

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**COMPARAÇÃO ENTRE TRÊS CRITÉRIOS DE AMOSTRAGEM PARA
A AVALIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE
FLORESTAS IMPLANTADAS DE EUCALIPTOS**

CLÁUDIA ASSUMPCÃO BENJAMIN

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura

BOTUCATU – SP
Novembro - 2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**COMPARAÇÃO ENTRE TRÊS CRITÉRIOS DE AMOSTRAGEM PARA
A AVALIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE
FLORESTAS IMPLANTADAS DE EUCALIPTOS**

CLÁUDIA ASSUMPCÃO BENJAMIN

Orientador: Prof. Dr. Adriano Wagner Ballarin

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura

BOTUCATU – SP
Novembro - 2002

“A melhor escola ainda é o lar, onde a criatura deve receber as bases do sentimento e do caráter. Os estabelecimentos de ensino, propriamente do mundo, podem instruir, mas só o instituto da família pode educar. É por essa razão que a universidade poderá fazer o cidadão, mas somente o lar pode edificar o homem.”

Emmanuel

MENÇÃO ESPECIAL

A meus pais, Marilena e Jacy, que me deram a vida e cujo amor, dedicação, presteza e apoio foram sempre incondicionais, minha eterna gratidão e carinho. Um beijo,

Cláudia

Servir além do próprio dever não é bajular e sim
entesourar apoio e experiência, simpatia e
cooperação.

André Luiz

AGRADECIMENTOS

A meu irmão Carlos Roberto que me indicou o caminho para que eu pudesse estar hoje defendendo essa dissertação e a meus tios Arnaldo e Maria Lúcia pela força que foi sempre tão importante para eu continuar.

A meu amigo Gilberto Vieira que sempre me ajudou e incentivou nesses anos de mestrado.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Rural e do Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Campus de Botucatu, pela disponibilidade em ajudar sempre.

Ao professor Dr. Mário Tomazello Filho e à Sandra Bibiana Arango Alzate por disponibilizarem os dados que foram utilizados nesse trabalho e por todo auxílio que me foi dado.

Aos professores Dr. Ângelo Catâneo e Dr. Hernando Alfonso Lara Palma por participarem de minha banca de qualificação e por me ajudarem a enriquecer esse trabalho, através de suas largas experiências.

Ao professor Dr. Fernando Goulart de Andrade e Souza que com imensa dedicação executou o programa de amostragem desse trabalho.

Aos professores do IB, em especial ao professor Dr. Carlos Roberto Padovani que sempre me atendeu com presteza, e aos professores Dr. José Raimundo de Souza Passos e Dr. Adalberto José Crocci que me auxiliaram em toda parte estatística.

De maneira especial a meu orientador, o professor Dr. Adriano Wagner Ballarin, que me ensinou com muita paciência e dedicação como executar um trabalho científico. Muito criterioso, e seguro nas decisões, me dava sempre a certeza da condução correta dos trabalhos. Mais do que um orientador, foi sempre um grande amigo.

O amor não é cego. Vê sempre as pessoas queridas tais quais são e as conhece, na intimidade, mais do que os outros. Exatamente por dedicar-lhes imenso carinho, recusa-se a registrar-lhes os possíveis defeitos, porquanto sabe amá-las mesmo assim.

Emmanuel

DEDICO ESSE TRABALHO

A meus três amores: meu marido José Mário, por toda ajuda, apoio, pelos conselhos sempre certos na hora certa, por todo amor, carinho e atenção e, principalmente, por acreditar sempre no meu trabalho e incentivá-lo de maneira decisiva; e às minhas filhas Ana Cristina e Ana Beatriz, que são verdadeiras jóias enviadas por Deus, pela compreensão nos momentos de ausência e por me ensinarem a cada dia o verdadeiro sentido da palavra “amor”. Vocês são meu incentivo para lutar sempre.

Cláudia

SUMÁRIO

		Página
LISTA E QUADROS	.....	IV
LISTA DE FIGURAS	.....	VI
1	RESUMO	1
2	SUMMARY	3
3	INTRODUÇÃO	5
4	OBJETIVOS	7
5	REVISÃO DE LITERATURA	8
5.1	Problemática	8
5.2	Variações da densidade básica da madeira	10
5.2.1	Variações da densidade básica da madeira entre árvores de mesma espécie	10
5.2.2	Variações da densidade básica da madeira dentro de uma mesma árvore	13
5.2.2.a)	Variações da densidade básica da madeira ao longo do fuste no sentido base-topo	18
5.2.2.b)	Variações da densidade básica da madeira na direção radial ..	22
5.2.2.c)	Modelo de Downes et al. (1997)	25
5.3	Variações das propriedades mecânicas da madeira com a densidade básica...	27
5.4	Crítérios de Amostragem	29
5.5	Crítérios de Amostragem para a madeira	31
5.5.1	Trabalhos Científicos	31
5.5.2	Códigos Normativos	41
6	MATERIAL E MÉTODOS	45
6.1	Material	45
6.2	Métodos	48
6.2.1	Análise exploratória dos dados	48
6.2.2	Cálculo das correlações existentes entre a densidade básica média ponderada da madeira de cada indivíduo e as densidades básicas da madeira dos discos amostrados em alguns pontos ao longo do fuste da árvore	50

6.2.3	Avaliação da variação da densidade básica da madeira na direção longitudinal	51
6.2.4	Comparação entre os critérios de amostragem	51
6.2.4.a)	Obtenção das amostras com a utilização do critério de amostragem acidental simples	51
6.2.4.b)	Obtenção das amostras com a utilização do critério de amostragem acidental estratificada por classes de diâmetro à altura do peito (DAP)	53
6.2.4.c)	Obtenção das amostras com a utilização do critério de amostragem acidental estratificada por classes de volume de madeira do indivíduo	53
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
7.1	Cálculo dos valores de densidade básica média e densidade básica média ponderada da madeira de cada indivíduo	55
7.2	Análise exploratória dos dados de densidade básica da madeira dos discos amostrados em três pontos ao longo do fuste e densidade básica da madeira de cada indivíduo	55
7.2.1	Dados observados para a população de <i>E. saligna</i>	56
7.2.2	Dados observados para a população de híbrido (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	56
7.2.3	Dados observados para a população de <i>E. grandis</i>	57
7.3	Correlações entre a densidade básica média ponderada da madeira de cada indivíduo e a densidade básica da madeira dos discos amostrados em três pontos ao longo do fuste da árvore	62
7.4	Variação da densidade básica da madeira na direção longitudinal	63
7.5	Precisões observadas depois de efetuada amostragem sistemática utilizando os critérios acidental simples, acidental estratificado por DAP e acidental estratificado por volume	65
7.5.1	Resultados obtidos quando da aplicação do critério de amostragem acidental simples	66
7.5.1.a)	Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de <i>E. saligna</i>	66
7.5.1.b)	Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de híbrido (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	67
7.5.1.c)	Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de <i>E. grandis</i>	68

7.5.2	Resultados obtidos quando da aplicação do critério de amostragem acidental estratificada por classes de DAP	72
7.5.2.a)	Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de <i>E. saligna</i>	72
7.5.2.b)	Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de híbrido (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	73
7.5.2.c)	Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de <i>E. grandis</i>	73
7.5.3	Resultados obtidos quando da aplicação do critério de amostragem acidental estratificada por classes de volume	77
7.5.3.a)	Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de <i>E. saligna</i>	77
7.5.3.b)	Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de híbrido (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	78
7.5.3.c)	Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de <i>E. grandis</i>	78
7.6	Comparação entre os critérios de amostragem	83
7.6.1	Resultados obtidos com amostras de <i>E. saligna</i>	84
7.6.2	Resultados obtidos com amostras de híbrido (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	84
7.6.3	Resultados obtidos com amostras de <i>E. grandis</i>	84
8	CONCLUSÕES	89
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
	APÊNDICE 1	99
	APÊNDICE 2	120
	APÊNDICE 3	126
	APÊNDICE 4	129

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Exemplos de conclusões a respeito de variação da densidade básica da madeira entre árvores, para algumas espécies de coníferas	12
2 Exemplos de conclusões a respeito de variação da densidade básica da madeira entre árvores, para algumas espécies de folhosas	12
3 Principais características do cerne e do alborno	17
4 Tendências de comportamento da variação da densidade básica da madeira de árvores de <i>Eucalyptus</i> ao longo do fuste, no sentido base-topo	19
5 Densidades básicas dos lenhos inicial e tardio da madeira e sua razão R para algumas espécies de coníferas	22
6 Tendências de comportamento da variação da densidade básica da madeira de árvores de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca	23
7 Valor médio do módulo de elasticidade para dois ensaios com madeira de <i>Eucalyptus diversicolor</i>	33
8 Valor médio do módulo de ruptura para três ensaios com madeira de <i>Eucalyptus diversicolor</i>	33
9 Estimativa do tamanho da amostra em função do erro admissível e do coeficiente de variação da população, quando esta é normalmente distribuída, para um nível de significância de 5% e confiança 95%	35
10 Avaliação de três critérios de amostragem sob cinco aspectos diferentes	38
11 Cálculo do volume acumulado de madeira, para efetuar amostragem	42
12 Exemplo de seleção aleatória de subzonas à partir do quadro de volume acumulado de madeira	42
13 Correlações com a densidade básica média ponderada da população	62
14 Intervalos utilizados para a estratificação por DAP, frequência e frequência relativa de cada estrato para cada espécie de eucalipto	72
15 Intervalos utilizados para a estratificação por volume, frequência e frequência relativa de cada estrato para cada espécie de eucalipto	77
16 Valores de precisão média e intervalo de confiança da média para amostras retiradas a 0% e 25% da altura do tronco e à altura do peito, de acordo com o número de indivíduos amostrados	82
A1.a Dados de densidade básica da madeira, diâmetro e altura para cinquenta árvores de <i>E saligna</i>	99

A1.b	Dados de densidade básica da madeira, diâmetro e altura para cinquenta híbridos (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	106
A1.c	Dados de densidade básica da madeira, diâmetro e altura para cinquenta árvores de <i>E. grandis</i>	113
A2.a	Dados de densidade básica média, densidade básica média ponderada e volume para cinquenta árvores de <i>E. saligna</i>	120
A2.b	Dados de densidade básica média, densidade básica média ponderada e volume para cinquenta híbridos (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	122
A2.c	Dados de densidade básica média, densidade básica média ponderada e volume para cinquenta árvores de <i>E. grandis</i>	124
A3.a	Precisões obtidas a partir da média aritmética de 1000 amostras de densidade básica em relação à densidade básica média ponderada da população – amostragem acidental simples	126
A3.b	Precisões obtidas a partir da média aritmética de 1000 amostras de densidade básica em relação à densidade básica média ponderada da população – amostragem acidental estratificada por classes de diâmetro à altura do peito (DAP)	127
A3.c	Precisões obtidas a partir da média aritmética de 1000 amostras de densidade básica em relação à densidade básica média ponderada da população – amostragem acidental estratificada por classes de volume da árvore	128

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Croquis de uma árvore de <i>Pinus</i> de 17 anos de idade, evidenciando a ocorrência de madeira juvenil junto ao centro, ou medula, e com formato cilíndrico	14
2	Esboço representativo das mudanças na densidade básica da madeira de <i>Pinus taeda</i> no sentido medula-casca	16
3	Cerne e alborno em um disco de <i>Eucalyptus</i>	17
4	Exposição dos planos radial-tangencial e longitudinal-radial do tronco de uma árvore	18
5	Corte longitudinal evidenciando possíveis a interações entre madeira juvenil/adulta e entre cerne/alborno	25
6	Efeitos da idade e da altura relativa à base nas propriedades: (A) densidade básica e (B) módulo de ruptura, para Douglas-fir	28
7	Nível de confiabilidade em se admitir a menor unidade amostrada ao acaso, de n observações, como sendo a menor da população, a 95% de confiança	36
8	Prancha central para teste de características básicas	39
9	Tábua para teste de processamento da madeira	40
10	Critério simplificado de amostragem acidental simples para selecionar vigas .	41
11	Vista geral dos discos	47
12	Detalhe de cinco, dos seis discos amostrados de uma mesma árvore	47
13	Detalhe de um disco amostrado da base	48
14	Esboço representativo do tronco de uma das árvores de <i>Eucalyptus</i> , de onde foram retirados os seis discos para amostragem	49
15	Valores descritivos e teste de normalidade da densidade básica da madeira à altura do peito, a 0% e 25% da altura do tronco e densidade básica média e média ponderada da madeira para a população de <i>E. saligna</i>	59
16	Valores descritivos e teste de normalidade da densidade básica da madeira à altura do peito, a 0% e 25% da altura do tronco e densidade básica média e média ponderada da madeira para a população de híbrido (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	60
17	Valores descritivos e teste de normalidade da densidade básica da madeira à altura do peito, a 0% e 25% da altura do tronco e densidade básica média e média ponderada da madeira para a população de <i>E. grandis</i>	61
18	Variação da densidade básica da madeira ao longo do fuste da árvore, para a população de <i>E. saligna</i>	64

