
Desvio padrão	20,49	20,12	14,81
Forma da seção	Ovalada a circular	Ovalada a circular	Ovalada a circular
Comprimento (µm)			
Mínimo	242,04	211,43	239,86
Médio	336,19	325,42	342,26
Máximo	509,29	418,24	482,78
Desvio padrão	90,42	94,1	104,79
Apêndices			
Tamanho [f(comprimento vaso)]	Curtos < 1/3	Curtos < 1/3	Curtos < 1/3
Extremidades	Ambas	Ambas	Ambas
Placas de perfuração	Simples	Simples	Simples
Depósitos em vasos	Indistinto	Indistinto	Indistinto
Pontoações intervasculares	Indistinta	Indistinta	Indistinta
Pontoações raio-vasculares	Areoladas	Areoladas	Areoladas
Arranjo	Alternas	Alternas	Alternas
Formas	Arredondadas	Arredondadas	Arredondadas
Abundância	Sim	Indistinto	Sim

Anexo A- Resumo da caracterização anatômica do lenho das 2 espécies e híbrido de *Eucalyptus*

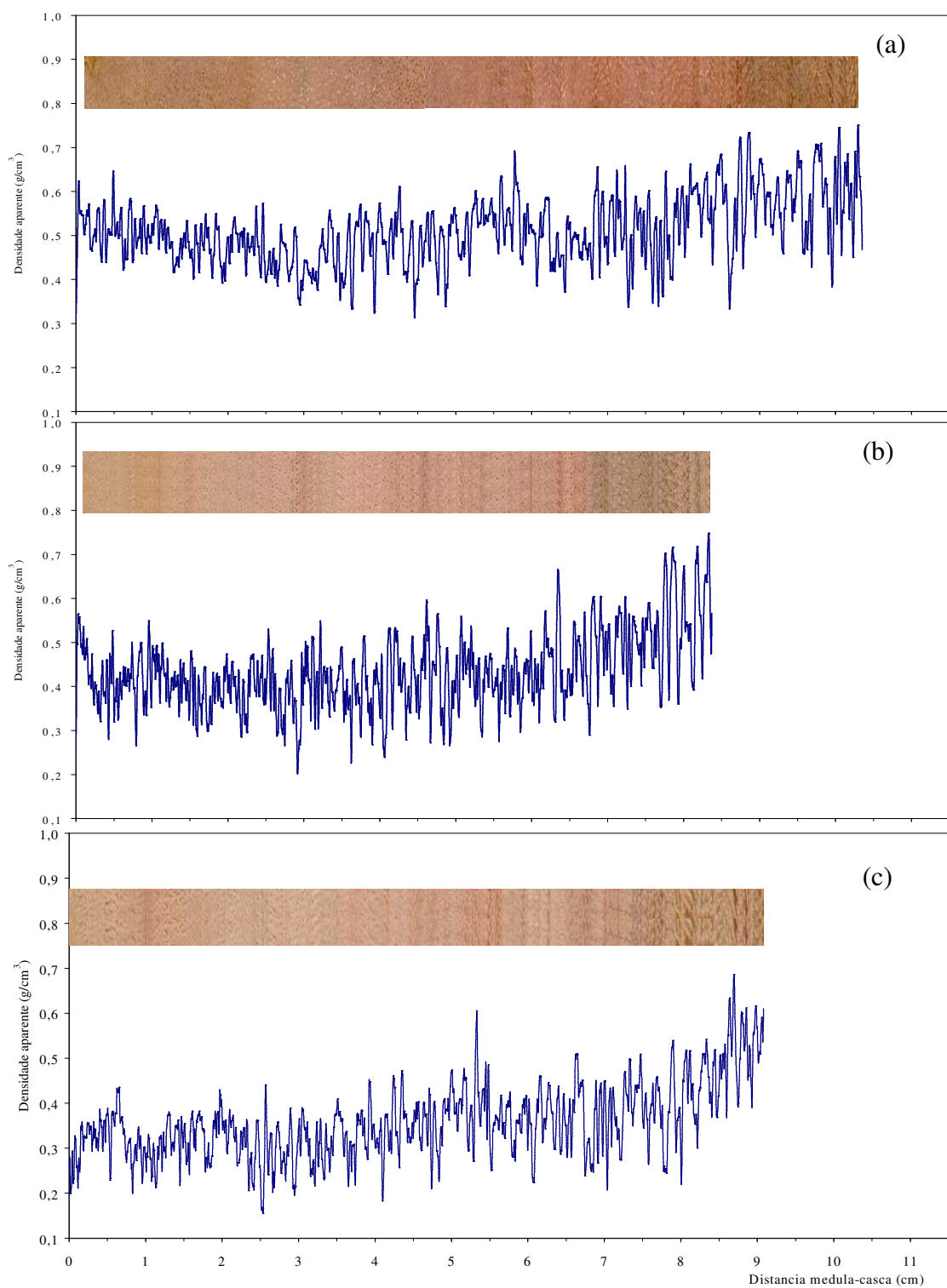
CARACTERÍSTICAS	ESPÉCIE		
	<i>E. grandis</i>	<i>E. saligna</i>	<i>E. grandis x urophylla</i>
Diâmetro tangencial			
Mínimo	4,46	2,69	4,59
Médio	5,58	4,07	5,33
Máximo	6,25	6,06	7,43
Desvio padrão	1,05	1,19	1,03
Pontuações parênquimo-vasculares			
Arranjo	Alternas	Alternas	Alternas
Formas	Circular a ovalada	Circular a ovalada	Circular a ovalada
Abundâncias	Sim	Sim	Sim
Diâmetro tangencial			
Mínimo	5,16	3,71	4,28
Médio	5,91	4,87	5,43
Máximo	6,27	5,62	6,56
Desvio padrão	0,59	0,76	0,87
Pontuações das fribras	Indistintas	Indistintas	Indistintas
Fibras			
Comprimento (µm)			
Mínimo	670	640	620
Médio	1030	950	1030
Máximo	1230	1170	1270
Desvio padrão	0,23	0,22	0,25
Largura (µm)			
Mínimo	17,71	16,52	17,28
Médio	20,99	18,67	19,69
Máximo	22,77	20,12	20,93
Desvio padrão	2,01	1,32	1,59
Diâmetro do lume (µm)			
Mínimo	6,35	8,56	7,33
Médio	9,58	10,14	9,68
Máximo	10,67	11,35	10,48
Desvio padrão	1,84	1,07	1,32
Espessura da parede (µm)			
	Delgada	Delgada	Delgada
Mínimo	3,64	3,33	3,48
Médio	5,7	4,26	5,01
Máximo	7,65	5,78	6,71
Desvio padrão	1,52	0,94	1,98
Parênquima axial			
Visibilidade	Sob lente 10x	Sob lente 10x	Sob lente 10x
Disposição	Paratraqueal escasso	Paratraqueal escasso	Paratraqueal escasso
__ Tipo de células	Seriado	Seriado	Seriado

Anexo A- Resumo da caracterização anatômica do lenho das 2 espécies e híbrido de *Eucalyptus*

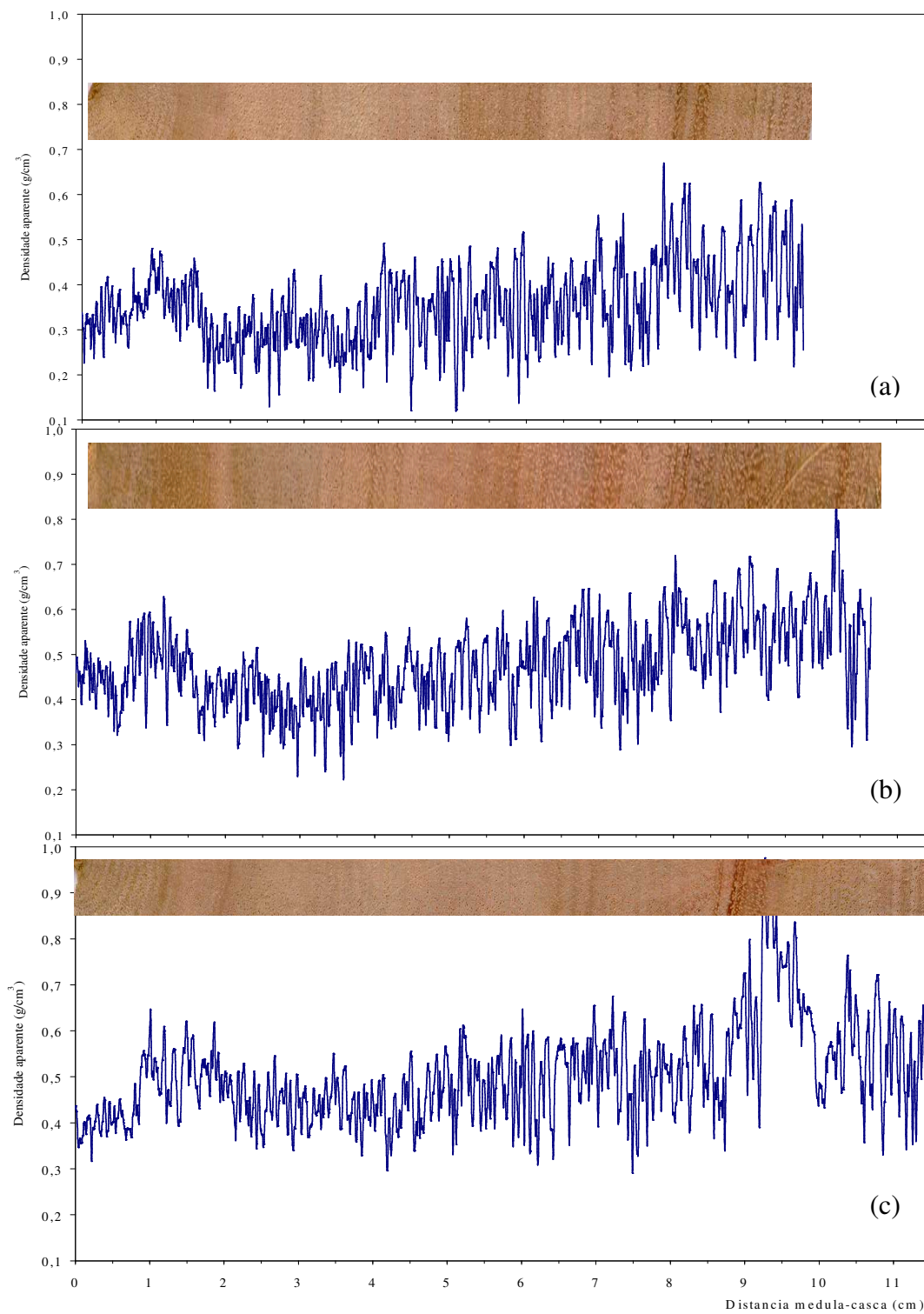
CARACTERISTICAS	ESPÉCIE		
	<i>E. grandis</i>	<i>E. saligna</i>	<i>E. grandis x urophylla</i>
Parênquima radial (raios)			
Visibilidade	Sob lente 10x	Sob lente 10 x	Sob lente 10 x
Largura (%)			
Unisseriado	97	96	97
Multisseriado	3	4	3
Altura (mm)			
Mínimo	0,16	0,15	0,16
Médio	0,16	0,16	0,18
Máximo	0,18	0,18	0,2
Desvio padrão	0,01	0,01	0,02
Frequência (#/mm)			
Mínimo	13,33	10,04	10,27
Médio	14,92	12,81	14,45
Máximo	16,27	16,4	17,33
Desvio padrão	1,36	2,35	2,9
Composição	Homocelular	Homocelular	Homocelular
Tipo de células	Procumbentes	Procumbentes	Procumbentes
Número de linhas	6-21	4-12	10-19
Largura (µm)	13,96-19,12	11,11-23,36	9,13-17,95