19	Variacão da densidade básica da madeira ao longo do fuste da árvore, para a populao de híbrido (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	64
20	Variacão da densidade básica da madeira ao longo do fuste da árvore, para a populao de <i>E. grandis</i>	65
21	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e 25% da altura do tronco, pelo critério acidental simples – populao de <i>E. saligna</i>	69
22	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e 25% da altura do tronco, pelo critério acidental simples – populao de híbrido (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	70
23	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e 25% da altura do tronco, pelo critério acidental simples – populao de <i>E. grandis</i>	71
24	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e 25% da altura do tronco, pelo critério acidental estratificado por classes de DAP – populao de <i>E. saligna</i>	74
25	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e 25% da altura do tronco, pelo critério acidental estratificado por classes de DAP – populao de híbrido (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	75
26	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e 25% da altura do tronco, pelo critério acidental estratificado por classes de DAP – populao de <i>E. grandis</i>	76
27	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e 25% da altura do tronco, pelo critério acidental estratificado por classes de volume – populao de <i>E. saligna</i>	79
28	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e 25% da altura do tronco, pelo critério acidental estratificado por classes de volume – populao de híbrido (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	80

29	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e 25% da altura do tronco, pelo critério acidental estratificado por classes de volume – população de <i>E. grandis</i>	81
30	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de <i>E. saligna</i>	86
31	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de híbrido (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	87
32	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de <i>E. grandis</i>	88
33	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas a 0% da altura do tronco para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de <i>E. saligna</i>	129
34	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas a 0% da altura do tronco para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de híbrido (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	129
35	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas a 0% da altura do tronco para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de <i>E. grandis</i>	130
36	Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas a 25% da altura do tronco para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de <i>E. saligna</i>	130

- 37 Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas a 25% da altura do tronco para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*) 131
- 38 Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas a 25% da altura do tronco para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de *E. grandis* 131

1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar comparativamente três critérios de amostragem de árvores para inferência da densidade básica média ponderada da madeira de populações florestais, utilizando como variável a densidade básica da madeira (obtida a partir de discos) a 0%, 25%, 50%, 75%, 100% da altura comercial da árvore e à altura do peito. Os critérios de amostragem estudados foram a amostragem acidental simples, a amostragem acidental estratificada por volume da árvore e a amostragem acidental estratificada por diâmetro à altura do peito – DAP da árvore. Estudaram-se árvores de 8 anos de idade, de três talhões de um experimento clonal conduzido pela Companhia Suzano de Celulose e Papel na Fazenda Santa Rosa, Município de São Miguel Arcanjo – SP. Os talhões selecionados foram de clones de *E. saligna*, *E. grandis* e híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*, tomando-se 50 árvores de cada um dos talhões, que apresentavam um total de 250 árvores cada. As 50 árvores de cada clone foram assumidas como sendo a população daquele clone. Após uma análise descritiva das três populações, foi feito estudo da correlação existente entre a densidade básica da madeira em todos os níveis apontados e a densidade básica média ponderada da madeira da árvore. Para as três populações estudadas, a densidade básica da madeira à altura do peito teve uma alta correlação com a densidade básica média ponderada da madeira da árvore. Para cada critério de amostragem estudado avaliou-se a precisão da variável representativa dos indivíduos da população (densidade básica da madeira a uma porcentagem da altura da árvore) para a inferência da densidade básica média ponderada da

madeira da população, em função do número de indivíduos amostrados. Para cada população realizou-se, ainda, análise de regressão entre a densidade básica relativa do disco (razão entre a densidade básica da madeira de um disco a uma fração da altura do tronco e a densidade básica média ponderada da madeira da árvore) e sua respectiva altura de amostragem (fração da altura total do tronco). Os resultados evidenciam a maior precisão da amostragem estratificada por diâmetro e volume em relação à amostragem acidental simples na inferência do parâmetro selecionado.

Palavras-chave: amostragem, madeira, densidade básica.

COMPARISON OF THREE SAMPLING CRITERIA FOR EVALUATION OF WOOD SPECIFIC GRAVITY ON IMPLANTED EUCALYPTUS FORESTS. Botucatu, 2002. 127p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CLÁUDIA ASSUMPTÃO BENJAMIN

Adviser: ADRIANO WAGNER BALLARIN

2 SUMMARY

This paper aims at assessing comparatively three sampling criteria of trees in order to make inferences about the weighted average specific gravity of forest populations, using as variable the specific gravity (obtained from disc) at 0% , 25%, 50%, 75%, and 100% of the tree commercial height and at breast height. The sampling criteria studied here were the random sampling, the sampling stratified by the tree volume and sampling stratified by the diameter at breast height – DBH of the tree. This study investigated 8-year-old trees, from three sites of a cloning experiment conducted by Companhia Suzano de Celulose e Papel , on Santa Rosa Farm, in City of São Miguel Arcanjo, São Paulo. The selected sites were from *E. saligna*, *E. grandis* and hybrids of *E. grandis* x *urophylla*, using fifty trees from each site which presented two hundred fifty trees each on the whole. The fifty trees from each clone were taken as the population of that specific clone. After a descriptive analysis of the three populations a study was carried out about the correlation between the specific gravity in all the levels mentioned and weighted average specific gravity of the tree. From the three population analysed, the specific gravity at breast height presented a high correlation with the weighted average specific gravity of the tree. Each sampling criterium took into the account the accuracy of the representative variable of the population individuals (specific gravity at a percentage of the tree height) to infer the weighted average specific gravity of the population, according to the number of the sampled individuals. Each

population was subjected to a regression analysis between the relative specific gravity of the disc (ratio between the specific gravity of a disc at a fraction of the tree height and the weighted average specific gravity of the tree) and its respective sampling height (fraction of the total height of the tree). The results emphasized a higher accuracy of the sampling stratified by diameter and volume compared to the random sampling of the established parameter

Keywords: sampling, wood, specific gravity.

3 INTRODUÇÃO

A NBR 7190/82 (ABNT, 1982) – antiga norma brasileira para o cálculo e execução de estruturas de madeira – remetia a determinação das características físico-mecânicas da madeira ao MB-26 – Métodos de ensaios para o estudo de madeiras nacionais – (ABNT,1965), método que preconizava as diretrizes para uma amostragem da madeira e que vigorou até 1997.

Com a vigência da nova NBR 7190/97 (ABNT, 1997) – Projeto de estruturas de madeira – a metodologia para amostragem da madeira passou a ser prescrita por esse novo código, tendo sido revogado o método brasileiro de ensaios MB-26.

Considerando-se a variabilidade intrínseca do material madeira, no tocante às diferentes espécies, condições de manejo, idade, condições edafo-climáticas e de cultivo, as próprias variações entre indivíduos da mesma espécie, entre outras, pode-se afirmar que a NBR 7190/97 aborda a questão de maneira simplificada, sugerindo critérios de amostragem mais indicados para pequenos lotes de madeiras serradas (lote aproximado de 12 m³), com uso corrente na confecção de estruturas de madeira. A nova norma não fornece subsídios para uma amostragem racional da madeira, quando o objetivo é a determinação das características de populações de florestas nativas ou implantadas.

Em alguns países da América do Sul, por exemplo, são utilizados critérios mais bem definidos para essas situações, onde variáveis como as já mencionadas são consideradas com suas respectivas influências.

No Brasil existem algumas iniciativas isoladas, na tentativa de estabelecer critérios mais bem definidos para estas situações. Como exemplo, pode-se citar o trabalho de Martínez (2000) e o publicado pelo IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 1993), para caracterização físico-mecânica de madeiras amazônicas.

Assim, a partir de uma revisão bibliográfica sobre o assunto, consubstanciada com a compilação de trabalhos nacionais e internacionais — notadamente os da escola norte-americana — este trabalho apresenta um estudo teórico-experimental aplicando-se alguns dos principais critérios de amostragem disponíveis.

Por sua oportunidade, este trabalho fornecerá importantes subsídios à comissão de estudos a ser instalada junto ao CB-13 – Madeiras, com a missão de redigir texto normativo sobre o assunto.

4 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo principal comparar a precisão de três critérios de amostragem para avaliação da densidade básica da madeira de árvores de três populações de *Eucalyptus* (*E. saligna*, *E. grandis* e híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*), assumindo-se a hipótese básica de que o melhor critério é aquele que representa a população de forma mais fiel.

O trabalho teve, ainda, os seguintes objetivos secundários:

- realizar avaliação crítica dos critérios estudados;
- analisar a variação da densidade básica da madeira no sentido longitudinal do tronco das árvores, para cada população estudada;
- realizar análise comparativa entre a densidade básica média ponderada da madeira e as densidades básicas da madeira a diferentes alturas ao longo do fuste da árvore, bem como a densidade básica média da madeira da árvore.

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Problemática

Existem diversas formas de coletar amostras para ensaios das propriedades físico-mecânicas da madeira. Além do conhecimento dos valores médios dessas propriedades, é necessário que se conheça também a forma de variação dessas propriedades na árvore. Segundo Hoheisel (1968), as principais causas das variações dos valores das propriedades físicas e mecânicas da madeira são :

- a) heterogeneidade: a madeira, por sua origem orgânica, apresenta uma variação muito grande em suas propriedades físicas e mecânicas, verificada, inclusive, em árvores de mesma espécie. Fatores como localização da plantação, idade, diâmetro e altura devem ser considerados na hora da planificação dos dados;
- b) tamanho do corpo-de-prova: o corpo-de-prova tem influência especialmente sobre os ensaios de contração, compressão paralela às fibras e densidade. Corpos-de-prova maiores (5 cm x 5 cm de seção) têm, é claro, maior probabilidade de incluir defeitos e proporcionam uma dificuldade maior em orientar os anéis de crescimento para execução do ensaio. Em ensaios de contração por exemplo, o tamanho dos corpos-de-prova é uma característica

importante da amostra para que a mesma retrate a realidade da população a ser estudada. Deve-se determinar, para cada caso, o tamanho mínimo do corpo-de-prova, levando-se em conta a disposição dos anéis de crescimento evitando-se assim, prováveis erros;

- c) forma de realização dos ensaios: para que se possa comparar os resultados obtidos, os ensaios devem ser realizados à luz de códigos normativos compatíveis. No trabalho de Hoheisel (1968), foram citados dois sistemas principais para a realização dos ensaios: o primeiro seria com uma velocidade de deformação pré-estabelecida e um aumento de carga correspondente e o segundo seria com velocidade de carregamento constante, com a correspondente deformação – padrão adotado pela NBR 7190 (ABNT, 1997);
- d) erros: cada medida tem uma precisão limitada e os erros vão se acumulando. Devido a isso, os resultados das propriedades físicas e mecânicas apresentam uma tolerância de $\pm 3\%$ a $\pm 6\%$;
- e) seleção das amostras: devido às variações apresentadas nas propriedades físico-mecânicas da madeira, foram feitos ensaios aumentando-se o número de amostras, o que não melhorou efetivamente os resultados. Ou seja, nem sempre o aumento no número de amostras resulta em uma melhor precisão nos resultados médios obtidos. Fatores como a seleção de árvores e localização das mesmas são causas de variação desses resultados. Foram desaconselhados critérios considerados subjetivos, tais como seleção de árvores por categorias diamétrais ou por classes.

No caso brasileiro, a situação agrava-se ainda mais. Por suas condições climáticas favoráveis, associadas ao plantio de diversas espécies exóticas de grande potencial de crescimento rápido, a madeira comercialmente disponível normalmente apresenta anéis de crescimento bastante largos inviabilizando a adoção de amostragem a partir de corpos-de-prova com dimensões reduzidas.

5.2 Variações da densidade básica da madeira

A madeira é um material que apresenta uma variabilidade muito grande em suas propriedades, tanto entre árvores de mesma espécie como dentro de uma mesma árvore. Essa variabilidade constitui uma vantagem sob o ponto de vista de que a madeira pode ser utilizada para a fabricação de muitos produtos diferentes, podendo melhorar sua qualidade por manejo genético. Por outro lado, as indústrias que utilizam madeira como matéria-prima necessitam de uma uniformidade maior em suas características para melhorar a qualidade de seus produtos e tornar o processo produtivo mais sistemático. A partir dessa necessidade, muitas pesquisas vêm sendo realizadas para melhor compreender as causas da variação das propriedades da madeira, procurando interagir para que elas possam ser reduzidas ao máximo.

Dentro de uma mesma árvore, as variações das propriedades da madeira podem ocorrer principalmente ao longo do tronco (direção longitudinal) e no sentido medula-casca (direção radial). No sentido radial, tais variações são, sem dúvida, as mais importantes para árvores de rápido crescimento, pois estão relacionadas com a proporção relativa entre madeira juvenil e adulta, os diferentes tipos de lenho – lenho inicial e tardio – e as diferenças entre cerne e alburno.

5.2.1 Variações densidade básica da madeira entre árvores de mesma espécie

Os seres vivos nunca são iguais. Eles podem apresentar semelhanças, mas a experiência indica a existência de pequenas ou, muito freqüentemente, grandes diferenças entre indivíduos da mesma espécie. Com a madeira ocorre o mesmo. As variações das propriedades da madeira entre árvores são muito grandes. Chudnoff (1961) afirma que, de um modo geral, a variação das propriedades da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* (18 a 20 anos de idade) entre árvores em um mesmo local é maior que a variação existente entre árvores nascidas em locais diferentes.

Zobel & Buijtenen (1989) concluíram que as variações de árvore para árvore são tão grandes, que se torna um fator de muita importância na produção de madeira. Segundo o autor, normalmente são necessárias pelo menos 30 amostras para se obter uma

estimativa válida de determinada propriedade da madeira em um grupo de árvores. McKimmy (1959) afirmou que as variações entre árvores são tão grandes que geralmente podem mascarar causas de variabilidade como influência ambiental e diferenças genéticas.

Muitas das variações entre árvores podem ser controladas geneticamente e por tratos silviculturais e, por esse motivo, vários estudos vêm sendo desenvolvidos nesse campo. Grande parte dos autores realizou suas pesquisas com enfoque em coníferas, razão pela qual essa espécie é largamente mencionada no presente trabalho, apesar de seu objeto principal ser o estudo de florestas de eucaliptos. Todas as informações foram coletadas tentando se resgatar o maior número possível de dados que pudessem caracterizar os condicionantes desse estudo.

A propriedade mais empregada para a análise das variações entre árvores (e mesmo variações dentro de uma mesma árvore) é a densidade básica¹. Ferreira (1968), estudando árvores de *Eucalyptus alba* e *E. grandis* com idades entre 5 e 7 anos, sugeriu que o melhoramento genético florestal considerasse a densidade básica da madeira como índice de seleção de árvores matrizes, o que demonstra sua grande importância na avaliação da qualidade da madeira e conseqüentemente de valores característicos como resistência à tração, compressão, flexão, cisalhamento, etc.

Apesar de sua importância, a densidade básica da madeira não pode ser considerada como um índice isolado de qualidade da madeira. Fatores como características anatômicas e composição química também devem ser levados em consideração (Wenzl, 1970 e Brasil et al., 1977). Hillis et al., apud Barrichelo & Brito (1976) sugerem cautela no uso da densidade básica da madeira como critério de qualidade para caracterização de espécies do gênero *Eucalyptus*, em razão das diferenças anatômicas existentes entre as mesmas.

Dos inúmeros estudos que reportam a variação da densidade básica da madeira entre árvores, destacam-se nos Quadros 1 e 2, algumas conclusões importantes compiladas:

¹ No presente trabalho, o termo densidade básica se refere à razão entre a massa seca e o volume saturado (ABNT, 1997) e densidade se refere à razão entre massa e volume a um mesmo teor de umidade.

Quadro 1 – Exemplos de conclusões a respeito da variação da densidade básica da madeira entre árvores, para algumas espécies de coníferas.

Espécie	Comentário
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Douglas-fir)	• a variação da densidade básica da madeira entre árvores é tão grande que mascara o efeito de fatores como localização geográfica (McKimmy, 1959).
<i>Pinus banksiana</i>	• a variação da densidade básica da madeira entre árvores no mesmo lote é alta (0,28 a 0,52 g/cm ³) e entre diferentes lotes essa variação é menor (Grigal & Sucoff, 1966);
<i>Picea glauca</i>	• há uma grande diferença no valor da densidade básica da madeira entre árvores de um mesmo lote (Taylor et al., 1982).

Fonte: Zobel & Buijtenen (1989).

Quadro 2 – Exemplos de conclusões a respeito da variação da densidade básica da madeira entre árvores, para algumas espécies de folhosas.

Espécie	Comentário
<i>E. alba</i> e <i>E. saligna</i>	• a variação da densidade básica média da madeira da árvore é muito grande. Para <i>E. saligna</i> , esse valor variou de 0,43 a 0,63 g/cm ³ (Ferreira, 1968 – árvores com idades entre 5 e 7 anos);
<i>Liriodendron tulipifera</i>	• o valor da densidade básica da madeira é significativamente diferente entre árvores (Taylor, 1968 – idade não mencionada). As diferenças entre árvores em um mesmo lote explicam 52% das variações da densidade básica da madeira para essa espécie (Sluder, 1970);
<i>E. regnans</i> , <i>E. deglupta</i> e <i>E. calophylla</i>	• as diferenças entre árvores são muito grandes, muitas vezes maiores do que 30% no tocante à densidade básica da madeira (Rudman et al., 1969);
<i>E. grandis</i>	• existe uma variação marcante entre árvores tanto para densidade básica como para comprimento das fibras da madeira (Hans et al., 1972 – árvores com 7 anos de idade). Taylor (1973b), afirma que a densidade básica da madeira varia sensivelmente de árvore para árvore. Árvores com densidade básica média elevada, têm normalmente densidade básica elevada em todos os pontos de amostragem ao longo do fuste;

Fonte: Zobel & Buijtenen (1989).

Quadro 2 – Exemplos de conclusões a respeito da variação da densidade básica da madeira entre árvores, para algumas espécies de folhosas, continuação.

Espécie	Comentário
<i>E. robusta</i>	• a densidade básica da madeira variou de 0,33 a 0,87 g/cm ³ de árvore para árvore (Skolman, 1972);
<i>E. regnans</i>	• a variação da densidade básica da madeira é muito grande de árvore para árvore (Doran, 1974);
<i>E. saligna</i> e <i>E. grandis</i>	• a variação da densidade básica da madeira entre árvores é grande e é mais importante que a variação entre plantações (Ferreira et al., 1979 – árvores com idades entre 5 e 7 anos);
<i>Eucalyptus</i> spp e <i>Acacia mearnsii</i>	• a densidade básica da madeira variou de 0,47 a 0,57 g/cm ³ – árvores de 12 anos de idade. A densidade básica da madeira de <i>A. mearnsii</i> , chegou a 0,59 g/cm ³ – árvores de 20 anos de idade – (Palmer et al., 1982).

Fonte: Zobel & Buijtenen (1989).

De acordo com o que foi evidenciado por esses autores, a variação da densidade básica da madeira entre árvores de mesma espécie pode ser grande (da ordem de 160% para *Eucalyptus robusta*), se não forem tomados os devidos cuidados na análise dessa propriedade. É necessário que fatores como idade sejam levados em conta para que os resultados obtidos retratem o mais fielmente possível a realidade. Na maior parte dos casos, tal variação é da ordem de 20 a 30%. É, portanto, um fator importantíssimo na avaliação da qualidade da madeira.

5.2.2 Variações da densidade básica da madeira dentro de uma mesma árvore

Dentro de um mesmo indivíduo a variabilidade das propriedades da madeira é ainda maior. As variações podem ocorrer em duas direções principais: no sentido longitudinal – ao longo do fuste, associadas às diferentes alturas na árvore – e no sentido transversal – associadas aos anéis de crescimento e aos diferentes tipos de lenho –, que são avaliadas normalmente no sentido medula-casca. Para que se possa ter uma amostra que represente o mais fielmente possível a realidade, deve-se primeiramente entender a origem

dessas variações. Existem três aspectos que merecem considerações mais específicas. São eles: a caracterização de madeira juvenil e adulta, a diferença entre cerne e alborno e os lenhos inicial e tardio.

- Madeira Juvenil e Madeira Adulta

O crescimento da árvore se dá em dois sentidos: longitudinal (em altura), denominado primário ou apical e radial (em diâmetro), denominado secundário.

Na extremidade do caule, o meristema apical, que possui células que se dividem ativamente, permite o crescimento longitudinal da árvore. O crescimento radial é efetivado através da zona cambial, que é composta por camadas de células, as iniciais e as derivadas, e se situa entre o floema e o xilema. Tanto o crescimento longitudinal como o radial ocorrem por sobreposição de camadas, onde se conclui que as camadas mais altas e as mais externas do tronco são sempre as produzidas mais recentemente.

Através de um corte longitudinal efetuado no centro de uma árvore (Figura 1), verifica-se a presença de uma parte central de formato cilíndrico que se estende da base até o topo da árvore que é denominada madeira juvenil. A parte externa restante é denominada madeira adulta. As proporções relativas entre madeira juvenil e adulta variam de acordo com a idade da árvore.

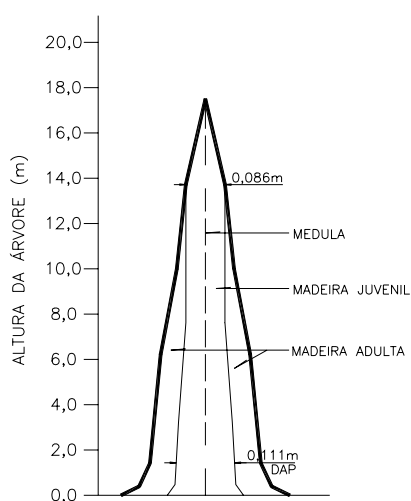


Figura 1- Croquis de uma árvore de *Pinus* de 17 anos de idade, evidenciando a ocorrência de madeira juvenil junto ao centro, ou medula, e com formato cilíndrico.

Fonte: Zobel & Buijtenen (1989), modificado pelo autor.

De acordo com Tomazello (1987) e Malan (1995), em áreas de rápido crescimento a madeira juvenil é de importância considerável, podendo constituir uma grande proporção do tronco. A madeira juvenil é formada nos primeiros anos de crescimento da árvore, na região próxima da medula e sua extensão é variável, podendo ocupar 85% do tronco em uma árvore de 15 anos e cerca de 10% aos 30 anos. Jankowsky (1979) afirma que o período de juvenilidade é variável, podendo ser superior a 10 anos em algumas espécies do gênero *Eucalyptus* plantados na Austrália. Por conta disso, como no Brasil a idade de corte para eucaliptos normalmente gira em torno de 8 anos, praticamente toda a madeira formada tem características de juvenilidade (Lima, 1999), razão pela qual se deve conhecer as limitações e potencialidades da madeira juvenil.

Dentre as inúmeras diferenças existentes entre madeira juvenil e adulta, Thomas, apud Zobel & Buijtenen (1989) e Lara Palma et al. (2001) destacam que a madeira juvenil é formada por células mais curtas com lume de diâmetro grande, parede celular mais estreita, maiores ângulos microfibrilares na camada S₂, maior contração longitudinal e menor contração transversal, maior teor de lignina e hemicelulose, menor teor de celulose, maior proporção de lenho de reação, menor proporção de lenho tardio, menor densidade básica e menor resistência. Além das diferenças citadas, Lara Palma et al. (2001) afirmam que a variação do teor de umidade entre madeira juvenil e adulta e no sentido longitudinal da árvore é de grande importância, por exemplo, no processo de secagem, comercialização e transporte da madeira em estado verde.

Segundo Zobel & Buijtenen (1989), a maior causa das variações globais em coníferas, talvez seja a presença de madeira juvenil e sua proporção em relação à madeira adulta. Os autores ressaltam ainda que, embora se tenha madeira juvenil tanto em coníferas como em folhosas, sua ocorrência é menos evidenciada ou importante em folhosas, razão pela qual a maior parte dos artigos publicados enfocam seu estudos em espécies do gênero *Pinus*.

Não existe um ponto específico onde se possa identificar a transição entre madeira juvenil e adulta, visto que ela não ocorre em um período curto, mas ao longo de vários anos, além de ocorrer de forma lenta (Zobel, 1980). Zobel & Buijtenen (1989) atestaram que as características da madeira não são uniformes no período juvenil e mudam

rapidamente, enquanto no período adulto, as mesmas passam a ser praticamente constantes. Com a densidade básica da madeira ocorre o mesmo, como ilustra a Figura 2.

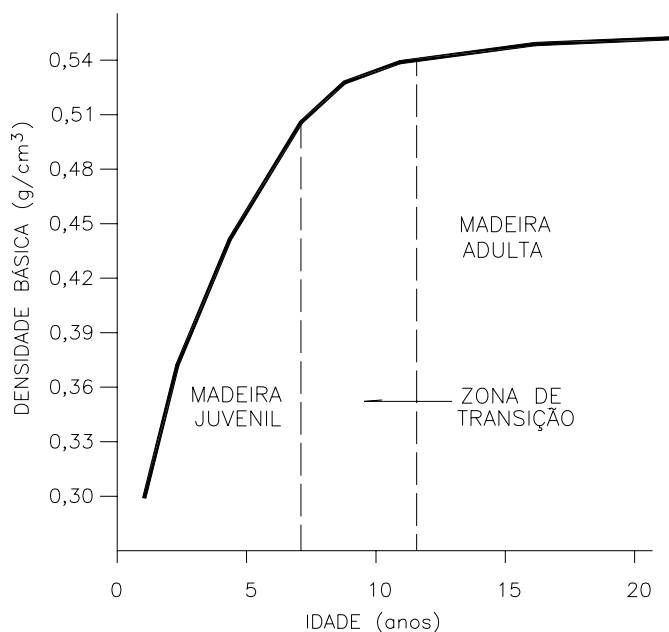


Figura 2- Esboço representativo das mudanças na densidade básica da madeira de *Pinus taeda* no sentido medula-casca.