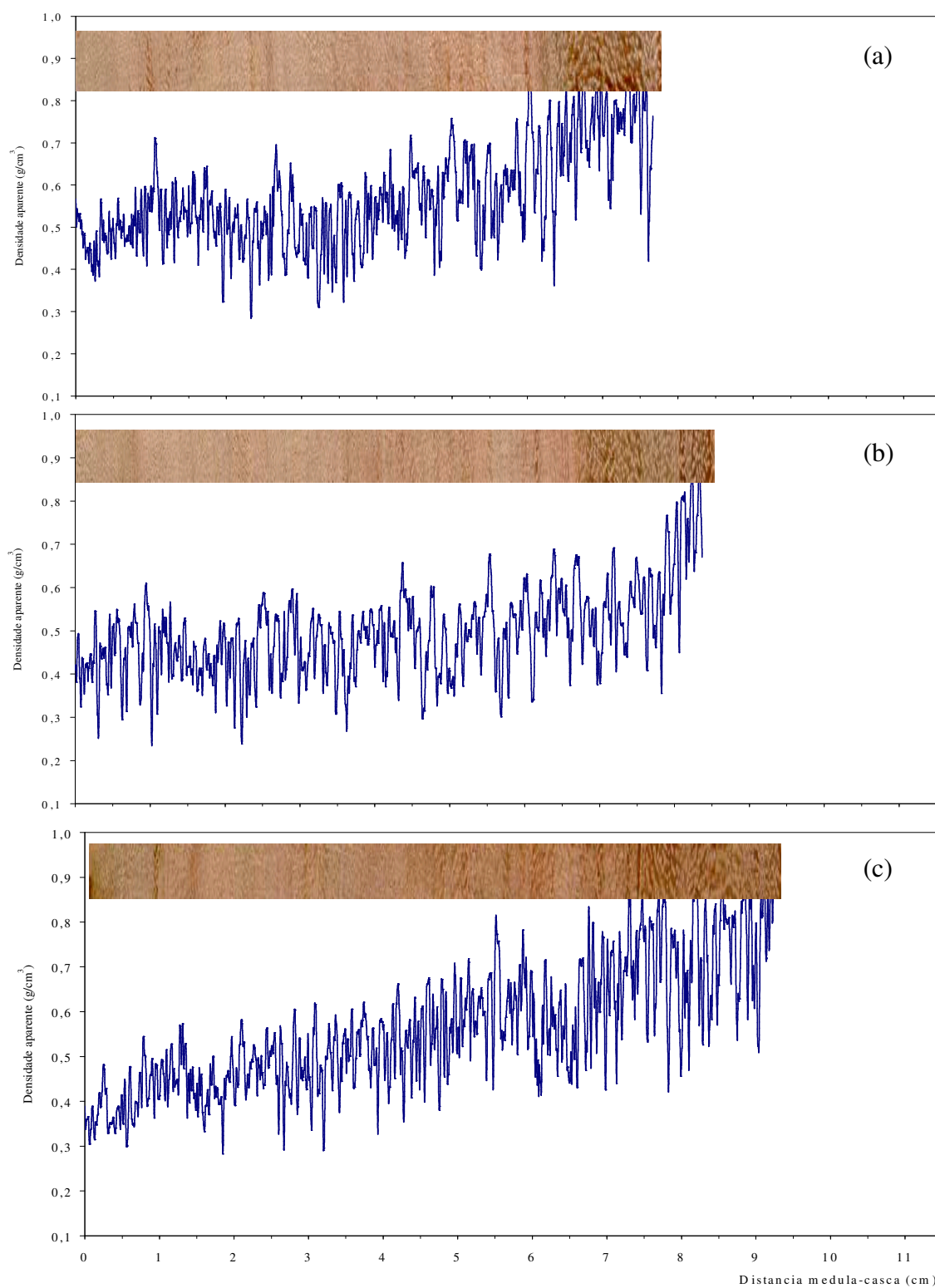
Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 19 de *E. grandis*
(a) árvore 107, (b) árvore 110 e (c) árvore 120.



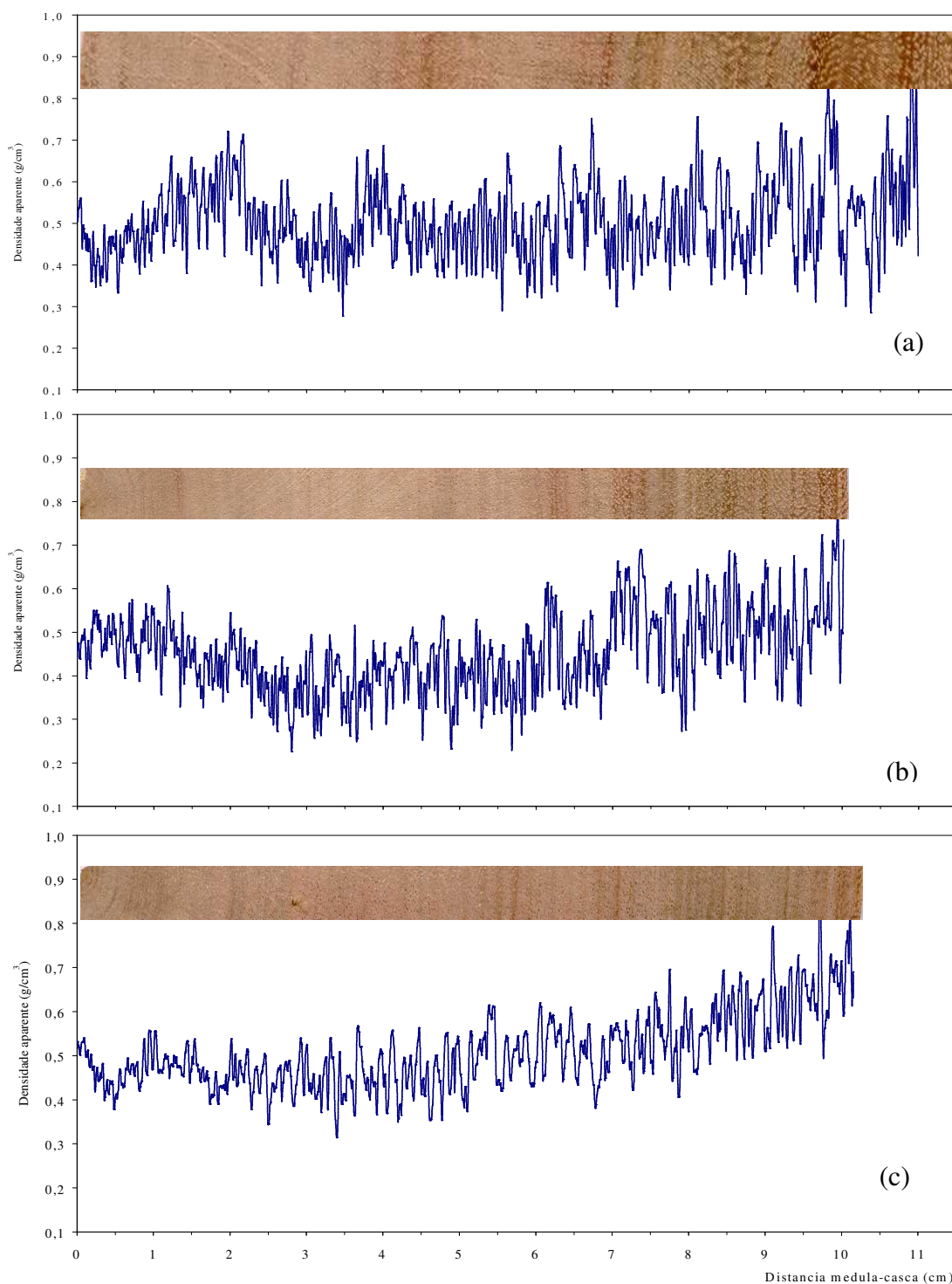
Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 21 de *E. grandis*
(a) árvore 108, (b) árvore 114 e (c) árvore 123.