Fonte: Zobel & Buijtenen (1989), modificado pelo autor.

- Cerne e Alburno

Conforme já observado, o crescimento em diâmetro se dá através da divisão das células cambiais. Essas células produzem o floema para o exterior e o xilema ou madeira para o interior. Durante o crescimento, as células cambiais vão se dividindo e produzindo células “para fora”, formando o tecido floemático, e células “para dentro” produzindo o tecido xilemático. Com o envelhecimento da árvore, modifica-se o processo fisiológico nas células do xilema e extrativos são depositados. Esses extrativos podem influenciar substancialmente muitas das propriedades físicas da madeira. Assim, a parte central é denominada *cerne*, e a mais próxima da casca, denominada *alburno*. Embora para algumas espécies seja difícil distinguir visualmente o cerne do alburno, esses dois lenhos apresentam grandes diferenças, dentre as quais destacam-se (Quadro 3):

Quadro 3- Principais características do cerne e do alburno.

CERNE	ALBURNO
<ul style="list-style-type: none"> • Não conduz água e sais minerais • Possui células fisiologicamente inativas • Menor quantidade de celulose • Maior quantidade de extrativo • Grande resistência ao ataque de organismos xilófagos • Baixo teor de umidade • Permeabilidade baixa 	<ul style="list-style-type: none"> • Conduz água e sais minerais • Possui células fisiologicamente ativas • Maior quantidade de celulose • Menor quantidade de extrativo • Baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos • Alto teor de umidade • Permeabilidade alta

As células do alburno conduzem água e sais minerais da raiz até a copa da árvore, onde polissacarídeos são produzidos e estes, mais tarde, retornam em sentido oposto, pelo floema, nutrindo e possibilitando o crescimento da árvore. O cerne, por outro lado, não faz a condução de água e sais minerais, funcionando somente como suporte. A Figura 3 ilustra um disco de Eucalyptus e, neste caso, é evidenciada a diferença entre cerne e alburno.



Figura 3- Cerne e alburno em um disco de Eucalyptus.

Fonte: Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras – DCF-ESALQ / USP

- Lenho Inicial e Lenho Tardio

Os anéis de crescimento são, na maioria das vezes, um indicativo da idade da árvore, pois o intervalo entre dois anéis indica seu crescimento em um período vegetativo (Figura 4).

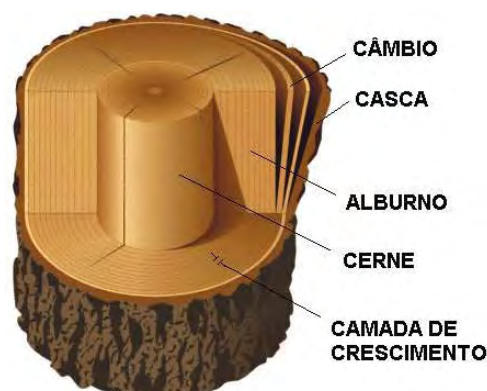


Figura 4- Exposição dos planos radial-tangencial e longitudinal-radial do tronco de uma árvore.

Fonte: <<http://www.agr.unicamp.br/dcr/projetos/>>

Cada anel de crescimento é constituído de lenho inicial e tardio. O lenho inicial é formado no período de crescimento da árvore, sendo, como consequência, constituído de fibras (no caso de folhosas) ou traqueídes (no caso de coníferas) de paredes finas e lume relativamente grande, o que lhe confere baixa densidade. Com o lenho tardio ocorre o inverso: formado num período desfavorável para o crescimento da árvore, possui fibras ou traqueídes de paredes mais grossas e lume pequeno, tendo assim, maior densidade.

5.2.2.a) Variações da densidade básica da madeira ao longo do fuste no sentido base-topo

Em âmbito internacional, inúmeros são os estudos realizados enfocando a variação da densidade básica da madeira de eucalipto. No geral, abordam o assunto de forma detalhista e particularizada para as condições específicas envolvidas nos experimentos, como demonstrado nas citações:

- para *Eucalyptus regnans*, a densidade básica da madeira aumenta do primeiro ao segundo terço da altura comercial (Dargavel, 1968) ;

- para *Eucalyptus grandis*, a densidade básica da madeira diminuiu entre 1,5 m e 4,6 m e a partir desse ponto, aumentou Taylor (1973b). Franklin & Meskimen (1975), constataram que a densidade básica da madeira diminuiu da base até 3,0 m, entre 3,0 m e 7,5 m aumentou rapidamente e, acima desse nível, pouco variou.

Contudo, visão crítica do fenômeno é mais facilmente obtida pela adoção de quatro grupos de tendência de comportamento, conforme proposto por Downes et al. (1997), depois de avaliarem publicações no assunto (Quadro 4):

Quadro 4 – Tendências de comportamento da variação da densidade básica da madeira de árvores de *Eucalyptus* ao longo do fuste, no sentido base-topo.

Comportamento	Espécie	Autor (es)
a densidade básica da madeira aumenta ao longo do fuste no sentido base-topo.	<i>E. globulus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Dean et al. (1990). • Valente et al. (1992).
	<i>E. grandis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Malan (1988b) – árvores de 9 anos de idade. • Taylor (1974).
	<i>E. robusta</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Skolman (1972).
a densidade básica da madeira diminui ao longo do fuste no sentido base-topo.	<i>E. grandis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bamber & Humphreys (1963); • Bamber et al. (1969) – árvores com 20 anos de idade; • Sturion et al. (1987) – árvores de 10,5 anos de idade.
a densidade básica da madeira inicialmente diminui e depois aumenta ao longo do fuste no sentido base-topo.	<i>E. globulus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Beadle et al. (1996); • Raymond & MacDonald (s.d.).

Fonte: Downes et al. (1997), modificado pelo autor.

Quadro 4 – Tendências de comportamento da variação da densidade básica da madeira de árvores de *Eucalyptus* ao longo do fuste, no sentido base-topo, continuação.

Comportamento	Espécie	Autor (es)
a densidade básica da madeira inicialmente diminui e depois aumenta ao longo do fuste no sentido base-topo.	<i>E. grandis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Barrichelo et al. (1983); • Bhat et al. (1990); • Manfredi (1985) – árvores com 7,5 anos de idade; • Taylor (1973a); • Wilkins (1990) – árvores com 13 anos e 4 meses de idade; • Wilkins & Horne (1991) – árvores com 9,5 anos de idade.
	<i>E. nitens</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Beadle et al. (1996); • Lausberg et al. (1995) – árvores com 15 anos de idade; • Purnell (1988) – árvores com 11 anos de idade.
	<i>E. regnans</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Frederick et al. (1982) – árvores com idades entre 4 e 17 anos; • Raymond et al. (1997).
a densidade básica da madeira não se altera ao longo do fuste	<i>E. grandis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Hans (1976).

Fonte: Downes et al. (1997), modificado pelo autor.

Particularmente para *Eucalyptus grandis*, verifica-se a possibilidade de ocorrência das quatro tendências.

No Brasil existem iniciativas isoladas com o intuito de melhor compreender a variação da densidade básica em algumas espécies de eucaliptos. Dentre elas destacam-se:

- para *Eucalyptus grandis*, a densidade básica da madeira aumenta da base ao topo da árvore. (Ferreira, 1972) – árvores com 11 a 14 anos de idade. Já Souza et al. (1986), afirmam que a densidade básica da madeira diminuiu até 25% da altura comercial e depois aumentou até o topo em árvores com 7 anos de idade;

- para *Eucalyptus propinqua*, a densidade básica da madeira aumenta até a metade da altura do tronco, depois diminui (Brasil et al., 1977) – árvores com 5 anos de idade.

Diante do exposto, evidencia-se a dificuldade na determinação precisa de padrões de variação da densidade básica da madeira ao longo do fuste da árvore, sobretudo para algumas espécies.

Nesse sentido, Ferreira (1970) realizou um estudo com madeira de *Eucalyptus alba* e *Eucalyptus saligna* com idades entre 5 e 7 anos, onde determinou a variação da densidade básica média da madeira ao longo do fuste da árvore e a variabilidade da densidade básica média da madeira da árvore em relação às amostras coletadas à altura do peito. Com os resultados obtidos concluiu que as amostras coletadas à altura do peito poderiam levar a uma boa estimativa da densidade básica média da madeira da árvore.

Brasil et al. (1979), ao realizarem estudos em *Eucalyptus grandis* com 3 anos de idade, concluíram também que a densidade básica da madeira integral de discos amostrados à altura do peito poderia levar a uma boa estimativa da densidade básica média da madeira da árvore, aplicando-se uma equação de regressão linear.

Outros autores, como Maddern (1965), por exemplo, concordavam com a possibilidade de se estimar a densidade básica média da madeira da árvore a partir de amostras coletadas em determinada posição fixa na árvore, sem especificarem, contudo, a posição a amostrar.

Nogueira & Vale (1997) testaram diversos modelos matemáticos para exprimir a densidade básica média da madeira de *Pinus caribaea* var. *hodurensis* (idade não mencionada no trabalho) proveniente do cerrado brasileiro, a partir da densidade básica da madeira, mensurada em diversas alturas ao longo do tronco da árvore (0%, 25%, 75% e 100% da altura comercial da árvore e à altura do peito). Concluíram que a densidade básica média da madeira da árvore era melhor representada com modelo cúbico de regressão, utilizando dados coletados a 25% da altura comercial da árvore ($r^2 = 0,88$). A mesma análise conduzida com dados coletados à altura do peito levaram a uma equação de regressão também cúbica, porém com $r^2 = 0,43$. Sendo assim, concluíram que a densidade básica média da madeira da árvore é melhor estimada através da densidade básica da madeira coletada a 25% da altura comercial da árvore. Os autores concluíram também que a densidade básica da madeira

umenta no sentido medula-casca, podendo seu valor ser estimado em função da posição radial por equação de regressão linear, com coeficiente de determinação em torno de 0,98 em quaisquer das seguintes posições relativas à altura total à partir da base: 0%, 25%, 75%, 100% e à altura do peito.

5.2.2.b) Variações da densidade básica da madeira na direção radial

O crescimento da planta é influenciado por muitos fatores, tais como: a disponibilidade de nutrientes, umidade, fatores genéticos herdados pelo vegetal, etc. Em espécies de regiões com estações climáticas definidas (primavera, verão, outono e inverno), as camadas de crescimento são nítidas e podem ser vistas em um corte transversal da árvore, normalmente, através de uma diferença de coloração. Essas camadas recebem o nome de anéis de crescimento. A madeira formada durante a primavera e o verão (portanto em condições climáticas favoráveis) denomina-se lenho inicial. A madeira formada durante o outono e inverno é chamada de lenho tardio. Cada anel de crescimento é formado por uma camada de lenho inicial e uma camada consecutiva de lenho tardio.

Segundo Megraw (1985), dentro de um anel de crescimento ocorre uma grande variação na densidade básica da madeira. Tratando de coníferas no geral, Tajima (1967) afirma que o lenho tardio pode ter densidade básica de 2 a 2,5 vezes maior que a do lenho inicial.

Bodig & Jayne (1993) compararam a densidade básica entre lenho inicial e tardio para algumas espécies de coníferas (Quadro 5).

Quadro 5- Densidades básicas dos lenhos inicial e tardio da madeira e sua razão R para algumas espécies de coníferas.

Espécie	Densidade básica da madeira do lenho (g/cm ³)		Razão R = (a)/(b)
	Tardio (a)	Inicial (b)	
<i>Pinus elliottii</i>	0,57	0,27	2,11
<i>Pinus taeda</i>	0,63	0,30	2,10
<i>Pinus echinata</i>	0,60	0,26	2,31
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0,60 a 0,80	0,2 a 0,3	~ 3,00

Fonte: Bodig & Jayne (1993), modificado pelo autor.

Na tentativa de se obterem respostas mais particularizadas para o caso de populações de *Eucalyptus* no tocante à variação da densidade básica da madeira no sentido radial, diversos estudos foram realizados sobre o assunto. Novamente aqui, os resultados obtidos em tais estudos foram apresentados em grupos de tendências gerais de variação (Quadro 6), como segue:

Quadro 6 – Tendências de comportamento da variação da densidade básica da madeira de árvores de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Comportamento	Espécie	Autor (es)
a densidade básica da madeira aumenta no sentido medula-casca	<i>E. grandis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bamber & Humphreys (1963); • Bamber et al. (1969) – árvores com 20 anos de idade; • Bamber et al. (1982) – árvores de rápido crescimento, com 2,5 anos de idade; • Brasil et al. (1979) – árvores com 3 anos de idade; • Clarke (1990); • Fernandes et al. (1989) – árvores de 13,5 anos de idade; • Ferreira (1972) – árvores com 11 a 14 anos e 16 anos de idade; • Hans et al. (1972) – árvores com 7 anos de idade; • Hans (1976); • Malan & Gerischer (1987); • Malan (1988a); • Taylor(1973a,b); • Wilkins & Horne (1991) – árvores com 9,5 anos de idade; • Wilkins (1990) – árvores com 11,3 anos de idade.
a densidade básica da madeira aumenta no sentido medula-casca	<i>E. nitens</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nicholls & Pederick (1979) – árvores com 5 anos de idade.
	<i>E. obliqua</i> e <i>E. regnans</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nicholls & Griffin (1978) – árvores com 18 anos de idade.

Fontes: Downes et al. (1997) e Zobel & Buijtenen (1989), modificado pelo autor.

Quadro 6 – Tendências de comportamento da variação da densidade básica da madeira de árvores de *Eucalyptus* no sentido medula-casca, continuação.

Comportamento	Espécie	Autor (es)
a densidade básica da madeira aumenta no sentido medula-casca	<i>E. regnans</i>	• Frederick et al. (1982) – árvores com idades entre 4 e 17 anos.
	<i>E. robusta</i>	• Skolman (1972).
a densidade básica da madeira inicialmente diminui e depois aumenta no sentido medula-casca	<i>E. grandis</i>	• Taylor (1973a).
a densidade básica da madeira diminui no sentido medula-casca	<i>E. grandis</i>	• Bamber et al. (1982) – árvores de crescimento lento, com 2,5 anos de idade.

Fonte: Downes et al. (1997) e Zobel & Buijtenen (1989), modificado pelo autor.

Assim como para a direção longitudinal, na direção radial também existem pontos de discordância no tocante à variação de densidade básica da madeira, o que justifica a continuidade dos estudos, considerando-se o efeito combinado das diversas características da madeira (juvenil, adulta, cerne, alburno, etc.).

Por fim, considerando-se as causas maiores da variação das propriedades da madeira e a possível interação entre esses diferentes conceitos, nota-se que o problema fica com análise ainda mais complexa. De fato, se tomarmos o corte transversal de uma árvore de rápido crescimento (Figura 5), pode-se notar a presença de alburno de madeira juvenil, cerne de madeira juvenil, alburno de madeira adulta ou cerne de madeira adulta. Vale lembrar que além dessas diversificações, as proporções entre cerne/alburno e entre madeira juvenil/adulta variam conforme a idade da árvore, o que mostra a importância do estudo da variabilidade das propriedades (densidade básica) da madeira no sentido medula-casca, para análise da qualidade da mesma.

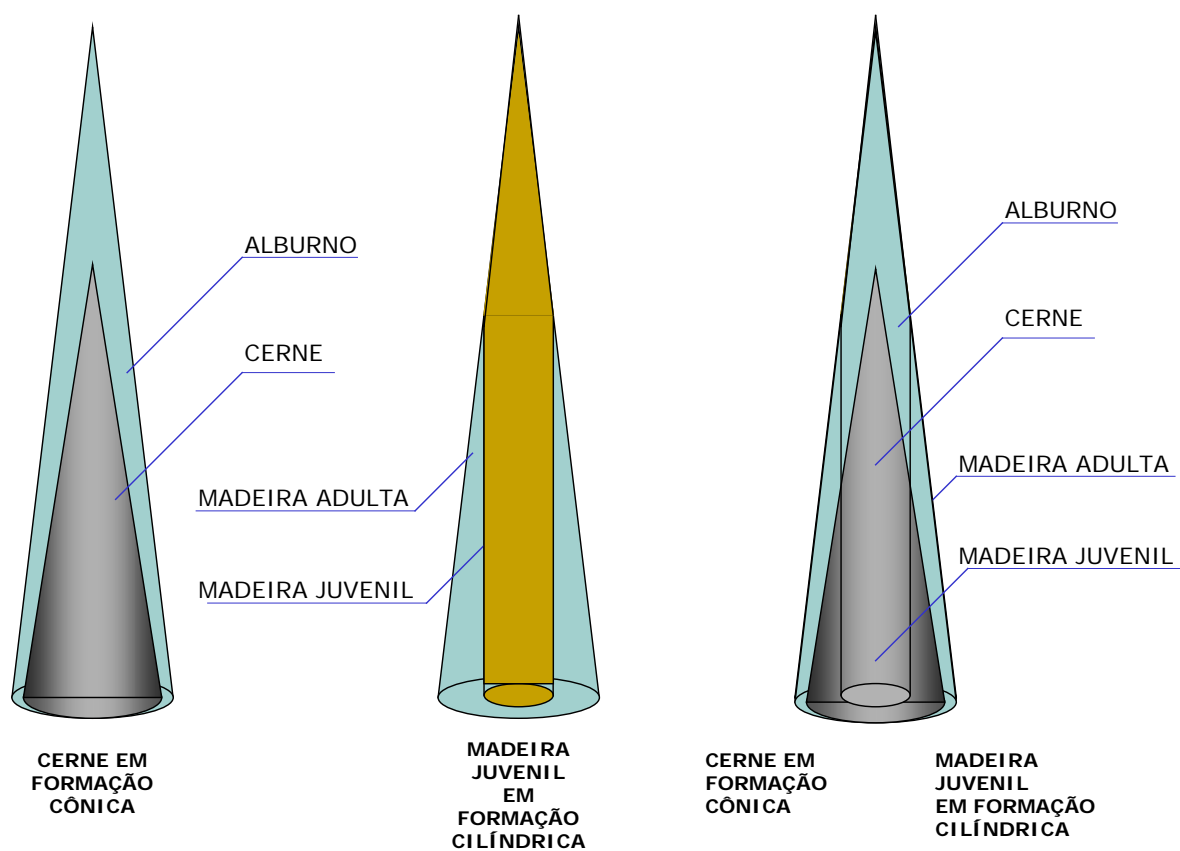


Figura 5- Corte longitudinal evidenciando possíveis interações entre madeira juvenil/adulta e entre cerne/alburno (esboço do autor).

5.2.2.c) Modelo de Downes et al. (1997)

Downes et al. (1997), baseando-se em quatro diferentes padrões de simetria da árvore, – cilíndrico, cônico, linear e não-linear – sugeriram um modelo matemático cujos termos permitem a análise das variações de quaisquer propriedades de madeiras em geral com:

- aumento de altura dentro da árvore
- aumento da distância da medula
- diferentes razões entre posição radial e longitudinal (interação altura e número do anel de crescimento)

Tal modelo foi desenvolvido para estimar valores médios das propriedades de cada anel em qualquer ponto ao longo do tronco. Assim, tem-se:

$$P = \alpha + \beta_i H^k + \gamma_j R_N^\ell, \quad (1)$$

onde:

- P – valor médio da propriedade da madeira em qualquer anel, a qualquer altura do tronco;
- α – valor à altura zero no primeiro anel depois da casca;
- β – coeficiente que descreve a proporção de mudança da propriedade com a altura, dentro do anel número i;
- H – altura no tronco;
- k – poder do termo relacionado à altura (varia de acordo com o modelo de simetria da árvore);
- γ – coeficiente que descreve a proporção de mudança da propriedade no sentido casca-medula, à altura j;
- R_N – número do anel à partir da casca;
- ℓ – poder da variação radial (também varia de acordo com o modelo de simetria da árvore);
- $\beta_i H^k$ – termo que descreve a variação da propriedade com a altura, mantendo-se o número do anel constante;
- $\gamma_j R_N^\ell$ – termo que descreve a variação da propriedade no sentido casca-medula, mantendo-se a altura constante.

Não foram feitas restrições quanto à propriedade ou quanto à espécie de madeira, sugerindo assim, uma aplicação ampla da modelagem.

Para de avaliar o padrão de variação nas direções longitudinal e radial de forma interativa, são necessárias duas etapas. A primeira etapa exige uma amostragem destrutiva para a determinação dos coeficientes α , β e γ .

Para determinação do coeficiente β , é necessário que discos sejam amostrados a diversas alturas e segmentados de acordo com o anel de crescimento (ou outro padrão de variação no sentido medula-casca). Para cada disco é determinado o valor da propriedade da madeira a cada altura e em cada anel de crescimento. Com esses valores é possível obter o valor médio da propriedade da madeira para cada anel de crescimento. Em

seguida, é feita uma análise de regressão para se determinar o coeficiente β referente a cada anel de crescimento.

Para o cálculo do coeficiente γ , o procedimento é análogo ao estabelecido para determinação de β , com a diferença de que nesse caso, é determinado o valor médio da propriedade da madeira a cada altura. Com esses dados é feita análise de regressão para se obter o valor do coeficiente γ para cada altura amostrada.

A segunda etapa requer um incremento de amostragem – sendo esse não-destrutivo. Essa amostragem é feita a uma altura pré-determinada e de fácil acesso. Os valores obtidos na segunda etapa têm o objetivo de fornecer a razão entre os valores das propriedades ao longo do tronco e os respectivos valores à essa altura.

Se o interesse reside apenas no cálculo da variação da propriedade ao longo do tronco, o modelo fica reduzido, pois o termo relacionado ao raio (R) é eliminado:

$$P = \alpha + \beta H^k \quad (2)$$

Nesse caso, β terá um único valor pois a variação radial é desconsiderada. É ressaltada a importância de observar detalhes como um número adequado de observações, para evitar conclusões equivocadas sobre o padrão de variação, bem como anotar a posição de onde a amostra foi retirada, medida que ajuda a detectar tendências de variação.

Caso o estudo tenha interesse apenas na variação da propriedade na direção radial, o termo eliminado é, agora, o relacionado à altura (H):

$$P = \alpha + \gamma_j R_N^\ell \quad (3)$$

Esse procedimento vale tanto para amostragem em várias alturas como para uma altura apenas.

5.3 Variações das propriedades mecânicas da madeira com a densidade básica

Segundo Bodig & Jayne (1993), existem estreitas relações entre densidade básica e propriedades mecânicas da madeira. A Figura 6 ilustra a variação da densidade básica e do módulo de ruptura de flexão em função da altura e da idade da árvore.

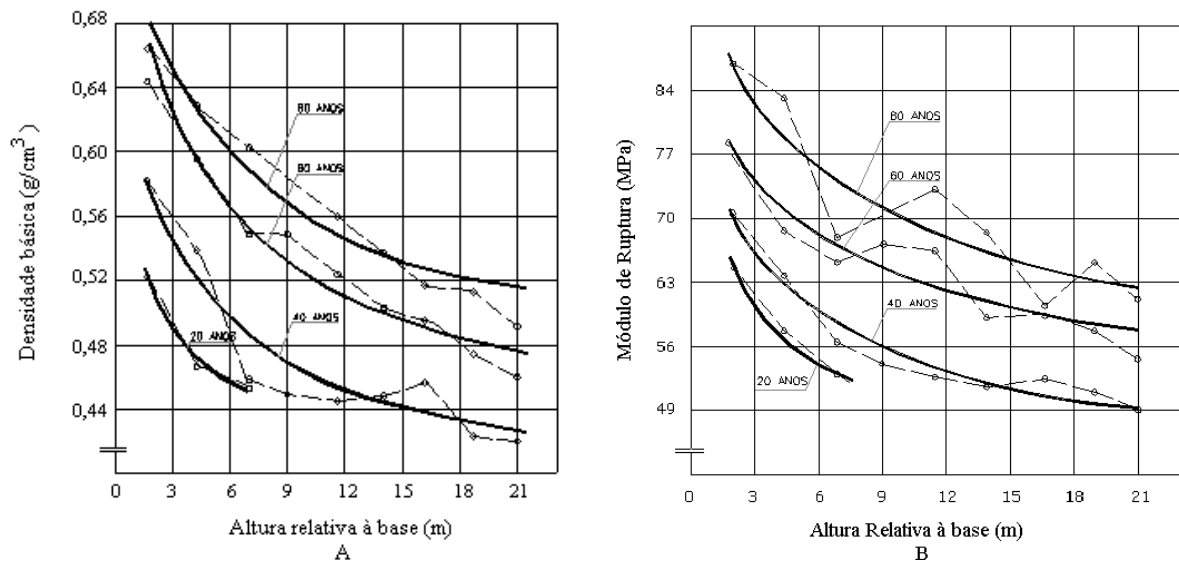


Figura 6- Efeitos da idade e da altura relativa à base nas propriedades: (A) densidade básica e (B) módulo de ruptura, para Douglas-fir.