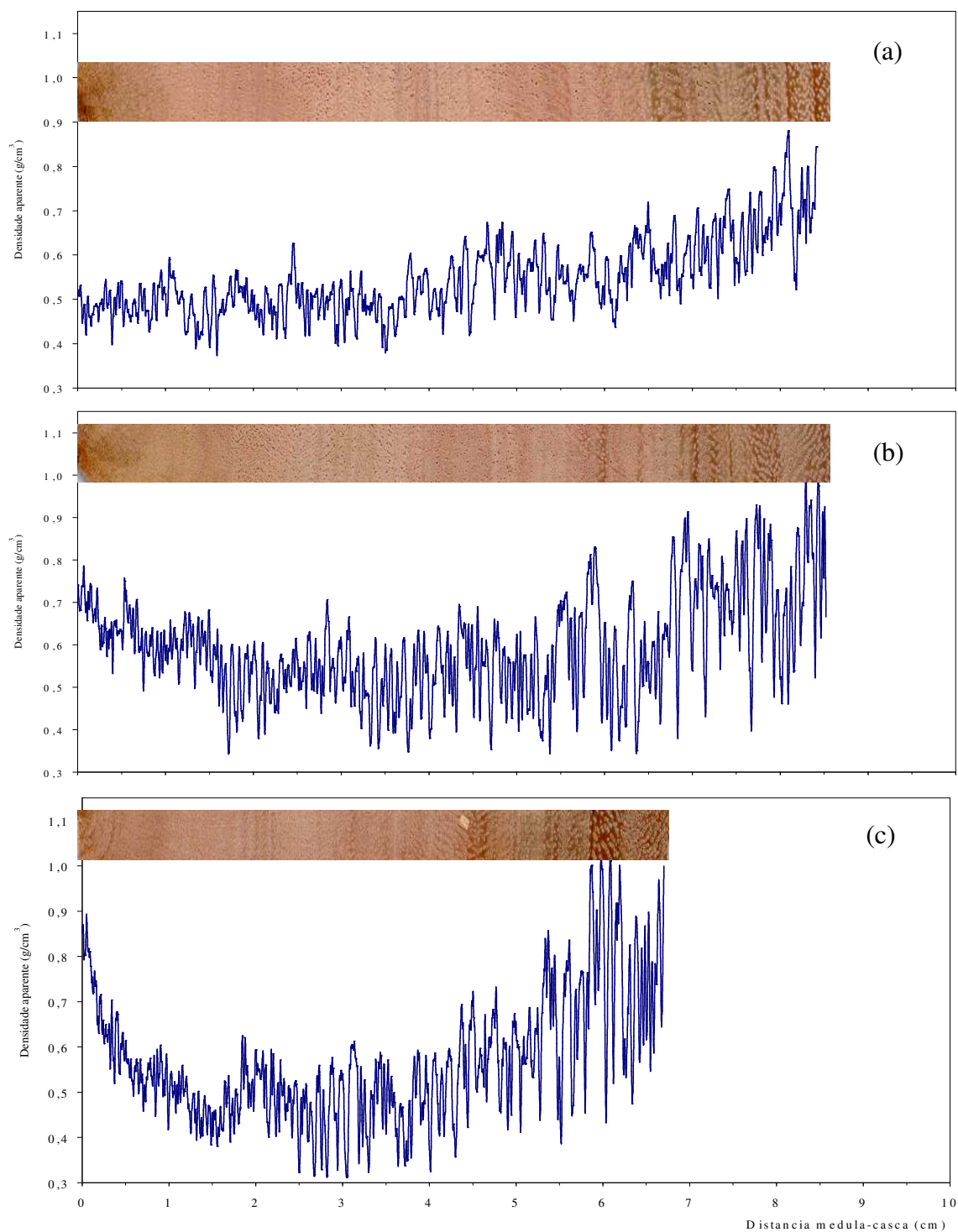
Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 27 de *E. grandis*
(a) árvore 125, (b) árvore 126 e (c) árvore 143.



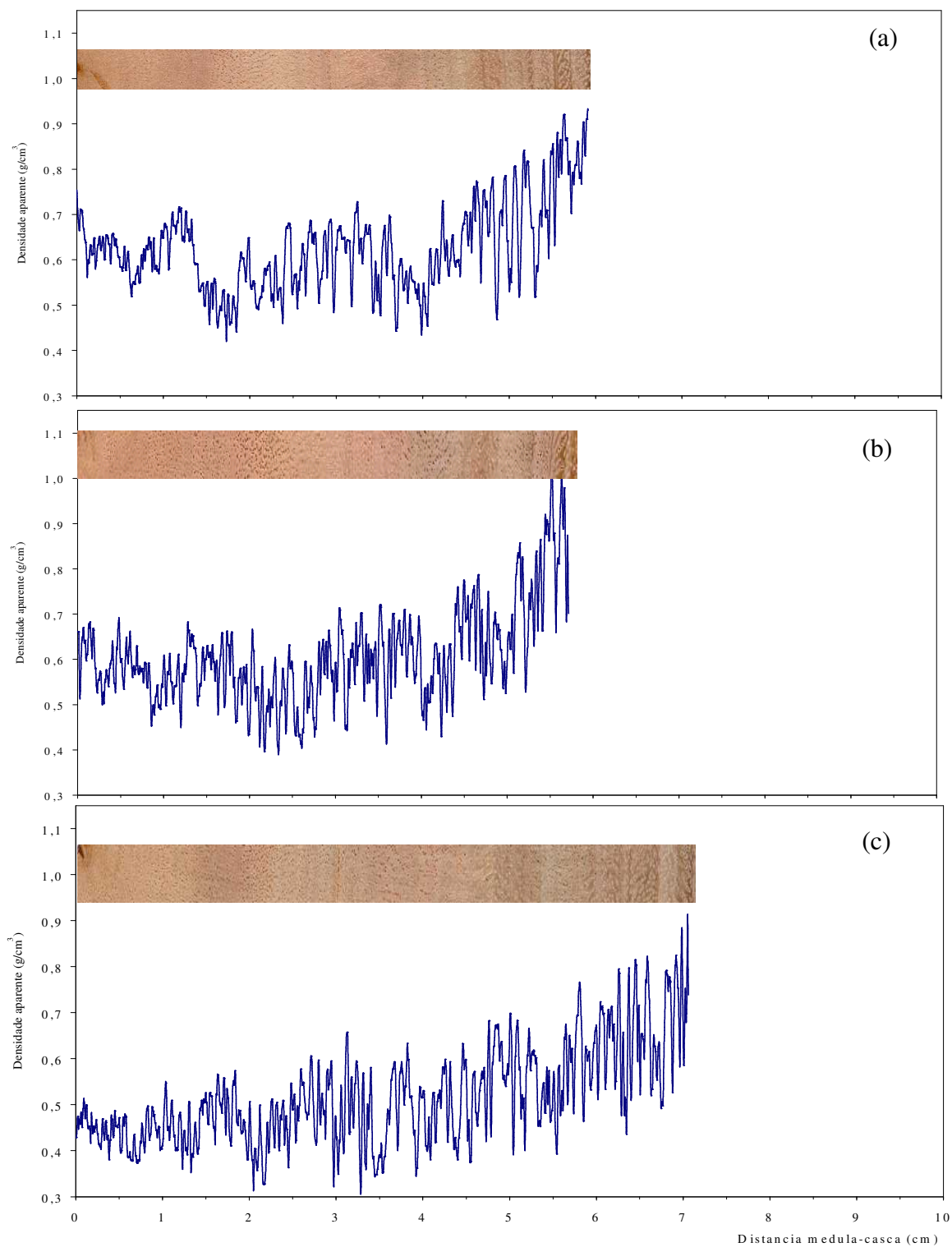
Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 28 de *E. grandis*
(a) árvore 111, (b) árvore 122 e (c) árvore 138.



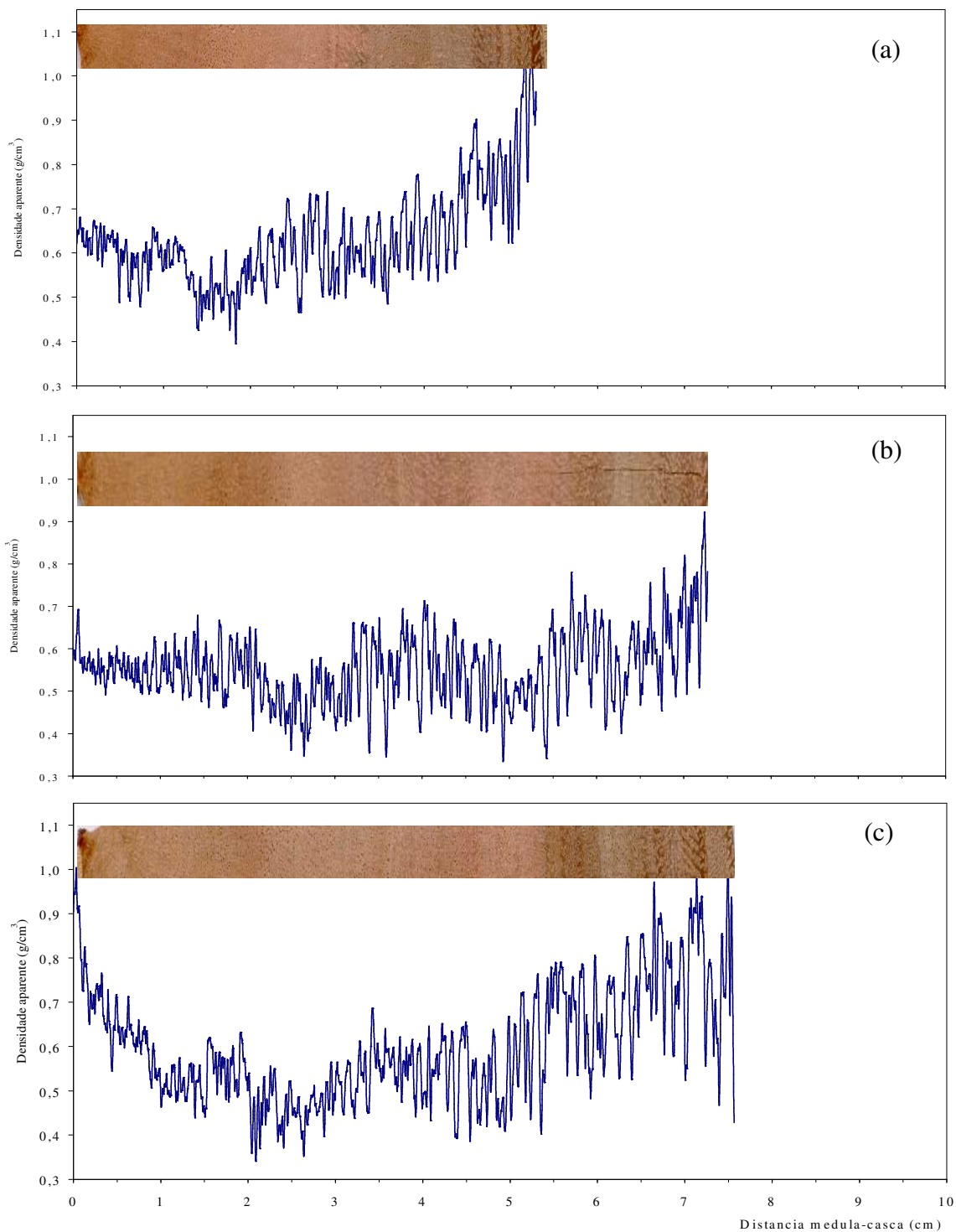
Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 31 de *E. grandis*
(a) árvore 103, (b) árvore 104 e (c) árvore 150.