Fonte: Bodig & Jaine (1993), modificado pelo autor.

A relação entre propriedades mecânicas e densidade básica da madeira é dada genericamente pela fórmula

$$R = C \rho^N, \quad (4)$$

sendo:

R = propriedade mecânica

C e N = parâmetros determinados para cada propriedade mecânica em particular

ρ = densidade básica da madeira

Para *Pinus elliottii* por exemplo, a relação entre módulo de elasticidade e densidade básica da madeira é dada por:

$$E_L = 7,3544 \times 10^6 \rho^{1,7315} \quad (5)$$

Como para esse gênero de pinus o valor aproximado da densidade básica da madeira na região de lenho inicial e tardio é, respectivamente, $0,27 \text{ g/cm}^3$ e $0,57 \text{ g/cm}^3$, os respectivos valores do módulo de elasticidade são aproximadamente 5.357 MPa e 19539 MPa .

5.4 Critérios de amostragem

São vários os critérios de amostragem que se pode utilizar em estudos científicos. É necessário eleger aqueles que são mais adequados ao tipo de estudo a ser realizado. Cochran (1965) fez um estudo sobre a teoria da amostragem, onde explica com detalhes, os principais critérios de amostragem. As definições a seguir são resultado de uma compilação de Cochran (1965), Bendtsen et al. (1970), entre outros.

a) amostragem acidental simples: seja uma população finita que contém N unidades onde todas elas podem ser distingüidas umas das outras. Pode-se retirar dessa população uma quantidade de amostras diferentes de tamanho n dada pela expressão:

$$\binom{N}{n} = C_n^N = \frac{N!}{n!(N-n)!}, \quad (6)$$

sendo:

N = número de unidades da população;

n = número de elementos em cada amostra.

Sendo assim, a amostragem acidental simples é um processo através do qual pode-se selecionar cada uma das C_n^N amostras de n elementos, sendo que cada amostra tem igual probabilidade de ser selecionada. Exemplo: para um lote com 1500 árvores, deseja-se colher amostras acidentais de 12 elementos. Substituindo $N = 1500$ e $n = 12$ em (6), conclui-se que existem $3,86 \cdot 10^{32}$ amostras diferentes que se pode selecionar nesse lote (todas elas com igual probabilidade de ser selecionada).

b) amostragem acidental estratificada: nesse tipo de amostragem, a população de N unidades é dividida em L subpopulações de tal forma que cada uma não se superpõe a outra e juntas abrangem a totalidade da população. Cada subpopulação é denominada estrato e para que seja denominada amostragem acidental estratificada, em cada estrato devem ser selecionadas amostras acidentais simples. Exemplo: em um lote com 1500 árvores deseja-se colher amostras classificando as árvores por diâmetro à altura do peito (pequeno,

médio e grande). Nesse caso, o lote (população) está dividido em três subpopulações (estratos), cada uma com uma classe diametral. A partir de cada estrato são retiradas amostras. Ressalta-se que duas amostras de estratos diferentes não necessitam ter o mesmo número de elementos.

- c) amostragem sistemática: considerando-se uma população finita contendo N unidades numeradas de 1 a N , para selecionar uma amostra de n unidades, retira-se uma unidade ao acaso, dentre as primeiras k unidades e assim sucessivamente, para cada unidade subsequente adicionando k à ordem do primeiro elemento selecionado. Exemplo: um lote contém 1500 árvores. Essas árvores são numeradas de 1 a 1500. O valor de k é arbitrado (225, por exemplo) e dentre as duzentas e vinte e cinco primeiras árvores é selecionada uma ao acaso. Supondo que tenha sido selecionada a árvore número 16, as árvores subsequentes serão as de número 241, 466, 691, 916 e assim por diante.
- d) amostragem por conglomerados: ocorre quando a unidade amostral é constituída por um grupo (ou conglomerado) de unidades menores denominadas elementos. Por exemplo, pode-se amostrar 600 árvores nas ruas de determinada cidade ao acaso, ou amostrar 20 bairros dessa cidade com 30 árvores em cada bairro, sendo a segunda opção uma amostragem por conglomerado.
- e) dupla amostragem: é um critério onde são necessárias duas amostras, sendo a menor uma subamostra da maior. É utilizado quando se deseja obter informações sobre a variável A de uma população, através de informações de outra variável (B). Com a amostra maior, são obtidos todos os dados necessários a respeito de B . A relação entre A e B será obtida (por regressão linear) através da amostra menor. Por fim, tomando-se o conceito apresentado por Bendtsen et al. (1970), dupla amostragem é, simplificada, o critério que consiste em prever uma propriedade através de

cuidadosa observação de uma propriedade auxiliar mais fácil e barata de se mensurar e que tenha uma boa correlação com a primeira.

5.5 Critérios de amostragem para a madeira

O estabelecimento de regras para uma amostragem racional considerando-se aspectos como exequibilidade e precisão, é uma preocupação antiga para determinação de propriedades da madeira. Partindo-se, muitas vezes, de amostragens acidentais simples com grande número de indivíduos amostrados, alguns estudos procuram estabelecer bases sólidas para redução de custos e/ou tempo, por exemplo, mantendo-se praticamente a mesma precisão.

Sendo assim, diversos trabalhos têm sido realizados sugerindo a utilização de critérios de amostragem como acidental simples, acidental estratificada, dupla amostragem, etc.. A seguir, destacam-se alguns trabalhos e códigos normativos abordando o assunto.

5.5.1 Trabalhos científicos

Krahmer (1967) já demonstrava a preocupação de encontrar um plano de amostragem adequado para descrever as propriedades da madeira em um nível de precisão pré-determinado. Chegou à conclusão de que o número de amostras dentro de um plano de amostragem dependia do grau de precisão desejado e do tipo de característica a ser estudada.

Em âmbito nacional, destaca-se o trabalho publicado pelo IBAMA (IBAMA, 1993), que apresenta análise da situação para amostragem de florestas nativas da Amazônia. O trabalho conclui pela aceitação da função distribuição normal como representativa da variabilidade dos valores das propriedades físico-mecânicas estudadas.

Devido à necessidade de informações cada vez mais precisas com relação às propriedades físicas e mecânicas da madeira, alguns estudos foram realizados com o intuito de avaliar alguns critérios de amostragem, dentre os quais destacam-se:

Hoheisel (1968) sugeriu que a amostragem utilizada para ensaios com madeira fosse acidental simples por entender que a amostragem estratificada, por basear-se em características subjetivas — por exemplo diâmetro inferior, intermediário e superior — pode apresentar resultados tendenciosos. Segundo o autor, para se obter resultados com uma exatidão pré-determinada é necessário que toda a população tenha a mesma chance de ser amostrada. A amostragem é destrutiva e executada de acordo com os seguintes procedimentos:

- a) determina-se a área onde se localiza a população a ser estudada, para depois dividi-la em porções de mesma importância;
- b) com amostragem acidental simples, selecionam-se as porções de onde as árvores serão sorteadas. O autor recomenda retirar preferivelmente uma árvore de cada porção. Depois de sorteadas (amostragem acidental simples), as árvores são tombadas para a retirada de corpos-de-prova;
- c) o número de corpos-de-prova depende da variação da propriedade estudada. Depois de estabelecido esse número, os corpos-de-prova são selecionados por amostragem acidental simples.

O autor destacou ainda que, da compilação de dados de trabalhos australianos, a variação das propriedades físicas e mecânicas da madeira em uma mesma árvore tem amplitude semelhante à variação das propriedades físicas e mecânicas entre diferentes árvores de mesma espécie em determinado sítio. De acordo com o exposto, determinado número de amostras tomadas de diferentes árvores em diferentes sítios e menos sítios é mais significativo do que um número equivalente de amostras obtidas em menos árvores. O Quadro 7 mostra os resultados obtidos para o módulo de elasticidade do eucalipto em dois ensaios: no primeiro, foram selecionadas 200 amostras de 5 árvores; no segundo, foram selecionadas 57 amostras de 21 árvores. Observa-se o efeito provocado pelas amostras que não são representativas da árvore e têm o mesmo peso na compilação dos dados. O resultado é a elevação no coeficiente de variação.

Quadro 7- Valor médio do módulo de elasticidade para dois ensaios com madeira de *Eucalyptus diversicolor*.

N.º de árvores	N.º total de Amostras	Valor médio (Kg/cm ²)	Coefficiente de Variação (%)
5	200	15 x 10 ⁴	20
21	57	14 x 10 ⁴	4,9

Fonte: Pearson & Williams (1958).

Para o módulo de ruptura do eucalipto, foram selecionadas 18 árvores nos três ensaios, variando o número de amostras, como mostra o Quadro 8.

Quadro 8- Valor médio do módulo de ruptura para três ensaios com madeira de *Eucalyptus diversicolor*.

N.º de árvores	N.º total de Amostras	Valor médio (Kg/cm ²)	Coefficiente de Variação (%)
18	18	668	9
18	36	686	7
18	169	676	7

Fonte: Pearson & Williams (1958).

Os resultados demonstram que deve-se compatibilizar o número de árvores com o número de amostras coletadas de cada árvore, de modo que se tenha a máxima precisão com menor número possível de amostras. Para isso, é necessária uma pesquisa preliminar sobre a propriedade a ser estudada. Horvat, apud Hoheisel (1968), recomenda selecionar de 20 a 30 árvores com 2 ou 3 amostras de cada árvore para um intervalo de confiança de 5% e uma segurança estatística de 95%.

Bendtsen et al. (1970) compararam a eficiência e confiabilidade de três critérios de amostragem: acidental estratificada, cruciforme e dupla amostragem (*double sampling*). Esses critérios foram avaliados sob cinco aspectos a saber.

- a) a amostra deverá fornecer uma estimativa não tendenciosa da média da propriedade estudada;

- b) a amostra deverá permitir o cálculo de um intervalo que tenha uma probabilidade conhecida de conter a média verdadeira da população (intervalo de confiança da média);
- c) para os critérios semi-probabilísticos de dimensionamento, é necessária a estimativa não tendenciosa do percentil inferior de 5% (valor característico inferior);
- d) a amostra deverá permitir o cálculo de um limite de tolerância que tenha probabilidade conhecida de ser igual ou menor ao percentil inferior de 5% (intervalo de confiança do percentil de 5% inferior);
- e) o plano de amostragem deverá fornecer uma forma lógica de ajuste do tamanho da amostra no planejamento do experimento.

- Amostragem acidental estratificada

Segundo Bendtsen et al. (1970), antes de iniciar a coleta de dados, deve-se definir a unidade amostral, a população, o tamanho da amostra e decidir como coletar as amostras de forma totalmente aleatória. Todos esses passos devem estar detalhadamente descritos, tomando-se os devidos cuidados na definição de cada item.

- Unidade amostral: é um caibro de tamanho suficiente para se sujeitar ao teste a que será submetido.
- População amostrada: é definida como sendo, se possível, caibros de 6,35 cm x 6,35 cm x 152,4 cm, retiradas de vigas de tamanho médio.
- Tamanho da amostra: deverá ser dado levando-se em conta dois fatores: o custo e a precisão desejada. Sendo assim, deve-se amostrar o mínimo possível, dentro da precisão desejada. Bendtsen et al. (1970), propuseram uma tabela (Quadro 9) para determinação do número de amostras para populações normalmente distribuídas, em função do coeficiente de variação da população e do erro admissível (para 95% de confiança e 5% de significância).

Quadro 9 – Estimativa do tamanho da amostra em função do erro admissível e do coeficiente de variação da população, quando esta é normalmente distribuída, para um nível de significância de 5% e confiança 95%.

Coeficiente de variação da população	Erro admissível (%)							
	1	2	5	7,5	10	15	20	25
0,05	195	52	11	-----	-----	-----	-----	-----
0,06	270	71	14	-----	-----	-----	-----	-----
0,07	358	94	18	-----	-----	-----	-----	-----
0,08	490	128	23	12	-----	-----	-----	-----
0,09	680	175	31	16	-----	-----	-----	-----
0,10	890	231	40	20	13	-----	-----	-----
0,11	1090	284	49	23	15	-----	-----	-----
0,12	1330	348	60	27	17	-----	-----	-----
0,13	1640	428	74	34	21	11	-----	-----
0,14	2020	520	88	40	24	13	-----	-----
0,15	2480	645	108	49	25	15	10	-----
0,16	2850	750	128	58	34	17	11	-----
0,17	3400	870	147	68	40	19	13	-----
0,18	4100	1030	172	77	45	22	14	10
0,19	4700	1190	196	90	52	25	16	12
0,20	5450	1430	235	105	61	29	18	13
0,21	-----	1650	275	125	71	33	20	15
0,22	-----	1870	320	145	80	37	22	16
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
0,46	-----	-----	-----	4000	2290	1050	610	390
0,48	-----	-----	-----	6000	3450	1550	890	575
0,50	-----	-----	-----	-----	5200	2300	1300	820

Fonte: Bendtsen et al. (1970), modificado pelo autor.

Pelo Quadro 9 observa-se que, se a população possui um coeficiente de variação 0,22, e o erro admissível for de 10%, são necessárias 80 amostras para um nível de confiança de 95% e significância 5%.

Caso não se tenha o coeficiente de variação da população ou ela não seja normalmente distribuída, pode-se utilizar um gráfico (Figura 7) que fornece uma

confiabilidade γ de que pode-se declarar que p por cento da população é igual ou maior que menor valor amostrado na população de tamanho n (para 95% de confiança e 5% de significância).

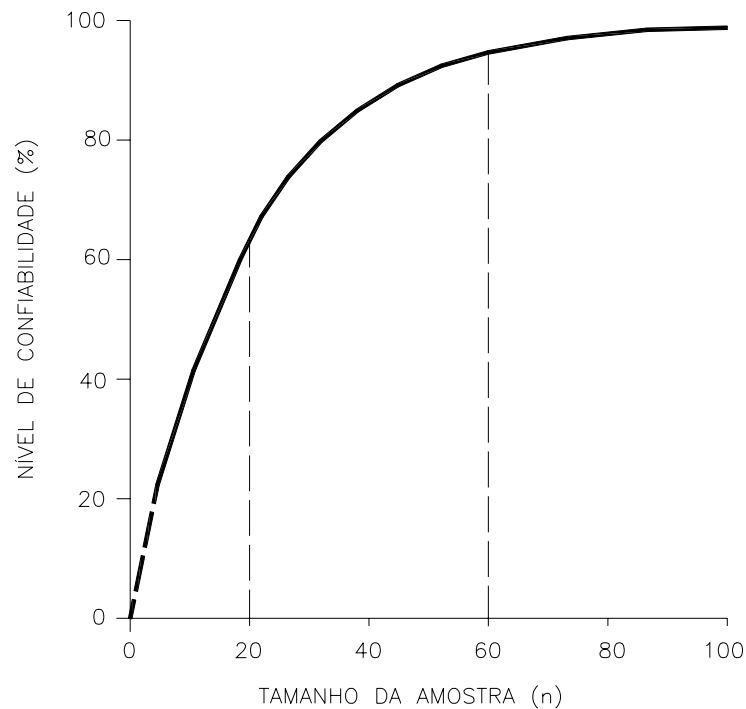


Figura 7- Nível de confiabilidade em se admitir a menor unidade amostrada ao acaso, de n observações, como sendo a menor da população, a 95% de confiança.

Fonte: Bendtsen et al. (1970), modificado pelo autor.

- Número de amostras por árvore: segundo Bendtsen et al. (1970), amostrar intensivamente dentro de cada árvore aumenta muito a confiabilidade no que diz respeito às propriedades daquela árvore, mas diz muito pouco sobre as propriedades das árvores restantes. Ali, apud Bendtsen (1970), verificou que cinco amostras retiradas de 13 árvores (totalizando 65 amostras) fornecem praticamente a mesma precisão que uma amostra retirada de 23 árvores (totalizando 23 amostras) e que no leste do Paquistão o primeiro caso foi mais econômico. Em contrapartida, Pearson & Williams, Kraemer & Snodgrass, apud Bendtsen (1970), concluíram que é

geralmente mais eficiente retirar uma única amostra de cada árvore, do que qualquer outro tipo de combinação. A seleção da amostra é feita com probabilidade proporcional ao volume. Isto significa, por exemplo, que uma região que tem um alto volume de madeira tem maior chance de ser selecionada. A seleção da localização é feita tabulando o volume de madeira para as espécies pela menor área para a qual há informação de toda a variação de crescimento da espécie. Então, essas áreas serão selecionadas com probabilidade proporcional ao volume. A seguir, as áreas serão mapeadas e pelo mapa as árvores serão selecionadas ao acaso para posterior seleção dos toretes que serão tomados proporcionalmente ao volume, da seguinte forma: é medido o diâmetro de cada torete. Desse modo, o torete será selecionado ao acaso com probabilidade proporcional ao quadrado dos diâmetros. As amostras serão selecionadas em laboratório, também ao acaso.

- Amostragem cruciforme

Crítério desenvolvido por volta de 1910, é indicado quando se necessita obter informações a respeito dos valores médios de determinada propriedade para um grande número de espécies, sendo que muitas delas estão localizadas em lugares de difícil acesso. O plano de amostragem requer que seja coletado uma ou mais remessas de toras de cada espécie, sendo o número de remessas função da importância da espécie, bem como de sua distribuição geográfica. Entende-se por remessa, o número de toras de 2,5 m aproximadamente, retiradas a uma altura de 8' (2,4 m) a 16' (4,8 m) de cinco árvores representativas da espécie, até a altura comercial. Depois de coletados, os toretes são submetidos a sucessivas amostragens no sentido medula-casca, obedecendo um padrão cruciforme ao longo da seção transversal. Devido ao modo de seleção das árvores, esse critério não foi satisfatório sob os cinco aspectos de avaliação aos quais foi submetido. Os autores concluem que a amostragem cruciforme serviu ao propósito de fornecer estimativas das médias das propriedades das espécies de madeira, num tempo em que outras estimativas não eram conhecidas e que o acesso às florestas era restrito. Esse critério, se alterado para ser

algo mais objetivo no tocante à coleta de material amostral, poderá ser ainda utilizado em situações semelhantes às que se tinha a centenas de anos atrás — floresta inacessível ou propriedade não suficientemente conhecida que justifique critérios mais onerosos.

- Dupla amostragem - *double sampling*

Crítério utilizado nos anos 60 para a obtenção de estimativas de propriedades estruturais de nove espécies do oeste americano. Foi aplicado para inventário florestal. Simplificadamente, o critério consiste em predizer uma propriedade através de cuidadosa observação de uma propriedade auxiliar mais fácil e barata de se mensurar e que tenha uma boa correlação com a primeira. É aplicado para a estimativa de propriedades mecânicas que se correlacionam bem com a densidade básica da madeira e os resultados têm um alto grau de precisão quando se amostra a população. Uma pequena amostra independente ou uma pequena subamostra retirada da amostra maior é utilizada para se estabelecer a relação entre a densidade básica da madeira e a propriedade que se quer estimar. Esta relação é geralmente descrita através de uma equação de regressão. A estimativa da densidade básica da madeira, obtida através da amostra maior é, então, substituída através da equação de regressão para a obtenção da estimativa da propriedade mecânica média que se quer estabelecer para as espécies.

Os critérios foram analisados sob os cinco aspectos mencionados anteriormente, e os autores concluíram que o melhor critério – o mais confiável e de menor custo — é o de amostragem acidental estratificada (Quadro 10).

Quadro 10 – Avaliação de três critérios de amostragem sob cinco aspectos diferentes.

Crítério	Aspectos de Avaliação				Fornecer uma forma de Ajuste para o tamanho da amostra
	Fornecer estimativas não tendenciosas da(o)		Associa confiança com		
	Média	Percentil de 5% inferior	Média	Percentil de 5% inferior	
Acidental estratificado	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Cruciforme	Não	Não	Não	Não	Não
Dupla amostragem	Sim	Sim	Sim	Não	Não

Fonte: Bendtsen et al. (1970).

Em Kikata & Uesuge (1995), sugerem amostragem estratificada de acordo com o DAP (inferior, intermediário e superior). Características como a altura da árvore, comprimento da copa, forma do caule e outras, podem ser levadas em conta se consideradas importantes para a pesquisa. Depois, são selecionadas de 15 a 20 toras de cada espécie, pertencentes aos grupos de diâmetro superior ou intermediário. Essas toras devem possuir 8 m de comprimento; caso o transporte seja difícil, pode-se utilizar toras de 4 m de comprimento. Depois de cortadas, as toras devem ser transportadas para o laboratório de teste o quanto antes. As toras selecionadas serão cortadas de dois em dois metros. No centro da seção transversal, será cortado uma “prancha” longitudinal de 50 mm de espessura, que será utilizada para testes de características básicas (Figura 8). Paralelamente à prancha central, serão cortadas sucessivas tábuas de 30 mm de espessura, que serão utilizadas nos testes de processamento mecânico da madeira (Figura 9). Esse material deve ser guardado de forma a não ser danificado por umidade, ou qualquer outro agente nocivo.

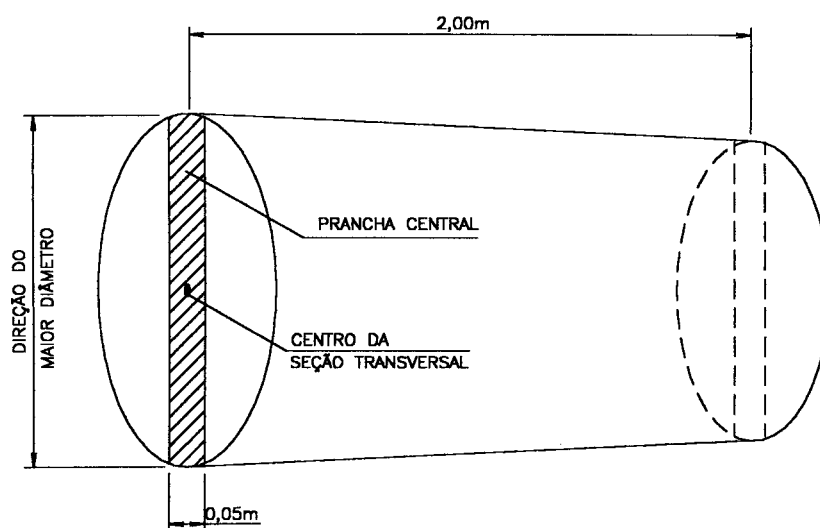


Figura 8 - Prancha central para teste de características básicas.

Fonte: Kikata & Uesuge (1995), modificado pelo autor.

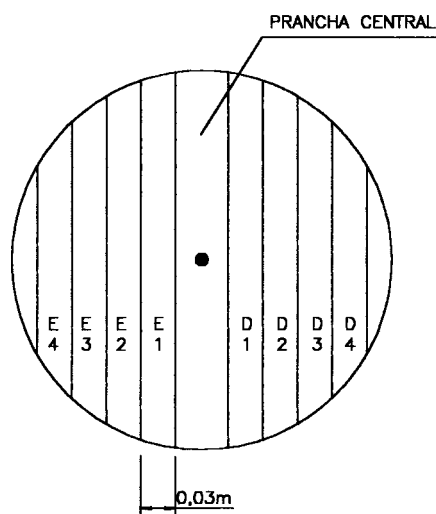


Figura 9 - Tábua para teste de processamento da madeira.

Fonte: Kikata & Uesuge (1995), modificado pelo autor.

Rachid (1999) analisou a eficiência de dois critérios de amostragem para a situação de árvores de rua no município de São Carlos - SP: amostragem acidental simples e amostragem acidental estratificada por região classificada de acordo com o poder aquisitivo do morador. Concluiu que ambos os critérios são viáveis, preferindo a amostragem acidental simples por oferecer maior praticidade na coleta de dados.

Martínez (2000) apresentou estudo onde fornece conceitos básicos de amostragem em madeira, utilizando amostragem acidental estratificada por volume, fundamentado pela ASTM D5536-94 e COPANT – 458.

O autor defende que a obtenção de amostras para a determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira deve seguir o seguinte critério: definida a espécie a ser estudada e a região onde a mesma se encontra, deve-se escolher cuidadosamente a população. É necessário delimitar a área a ser amostrada e conhecer o volume de madeira por unidade de área (caso não se tenha essa informação, o volume deverá ser estimado). Posteriormente a área será subdividida em lotes, colocando-se sob ela uma grade numerada. A seleção dos lotes será ao acaso (com probabilidade proporcional ao volume de madeira), utilizando uma tabela de números aleatórios. Feito isso, serão selecionadas (aleatoriamente) as árvores, tomando cuidado para não serem selecionadas as que estiverem nos extremos das áreas florestais, pois são afetadas por vários fatores como por exemplo o vento. As árvores

devem ser divididas em toras de tamanho adequado ao ensaio e armazenadas adequadamente com proteção contra o sol e a chuva. As vigas devem ser selecionadas ao acaso. A Figura 10 mostra como devem estar localizadas as vigas para o melhor aproveitamento do volume da madeira da tora.