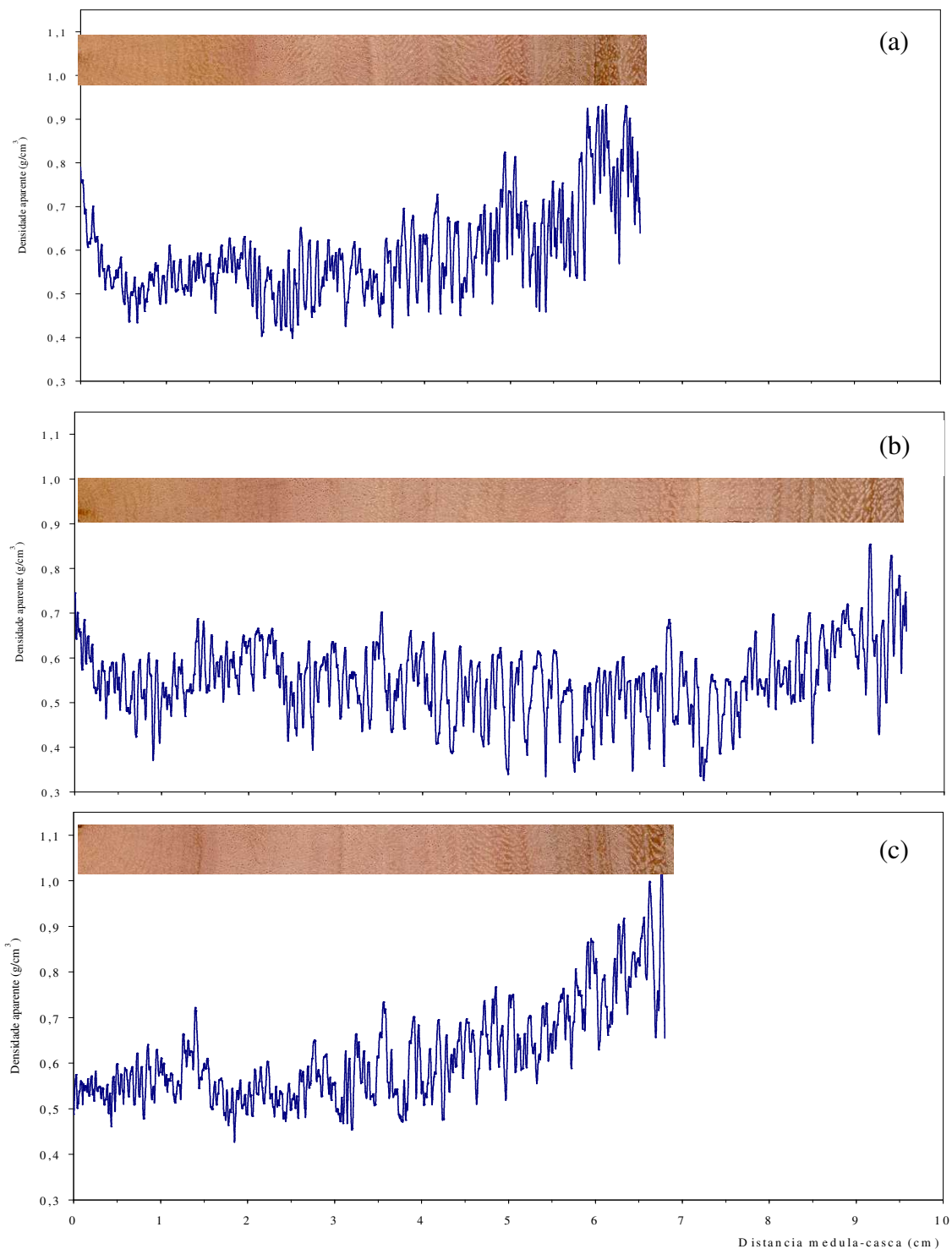
Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 2 de *E. saligna* (a) árvore 25, (b) árvore 36 e (c) árvore 50.



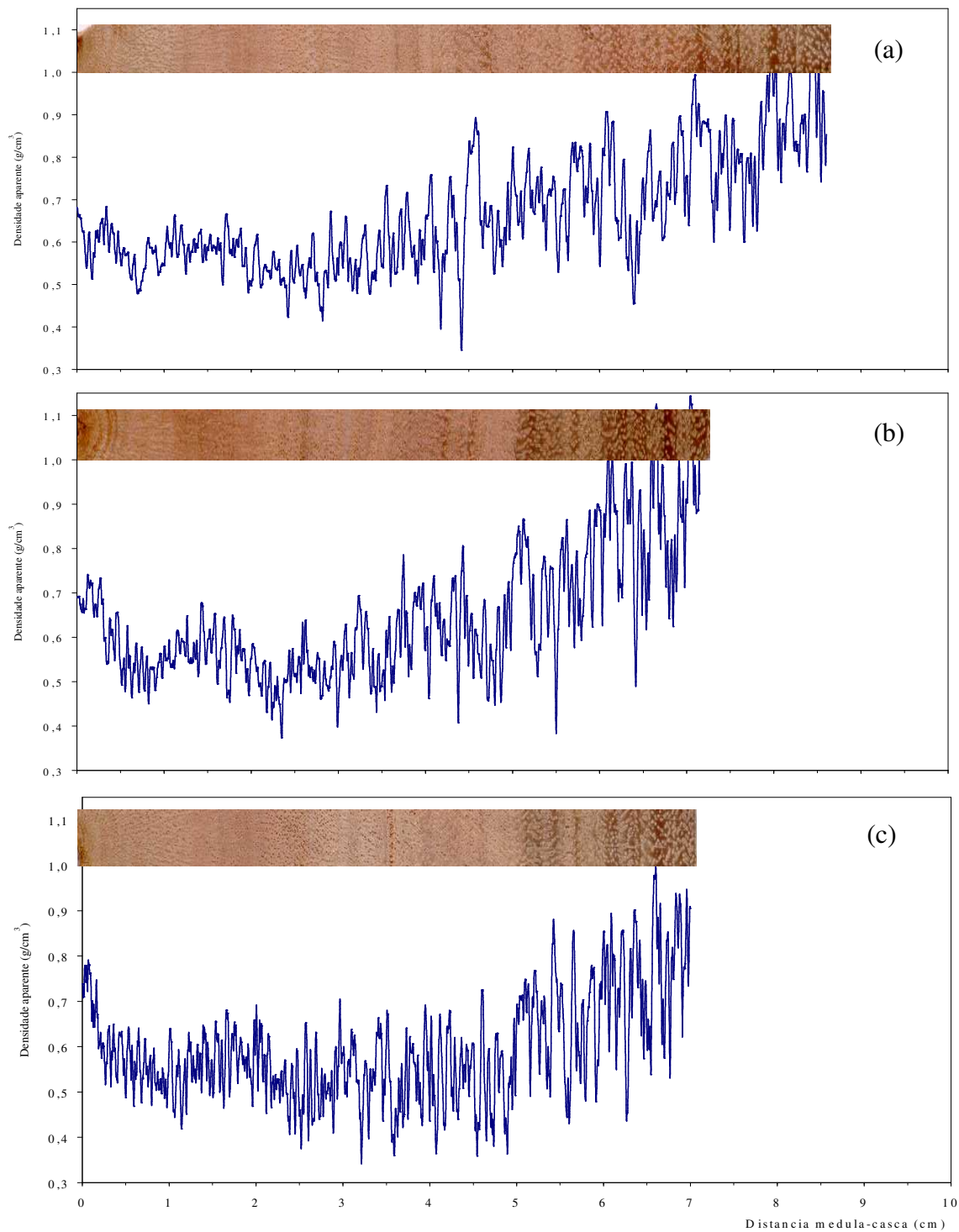
Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 3 de *E. saligna* (a) árvore 15, (b) árvore 35 e (c) árvore 37.



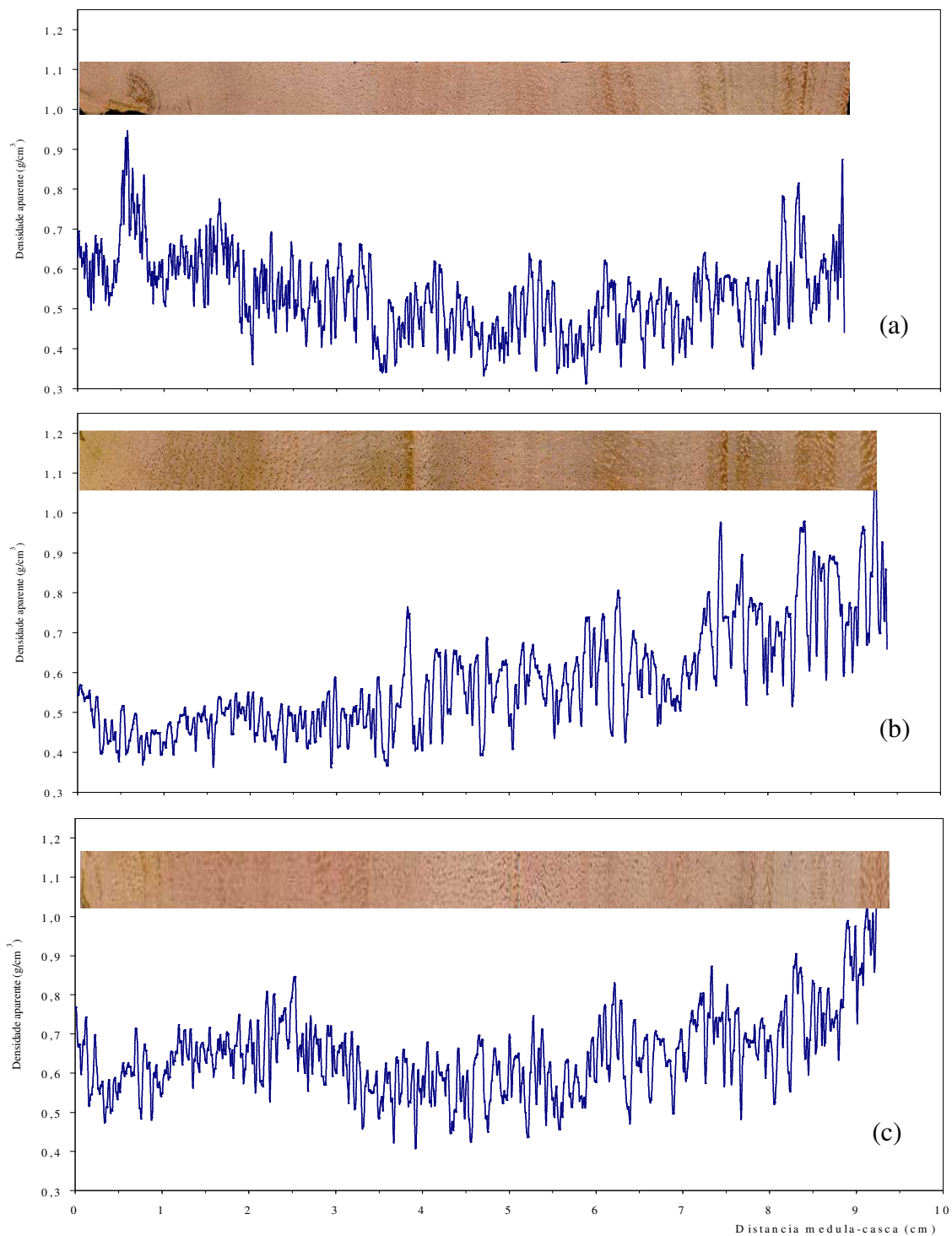
Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 4 de *E. saligna* (a) árvore 22, (b) árvore 32 e (c) árvore 47.



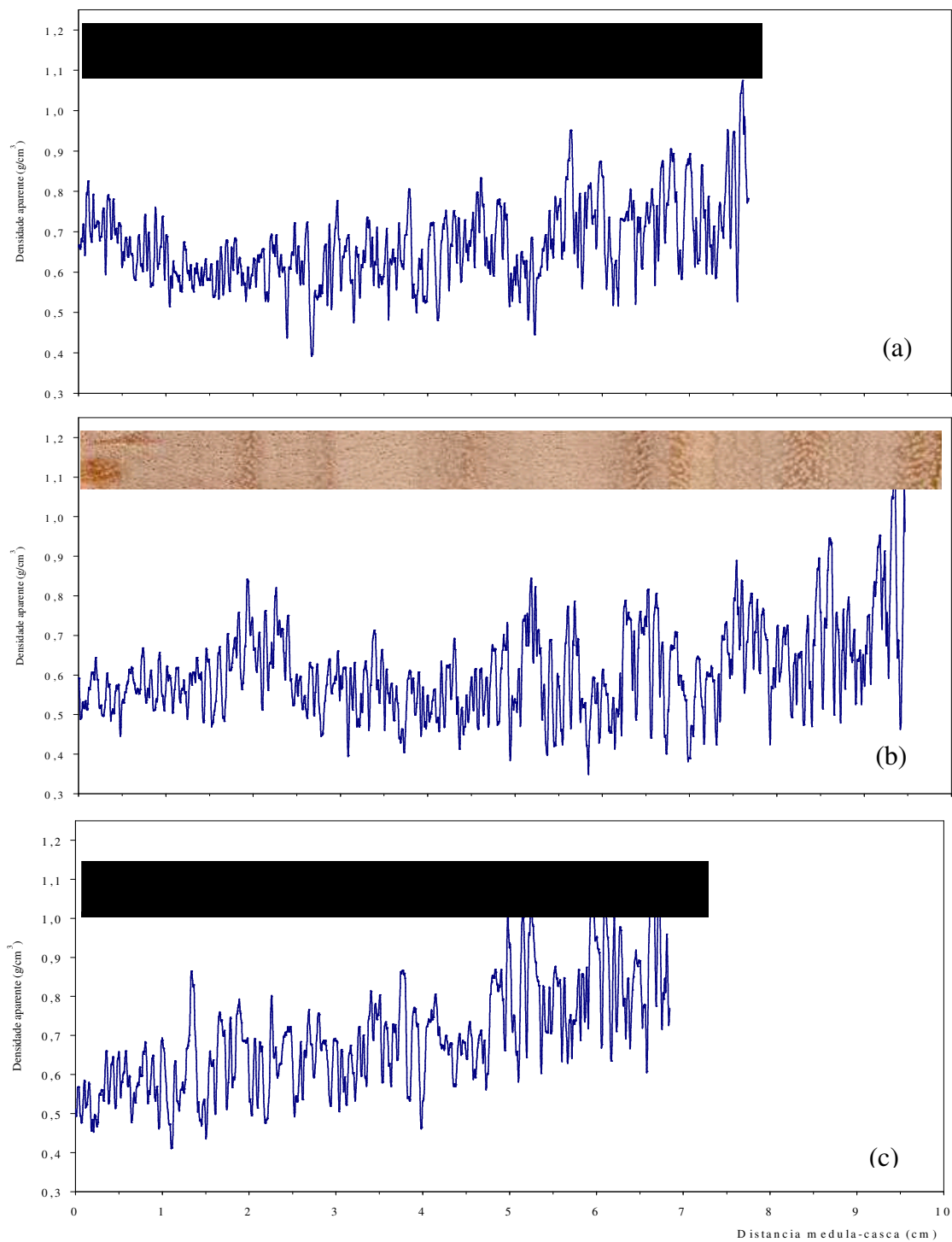
Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 12 de *E. saligna*
(a) árvore 2, (b) árvore 18 e (c) árvore 24.



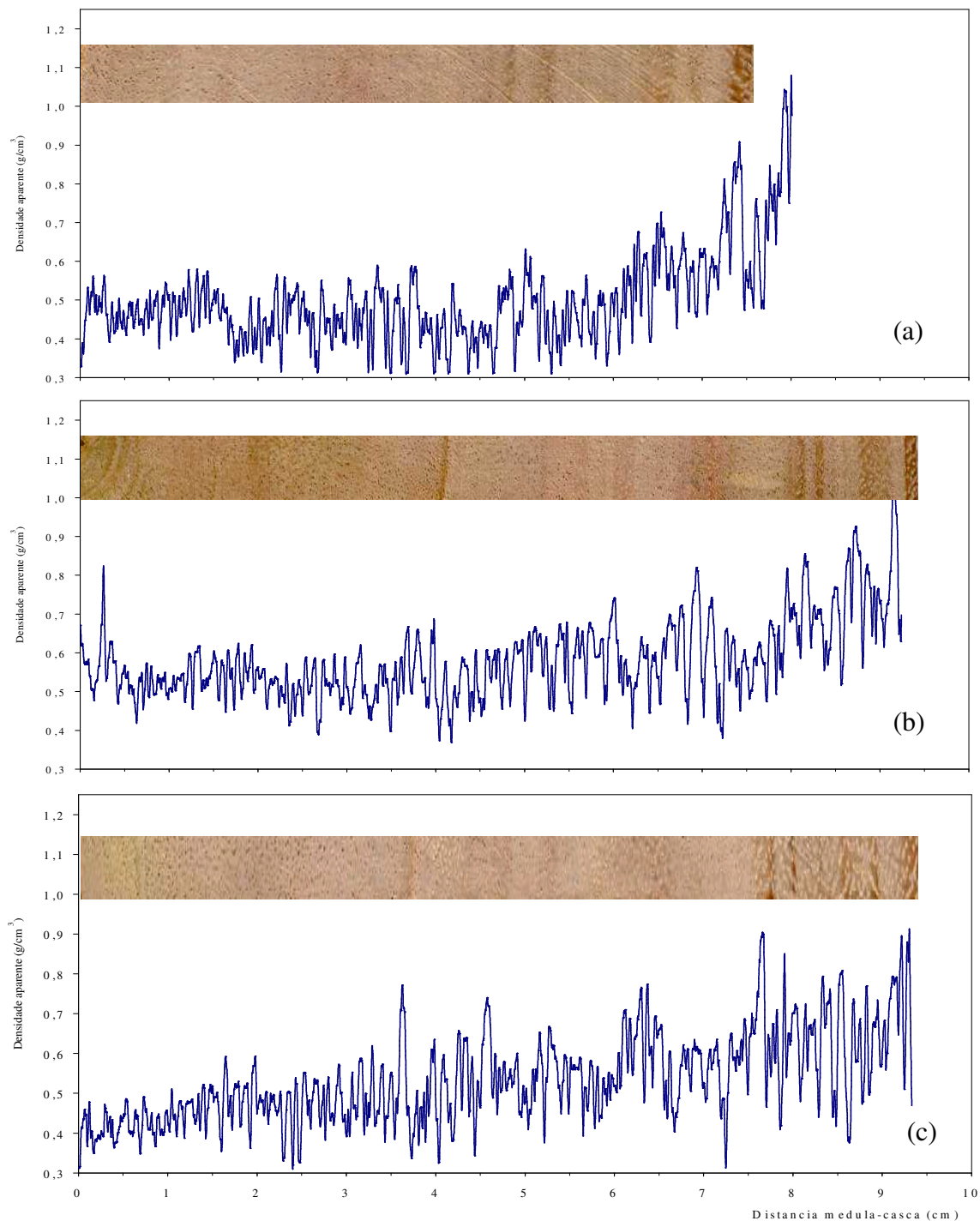
Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 13 de *E. saligna*
(a) árvore 9, (b) árvore 21 e (c) árvore 29.



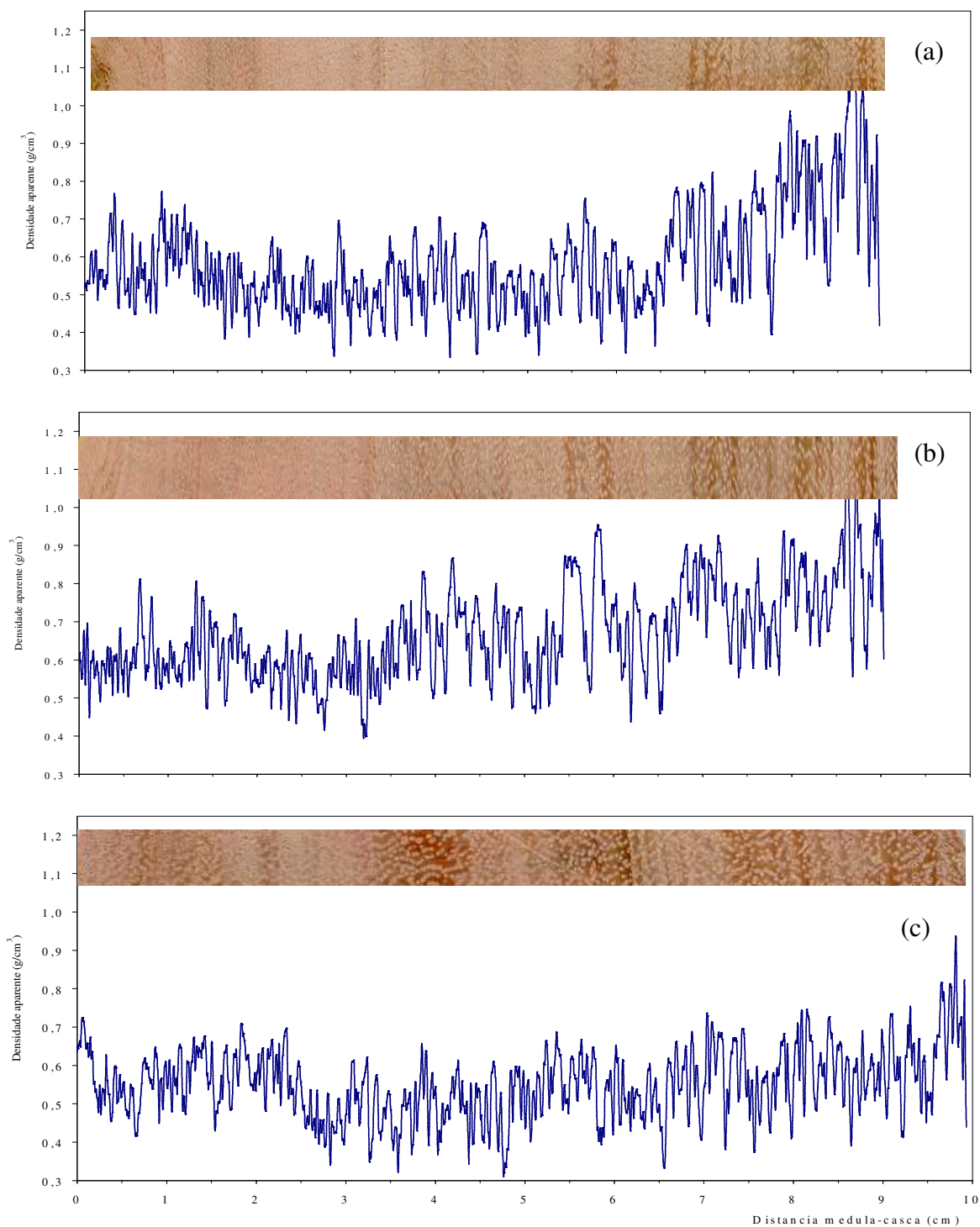
Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 9 de *E. grandis x urophylla* (a) árvore 72, (b) árvore 99 e (c) árvore 100.



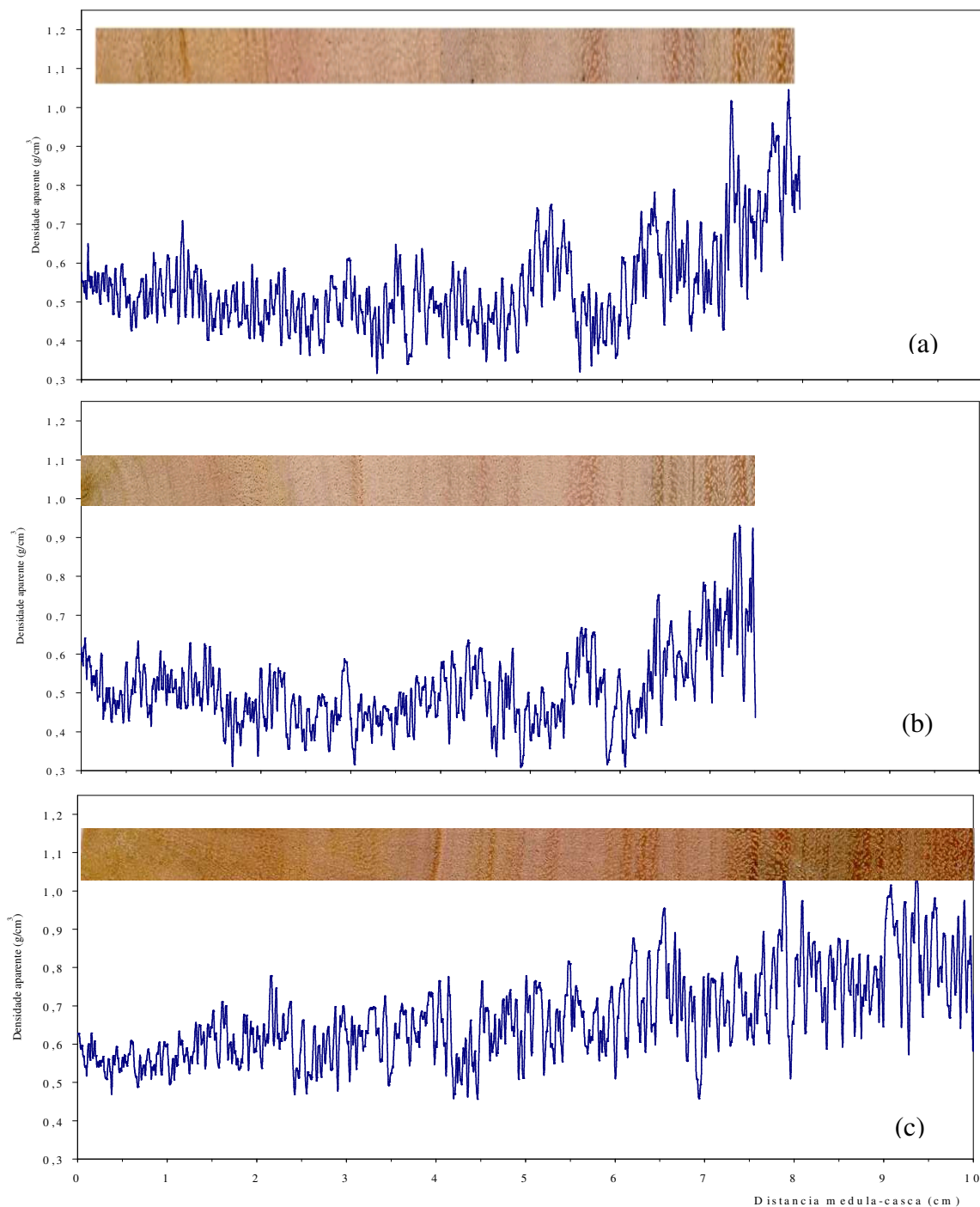
Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 11 de *E. grandis x urophylla* (a) árvore 77, (b) árvore 83 e (c) árvore 91.



Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 15 de *E. grandis* x *urophylla* (a) árvore 53, (b) árvore 76 e (c) árvore 95.



Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 24 de *E. grandis x urophylla* (a) árvores 60, (b) árvore 78 e (c) árvore 87.



Anexo B -Variação radial da densidade aparente da madeira do clone 26 de *E. grandis x urophylla* (a) árvore 61, (b) árvore 68 e (c) árvore 80.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, J.C. Características de crescimento e variação da densidade básica da madeira em 12 espécies de *Eucalyptus* em 3 regiões do Estado de Minas Gerais. Piracicaba, 1983. 90p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- ALFONSO, V.A. Caracterização anatômica do lenho e da casca das principais espécies de *Eucalyptus* L’Hérit, cultivadas no Brasil. São Paulo, 1987. 189p. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- AMARAL, A.C.B. Implantação da metodologia de densitometria de raios X em madeira. Piracicaba, 1994. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- AMARAL, A.C.B.; TOMAZELLO FILHO, M. Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* L. segundo a microdensitometria de raios X. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v.6, n.11,12, p.17-23, jun. 1998.
- AMOS, G.L.; BISSET, I.J.W.; DADSWELL, H.E. Wood structure in relation to growth in *Eucalypts delegatensis* Hook. **Australian Forest Science Research**, v.5, p.393-413, 1950.
- ANDRADE, M.C.S. **Variação das características das fibras em função da densidade básica de cavacos de madeira de *E. grandis* Hill ex. Maiden.** Botucatu: UNESP, 1987. 43p.
- ARANGO, B.; HOYOS, J.F. Variación de la densidad básica de la madera de *Eucalyptus grandis* en árboles de siete años de edad. Medellín, 1999. 107p. Tese (Graduação) - Universidad Nacional de Colombia.

- ARBUTHNOT, A.L. The influence of basic wood density of *Eucalyptus* on pulp and paper properties. In: IUFRO SIMPOSIUM THE ROLE OF *EUCALYPTS*, 2., Durban, 1991. South Africa: IUFRO, 1991. p.966-975.
- BAMBER, R.K.; HUMPHREYS, F.R. A preliminary study of some wood properties of *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. **Journal of the Institute of Wood Science**, v.11, p.66-70, 1963.
- BAMBER, R.K.; HORNE, R.; GRAHAM-HIGGS, A. Effect fast growth on the wood properties of *E. grandis*. **Australian Forest Research**, v.12, p.163-167, 1982.
- BARRICHELO, L.E.G. Estudo das características físicas, anatômicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea* Mor var. *hondurensis* para a produção de celulose kraft. Piracicaba, 1979. 167p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. **A madeira das espécies de eucalipto como matéria – prima para a indústria de celulose e papel**. PRODEPEF, 1976. 45p. (Série de Divulgação, 13).
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. Variações das características da madeira de *Eucalyptus grandis* e suas correlações com a produção de celulose. In: CONGRESSO NACIONAL ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 10., São Paulo, 1977. **Anais**. São Paulo: ABCP, 1977. p.41-46.
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. Variabilidade longitudinal e radial da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO NACIONAL ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 17., São Paulo, 1984. **Anais**. São Paulo: ABCP, 1984. p.403-409.
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O.; MIGLIORINI, A.J. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. **Silvicultura**, v.8, n.28, p.726-31, 1983.
- BARRICHELO, L.E.G.; FOELKEL, C.E.B.; MILANEZ, A.F. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus saligna*, *E. paniculata*, *E. citriodora*, *E. maculata* e *E. tereticornis* para a produção de celulose sulfato. **IPEF**, n.10, p.17-37, 1975.
- BERLYN, G.P. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Ames: The Iowa University, 1976. 454p.

- BERTOLUCCI, F. DE L.G.; PENCHEL, R.M. Clonagem do eucalipto: Efeitos sobre a produtividade e a qualidade da madeira. **Ciência Hoje**, v.16, n.19, p.16-21, jun. 1993. Suplemento.
- BRAZIL, M.A.M.; FERREIRA, M. Características das fibras de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, aos 3 anos de idade. **IPEF**, n.19, p.80-97, 1979.
- BUSNARDO, C.A.; FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C. KAJIYA, S. e ALVES, E.E. Estudo comparativo da qualidade da madeira de algumas espécies de eucaliptos tropicais. In: CONGRESSO NACIONAL ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 11., São Paulo, 1978. **Trabalhos técnicos**. São Paulo: ABCP, 1978. p.191-7.
- BUSNARDO, C.A.; GONZAGA, J.V.; FOELKEL, C.E.B.; VESZ, J.B.V. Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para produção de celulose, inter-relações entre propriedades das árvores e de suas madeiras. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3., São Paulo, 1983. **Trabalhos técnicos**. São Paulo: ABCP, 1983. v.1, p.45-69.
- CAMPINHOS Jr.; CLAUDIO-DA-SILVA Jr. E. Desenvolvimento do *Eucalyptus* do futuro. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 6, São Paulo, 1990. **Trabalho convidado**, SBS/SBEF, 1990. p.55-72.
- CARPIM, M.A.; BARRICHELO, L.E.G. Variabilidade da densidade da madeira de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3, São Paulo, 1983. **Trabalhos técnicos**. São Paulo: ABCP, 1983, v.1, p.127-37.
- CARPIM, M.A.; BARRICHELO, L.E.G. Influência da procedência e classe de diâmetro sobre as características da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 17., São Paulo, 1984. **Anais**. São Paulo: ABCP, 1984. p.411- 422.
- CARPIM, M. A.; SOUZA, B.R.; BARRICHELO, L.E.G. Comparação das características da madeira de *E. grandis* e *E. saligna* de diferentes procedências. In: CONGRESSO NACIONAL ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 18., São Paulo, 1985. **Anais**. São Paulo: ABCP, 1985. p.57-68.

- CARVALHO, A.M. Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis x urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha. Piracicaba, 2000. 128p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo.
- COMISSÃO PAN-AMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira.** São Paulo, 1974. v. 30, p.1-19,
- CORPORACIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y FOMENTO FORESTAL. Impacto de la investigación en tecnología de la madera en el desarrollo económico forestal Colombiano. **Serie de Documentación. CONIF**, n.19, p.1-310, 1987.
- DADSWELL, H.E. **The anatomy of eucalypt woods.** Melbourne: CSIRO: Forest Products Laboratory, Division of Applied Chemistry Technological, 1972. 35p. (Paper n.66).
- DAVIDSON, J. Variations, association and inheritance of morphological and wood characters in na improvement program for *E. deglupta* Blume. Camberra, 1972. 280p. Thesis (Ph. D.) – Australian National University.
- DEMUNER, B.J.; BERTOLUCCI, F.L.G. Seleção florestal: uma nova abordagem a partir de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características da madeira e de polpa de eucalipto. In: CONGRESSO NACIONAL ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 26, São Paulo, 1993. **Anais.** São Paulo: ABCTP, 1993. p.411-423.
- ECHOLS, R.M. Uniformity of wood density assessed from X-rays of increment cores. **Wood Science and Technology**, v.7, p.34-44, 1973.
- EVANS, R.; DOWNES, G.M.; RAYMOND, C.A.; HUDSON, I.L.; DEAN, G.H.; MICHELL, A.J.; SCHIMLEER, L.R.; MUNERI, A. **Sampling plantation *Eucalypts*.** Melbourne: CSIRO, 1997. 124p.
- FAO. **El eucalipto en la repoblación forestal.** Roma, 1981. 747p.
- FERREIRA, M. Estudo da variação da densidade básica da madeira de povoamentos de *E. grandis* Hill ex Maiden. Piracicaba, 1970. 62p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo.

- FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. **IPEF**, n.4, p.65-89, 1972.
- FERREIRA, M. Melhoramento e Silvicultura intensiva clonal. **IPEF**, n.45, p.22-30, 1992.
- FERREIRA, M. **Variabilidade da densidade básica da madeira em *Eucalyptus spp.* e sua implicação no melhoramento genético.** Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Florestais, 1993. 35p.
- FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P.Y. Melhoramento genético da densidade da madeira de eucalipto. **Silvicultura**, v.2, n.14, p.148-152, 1978.
- FLORSHEIM, S.M.B.; COUTO, H.T.Z.; SPEGIORIN, L.; ROCHA, F. Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* aos 7 anos. **Revista Instituto Florestal**, v.12, n.2, p.179-191, 2000.
- FOELKEL, C.E.B. Madeira de eucalipto: da floresta ao digestor. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 11, São Paulo, 1978. **Boletim Informativo do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, v. 6, n. 20, p. E1-E25, 1978.
- FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C.; ANDRADE, J.R.; KATO, J.; MEDEIROS, J. Eucaliptos tropicais na produção de celulose kraft. **Cenibra Pesquisa**, n.68, p.1-31, 1978.
- FOELKEL, C.E.B.; BUSNARDO, C.A. DIAS, C.; SCHMIDT, C.; SILVA, R.M.R.; VESZ, J.B.V. Variabilidade radial da madeira de *E. saligna*. **Silvicultura**, v.8, n.28, p.728-791, 1983.
- FRANKLIN, G.L. Permanent preparation of macerated wood fibers. **Tropical Woods**, n.9: p. 21-22, 1937
- GAIOTTO, M.R. Avaliação da madeira de *Eucalyptus saligna* e *E. urophylla* para produção de lâminas. Piracicaba, 1993. 119p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.
- GARCIA, S.L.R. Importância de características de crescimento, de qualidade da madeira e da polpa na diversidade genética de clones de eucalipto. Viçosa, 1998. 103p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

- GARLIPP, R.C.D. Biomassa de florestas plantadas como fonte alternativa de energia em substituição ao óleo combustível industrial no Estado de São Paulo. Piracicaba, 1982. 200p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.
- GÉRARD, J.; BAILLERES, H.; FOURNIER, M.; THIBAUT, B. Qualité du bois chez les eucalyptus de plantation – Etude de variation de trois propriétés de référence. **Bois et Forêts des Tropiques**, n. 245, p. 101-111, 1995.
- GONZAGA, J.V. Qualidade da madeira e da celulose kraft de treze espécies de Eucalyptus. Viçosa, 1983. 163p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.
- GOUVEA, C.F.; MORI, E.S.; BRASIL, M.A.M.; VALLE, C.F.; BONINE, C.A.V. Seleção fenotípica por padrão de proporção de casca rugosa persistente em árvores de *Eucalyptus urophylla* S.T Blake, visando formação de população base de melhoramento genético: qualidade da madeira. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALIPTS, Salvador, 1997. **Anais**. Colombo: EMBRAPA,CNPF, 1997. v.1. p.355-360
- GRIFFIN, A.R.; RIVELLI, J.A. A comment on clonal eucalypt plantation. **Eucalyptus Improvement and Silviculture**, v.1, n.1, 5p. 1993.
- HAYGREEN, J.G.; BOWYER, J.L. **Forest products and wood science introduction**. Ames: Iowa State University, 1982. 549p.
- HILLIS, W.E.; BROWN, A.G. **Eucalyptus for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1978. 434p.
- IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic feature for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v.10, n.3, p. 219-332, 1989.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Normas e procedimentos em estudos de anatomia da madeira: angiosperme e gimnospermae**. Brasília: Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação, 1992. 17p. (Série Técnica, 15).
- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: MacGRaw-Hill, 1940. 533p

- JOSZA, L.A.; RICHARDS, J.E.; JOHNSON, S.G.; KELLOG, R.M. **Second growth Douglas-fir: its management and conversion value compiled.** Vancouver: Forintek Canadá Corp., s.d. p.5–27.
- KOLLMAN, F. **Tecnología de la madera y sus aplicaciones.** Madrid: Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicios de la Madera, 1959. p. 359-394
- LATORRACA, J.V.; ALBUQUERQUE, C.E. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, v.7, n. 1, p.279-291, jan/dez. 2000.
- LOPES, M.C. Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira. Santa Maria, 2003, 93p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa María.
- MALAN, F.A. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, 1995. **Anais.** Piracicaba: IPEF; IPT, 1995. p.1-19.
- MALAN, F.S. The wood properties and qualities of three South African-grown Eucalypt hybrids. **South African Forestry Journal**, v.167, p.35-49, dez. 1993.
- MALAN, F.S.; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood prospereis os *Eucalypts grandis*. **South African Forestry Journal**, v.163, p.13-20, dez. 1992.
- MIGLIORINI,A.J.; BARRICHELO,L.E.G.; KAGEYAMA,P.Y.; CAMARGO,F.R.A. Variação da densidade básica da madeira de E. grandis em função de diferentes níveis da floresta. In: CONGRESSO ANUALDE CELULOSE E PAPEL, 21., São Paulo, 1988. **Anais.** São Paulo: ABCP, 1988. 12p.
- MORA, A.L.; GARCIA, C.H. **A cultura do eucalipto no Brasil.** São Paulo: SBS, 2000. 112p.
- MORO, L. Utilização da cinza de biomassa florestal como fonte de nutriente em povoamentos puros de *Eucalyptus grandis*. Piracicaba, 1994. 65p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo.

- NAHUZ, M. **Aspectos de tecnologia e produção no uso múltiplo das florestas**. Belo Horizonte, 1995. 10p.
- NAHUZ, M. **A tecnologia na valorização das florestas renováveis**. Belo Horizonte, 1997. 5p.
- NAHUZ, M.; FRANCO, N.; FIGUEROA, F.M.Z. Uso estrutural da madeira de eucalipto: a experiência do IPT. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, 1., Belo Horizonte, 1998. **Anais**. Belo Horizonte: SIF, Viçosa: UFV, 1998. p.125-133.
- OHAYASHI, H.; SHIOKURA, T. Wood anatomical characteristics and density of fast-growing tropical tree species in relation to growth rates. In: PACIFIC REGIONAL WOOD ANATOMY CONFERENCE, 1997. **Proceedings**. 1997. p.43-52.
- OLIVEIRA, J.T.S. Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil. São Paulo, 1997, 429p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, J.T.S.; HELLMEISTER, J.C.; SIMÕES, J.W.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil. **Scientia Forestalis**, n. 56, p. 113-124, dez. 1999.
- OLIVEIRA, J.T.S. O potencial do eucalipto para a produção de madeira sólida. **Revista da Madeira**, n.75, p. 1-8, ago. 2003.
- PANSHIN, A.J.; De ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 404p.
- PARKER, M.L.; KENNEDY, W.W. The status of radiation densitometry for measurement of wood specific gravity. In: IUFRO MEETING DIVISION, 5., Pretoria, 1973. **Proceedings**. Pretoria, 1973. v.4, p.1765-1787
- PAULA, J.E. Anatomia e dendrometria de mimosa artemisiana e Eucalyptus grandis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.6, p.745-757, jun. 1995
- PAULA, F.; NUNES, J.R.S.; VITAL, B.R.; SOUZA, A.L. Equações de volume de casca de Eucalyptus em diferentes idades e condições de local, espécie e método de regeneração. **Revista Árvore**, v. 16, n. 2, p.157-169, 1992.

- PAULA, F.; LEITE, H.G.; NUNES, J.R.S.; CAMPOS, J.C.C. Variação da porcentagem de casca ao longo do tronco e entre árvores de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 16, n. 3, p. 309-318, 1992.
- PIRES, I. E.; PAULA, R.C. de. Estado da arte de melhoramento genético florestal para qualidade da madeira. In: CRC FOR TEMPERATE HARDWOOD FORESTRY – IUFRO, Salvador, 1997. **Anais**. Salvador: CRCTHF; IUFRO, 1997. 7p.
- POLGE, H. Établissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique de radiographies d'échantillons prélevés a la tarière sur des arbres vivants. Application dans les domaines technologique et physiologique. **Annual Science Forestry**, v.23, n.1, p.1-206, 1966.
- PONCE, R.H. Perspectivas do eucalipto na substituição de madeiras nativas. In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO, 3., Curitiba, 1994. **Anais**. Curitiba, 1994. 86p.
- POYNTON, R.J. The silvicultural treatment of eucalyptus plantations in Southern Africa. **South African Forestry Journal**, v.116, p.11-16, mar. 1981.
- RESENDE, M.D.V., HIGA, A.R. Estratégias de melhoramento para eucaliptos visando a seleção de híbridos. Curitiba: **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.2, p. 49-60, 1990.
- RIBEIRO, T.P. Método complementar de análise da qualidade da madeira com técnicas de processamento digital de imagens. São Carlos, 2002. 127p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos.
- ROCHA, F.T.; FLORSHEIM, S.M.B.; COUTO, H.T.Z.; SPEGIORIN, L.; Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus grandis* aos sete anos. In: ENCONTRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, 7, Uberlândia, 2002. 10p.
- ROSADO, S.C.; BRUNE, A. Crescimento de árvores: Estimativas de correlações entre idades diferentes e sua influencia da densidade básica da madeira em *Eucalyptus* spp. **Revista Arvore**, v.7, n.1, p.11-22, 1983.
- RUY, O.F. Variação da qualidade da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia. Piracicaba, 1998. 69 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.

- SANTOS, J.A. Tecnologia de transformação do eucalipto para madeira maciça. In: CONGRESSO FLORESTAL NACIONAL, 3., Figueira da Foz, 1994, p.232-243.
- SARDINHA, R.M.A.; HUGHES, J.F. **Wood properties variation of *Eucalyptus saligna* from Angola**. Lisboa: Anais do Instituto Superior de Agronomia, 1978/79. p.105-124
- SCHACHT, L.; GARCIA, J.N.; VENCOVSKY, R. Variação genética de indicadores de tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, n.54, p.55-68, dez. 1998.
- SCHÖNAU, A.P.G. Growth, yield and timber density of short rotation coppice stands of *E. grandis*. **South African Forestry Journal**, n.156, p.12-22, mar. 1991.
- SCHÖNAU, A.P.G.; COETZEE, J. Initial spacing, stand density and thinning in eucalypts plantations. **Forestry Ecology and Management**, v. 29, p. 245-66, 1989.
- SHIMOYAMA, V.R. Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp. Piracicaba, 1990. 93p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.
- SHIMOYAMA, V.R.S.; BARRICHELLO, L.E.G. Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24., São Paulo, 1991. **Anais**. São Paulo: ABTCP, 1991. p. 23-36.
- SILVA, D.J. Impacto da qualidade da madeira na deslignificação, no branqueamento e nas propriedades físico-mecânicas da polpa kraft de eucalipto. Viçosa, 1996. 103 p. Dissertação (M.S) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- SILVA, J.C. Caracterização da madeira de *E. grandis* de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira. Curitiba, 2002. 160p. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Paraná.
- SILVA, J.C. Influência dos tratamentos silviculturais na qualidade da madeira. **Revista da Madeira**, n.75, p.1-10, 2003.
- SILVA, J.C.; ASSIS, T.F.; OLIVEIRA, J.T. Melhoramento genético para a qualidade da madeira. **Revista da Madeira**, n.75, 10 p, 2003.

- SOUZA, V.R.; CARPIM, M.A.; BARRICHELO, L.E.G. Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posições em árvores de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. **IPEF**, n.33, p.65-72, 1986.
- STOREBRATEN, S. Raw material has great importance in the sulphate process. **Skogindustri**, v. 40, n. 9, 4p. Sept. 1986.
- STURION,J.A.; PEREIRA,J.C.D.; ALBINO,J.C.; MORITA,M. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, M.G. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 14, p. 28-38, 1987.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *E. saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, n.29, p.37-45, 1985.
- TOMAZELLO FILHO, M. Calidad de la madera de arboles de *E. saligna*. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DA IUFRO. O MANEJO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS FLORESTAIS, DESAFIO DO SECULO XXI, 1., Valdivia, 1998a. 15p.
- TOMAZELLO FILHO, M. **Formação e anatomia da madeira**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Florestais, 1998b. 76p.
- TRUGILHO, P.F. Influência da idade nas características físicas, químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALIPTS, Salvador, 1997. **Anais**. Colombo: EMBRAPA, CNPF, 1997. v.3, p.269-275.
- VASCONCELLOS DIAS, R.L.; CLAUDIO-DA-SILVA JR., E. A influencia da densidade básica da madeira de híbridos de *E. grandis* em suas características químicas e propriedades de polpações e do papel. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP, São Paulo, 1985. p.31-55.
- VITAL, B.R.; PEREIRA, A.R.; LUCIA, R.M.D. Influencia do espaçamento na qualidade da madeira de *E. grandis*, aos 30 meses de idade. **Revista Arvore**, v.5, n.2, p.210– 217, jul./dez. 1981.

- VITAL, B.R.; ALMEIDA, J.; VALENTE, O.F.; PIRES, I.E. Características de crescimento das árvores e de qualidade da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* para a produção de carvão. **IPEF**, n.47, p.22-28, 1994.
- WILKES, J. Variations in wood anatomy within species of *Eucalyptus*. **IAWA Bulletin**, n.9, p.13-23, 1988.
- WILKINS, A.P.; HORNE, R. Wood-density variation of young plantation-grown *Eucalyptus grandis* in response to silvicultural treatments. **Forest Ecology and Management**, v. 40, p. 39-50, 1991