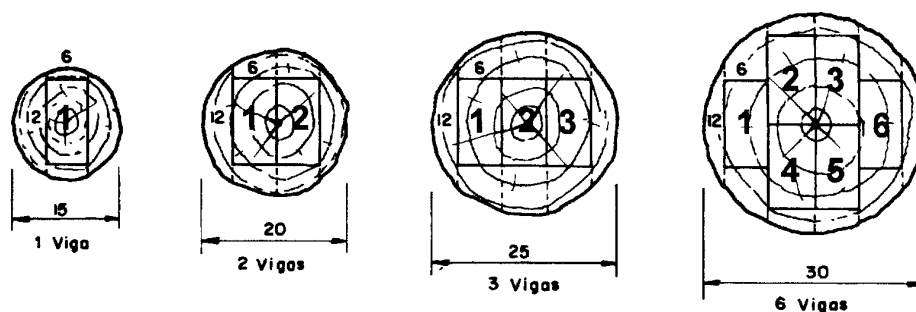


Figura 10 - Critério simplificado de amostragem acidental simples para selecionar vigas.

Fonte: Martinez (2000).

5.5.2 Códigos normativos

Alguns códigos normativos estabelecem critérios específicos para amostragem com madeira, afim de uniformizar a coleta de corpos-de-prova para experimentação e de reduzir diferenças provocadas por fatores que não têm relação com a propriedade em estudo. Os códigos mais citados são a COPANT (COPANT, 1972), norma panamericana, a ASTM D5536-94 (ASTM, 1996), norma americana e a NBR 7190 (ABNT, 1997), norma brasileira.

A COPANT (COPANT, 1972) estabelece uma amostragem acidental estratificada por volume.

De acordo com a referida norma, são estabelecidos alguns procedimentos para a realização da coleta de amostras. Primeiramente, deve-se definir a população a ser estudada. Deve-se então, selecionar a “zona e/ou subzona”, setor ou bloco de onde serão retiradas as árvores. Esta seleção é feita com probabilidade proporcional ao volume de madeira contido em cada uma dessas divisões, por unidade de área (amostragem acidental estratificada). Deve-se, portanto, conhecer antecipadamente esses volumes e dispô-los em tabela ordenada para que se possa determinar o volume acumulado (Quadro 11).

Quadro 11- Cálculo do volume acumulado de madeira, para efetuar amostragem.

Subzona	Superfície (ha)	Volume da espécie (m ³ /ha)	Volume total existente (1.000 m ³)	Volume total acumulado (1.000 m ³)	Volume total acumulado (%)
A	370.000	20	7.400	7.400	87
B	40.000	19	760	8.160	96
C	30.000	12	360	8.520	100

Fonte: COPANT (1972).

Depois de elaborada a tabela, utilizando-se números aleatórios, são selecionados tantos números quantas subzonas sejam necessárias (Quadro 12).

Quadro 12- Exemplo de seleção aleatória de subzonas à partir do quadro de volume acumulado de madeira.

Números sorteados	Subzona correspondente
45	A
93	B
98	C
01	A
73	A

Fonte: COPANT (1972).

Em cada bloco, é selecionada certa quantidade de árvores (ao acaso), quantidade essa que depende do grau de precisão desejado. Em cada árvore, é selecionada uma tora, dentro de cada tora uma vigota ou prancha central de onde sairão as amostras que serão submetidas aos ensaios. Todo esse processo de seleção é feito ao acaso, utilizando tabelas encontradas na própria norma. Aconselha-se ainda, um nível de segurança de 95% com grau de confiança de $\pm 5\%$.

A ASTM D5536-94 (1996) sugere três critérios de amostragem: cruciforme, “*double sampling*” (ou dupla amostragem) e amostragem acidental simples. A escolha depende de fatores como a propriedade que se deseja pesquisar, a finalidade da pesquisa etc..

A amostragem cruciforme é indicada quando se deseja obter informações das propriedades mecânicas da no sentido longitudinal da árvore, tais como: idade ou posição radial na árvore, taxa de crescimento, mudança de alburno para cerne, relações entre propriedades mecânicas e fatores como densidade básica da madeira e fazer comparações entre espécies para que se possa selecionar a que melhor se adequie ao fim a que se destina. É bom lembrar que a amostragem cruciforme não é influenciada pela média ou qualquer outra medida da estatística descritiva.

A dupla amostragem (*double sampling*) é muito utilizada quando se necessita melhorar ou atualizar dados estatísticos já existentes sobre valores de propriedades mecânicas que foram calculadas com base em padrões pré-estabelecidos de tensão e classes de tensão para madeira cortada, madeira compensada, postes e outros produtos feitos de madeira. Consiste em, primeiramente, estabelecer uma relação entre a que se deseja fazer uma estimativa e uma propriedade conhecida, fácil de se calcular e que, ao ser calculada, apresente o máximo grau de precisão possível. Para se estabelecer esta relação entre as duas propriedades, utiliza-se uma pequena amostra independente ou uma subamostra oriunda da amostra original. Este critério é aconselhável quando da utilização da densidade básica da madeira para a estimativa de outras propriedades mecânicas da madeira.

A amostragem acidental simples é utilizada quando não existem dados de determinada espécie ou quando as estimativas existentes não têm uma credibilidade muito grande em sua aplicação pelo fato das características da floresta terem mudado. Segundo a ASTM (ASTM 1996), esse critério de amostragem tem uma melhor probabilidade de estimativa que a *double sampling* e é mais barato e mais rápido se as amostras e os testes executados forem completados (através de regressão) com a densidade básica da madeira pré-estabelecida pelo *double sampling*.

A NBR 7190 (ABNT, 1997), norma brasileira para o projeto de estruturas de madeira, estabelece a amostragem acidental simples para a investigação de lotes de madeira serrada.

O critério apresentado deve ser utilizado para lotes de madeira serrada, de no máximo 12 m³. A amostra deve conter corpos-de-prova obtidos aleatoriamente ao longo de todo o lote, sendo dessa forma, representativa de todo o lote. De cada peça, retira-se apenas um corpo-de-prova que deve ser isento de defeito e retirado de regiões afastadas das extremidades da peça pelo menos cinco vezes a menor dimensão da peça considerada e nunca menor que 30 cm. Para uma caracterização simplificada, o número mínimo de corpos-de-prova é 6 e para caracterização de espécies pouco conhecidas, deve-se coletar no mínimo 12 corpos-de-prova. Os valores característicos das propriedades da madeira devem ser estimados pela expressão

$$x_{wk} = \left(2 \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{\frac{n}{2}-1}}{\frac{n}{2}-1} - x_{\frac{n}{2}} \right) 1,1 \quad (7)$$

onde os resultados devem ser colocados em ordem crescente ($x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$) desprezando-se o valor mais alto se o número de corpos-de-prova for ímpar, não se tomando para x_{wk} valor inferior a x_1 nem a 0,7 do valor médio (\bar{x}).

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Material

Foram estudados 150 clones de eucalipto de 8 anos de idade, pertencentes a três talhões distintos. Os talhões, com 250 árvores cada, fazem parte de um experimento clonal localizado na Fazenda Santa Rosa em São Miguel Arcanjo, SP – longitude de 48° 03' W, latitude de 23° 58' S e uma altitude de 672 m.s.n.m; com precipitação média anual de 1200 mm \pm 225 mm, temperatura média anual de 18 °C – , pertencente à Companhia Suzano de Celulose e Papel.

De cada talhão foram selecionados 50 árvores, sendo 50 de *E. grandis*, 50 de *E. saligna* e 50 híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*, este último referido nesse trabalho como híbrido.

Cada uma das espécies tem uma procedência distinta a saber:

- *E. grandis*: Austrália;
- *E. grandis* x *E. urophylla*: Companhia Aracruz de Celulose e Papel.
- *E. saligna*: Itatinga e Mairinque, SP;

O espaçamento do plantio foi de 2,70 x 2,23 m, com adubação de 140 g/pl de N, P, K (6-30-6), 200 g/pl FAPS.

O teste clonal de híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* foi executado no mesmo local onde foram selecionados os clones para o referido teste – Fazenda da Companhia Aracruz de Celulose e Papel em Biritiba Mirim, SP.

Para o teste clonal de *E. grandis*, foram utilizados clones originados de sementes de um PSM, do Horto do Rio Claro, SP.

Os clones de *E. saligna* foram selecionados em vários plantios e áreas experimentais da Companhia Suzano de Celulose e Papel.

Para os efeitos deste estudo a característica condicionante dos indivíduos arbóreos foi a densidade básica da madeira. Por esse motivo, para cada indivíduo foram tomados discos a 0%, 25%, 50%, 75%, 100% da altura da árvore – respectivamente os discos A, C, D, E e F – e à altura do peito (Disco B), a partir dos quais se estimaram valores de densidade básica da madeira. Alguns discos amostrados podem ser visualizados nas Figuras 11 a 13.

Os dados mensurados nos discos foram disponibilizados pelo Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras – DCF/ESALQ – USP, por intermédio do Prof. Dr. Mário Tomazello Filho e de Sandra Bibiana Arango Alzate.

Adicionalmente, foram reportados outros dados como a altura comercial² das árvores e o diâmetro de cada um dos discos amostrados.

Cada uma das 50 árvores selecionadas para o estudo, foi considerada como sendo a população daquela espécie.

² A altura comercial para esse estudo, foi considerada como sendo a altura em que o diâmetro do tronco chega a um limite mínimo de 5 cm.



Figura 11- Vista geral dos discos



Figura 12- Detalhe de cinco, dos seis discos amostrados de uma mesma árvore



Figura 13- Detalhe de um disco amostrado da base

6.2 Métodos

6.2.1 Análise exploratória dos dados

Através dos dados de densidade básica da madeira dos discos amostrados e outros dados das árvores, foram calculadas a densidade básica média e a densidade básica média ponderada da madeira de cada indivíduo.

A densidade básica média da madeira de cada indivíduo ($\bar{\rho}_b$) foi obtida pela média aritmética das densidades da madeira de cada disco amostrado, ou seja,

$$\bar{\rho}_b = \frac{\rho_0 + \rho_{AP} + \rho_{25} + \rho_{50} + \rho_{75} + \rho_{100}}{6}, \quad (8)$$

sendo:

$\bar{\rho}_b$ = densidade básica média da madeira de cada indivíduo.

ρ = densidade básica da madeira de cada disco, a cada uma das alturas amostradas.

A densidade básica média ponderada da madeira de cada indivíduo (ρ_{bmp}) foi avaliada, considerando o volume representativo de cada disco como fator de ponderação. A expressão utilizada foi baseada na expressão de Pronin (1966), com a incorporação do disco amostrado à altura do peito na ponderação, dada por

$$\rho_{\text{bmp}} = \frac{1}{2} \left[\frac{H_1(D_0^2 + D_{\text{AP}}^2)(\rho_0 + \rho_{\text{AP}}) + H_2(D_{\text{AP}}^2 + D_{25}^2)(\rho_{\text{AP}} + \rho_{25}) + \dots + H_5(D_{75}^2 + D_{100}^2)(\rho_{75} + \rho_{100})}{H_1 D_0^2 + (H_1 + H_2) D_{\text{AP}}^2 + (H_2 + H_3) D_{25}^2 + (H_3 + H_4) D_{50}^2 + (H_4 + H_5) D_{75}^2 + H_5 D_{100}^2} \right] \quad (9)$$

sendo:

ρ_{bmp} = densidade básica média ponderada da madeira da árvore, em g/cm^3 .

D = diâmetro dos discos sem casca a cada uma das alturas amostradas, em cm.

ρ = densidade básica da madeira dos discos para cada uma das alturas amostradas, em g/cm^3 .

AP = refere-se ao disco amostrado à altura do peito.

H_i = altura relativa à porção representativa de cada disco em relação à altura total da árvore, ou seja,

$$H_i = \frac{h_i}{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5} \quad (10)$$

A Figura 14 ilustra a posição de cada disco amostrado, bem como a altura de cada porção em que o tronco ficou subdividido.

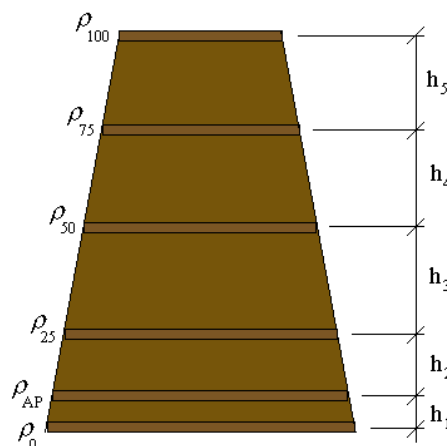


Figura 14- Esboço representativo do tronco de uma das árvores de eucalipto, de onde foram retirados os seis discos para amostragem (esboço do autor).

Para cada população de 50 árvores, a densidade básica média ponderada da madeira foi considerada a referência maior da população, assim como procedido por Downes et al. (1997).

Posteriormente, realizou-se, para cada espécie estudada (*E. grandis*, *E. saligna* e híbrido), uma análise exploratória dos dados de densidade básica da madeira de cada população, com uso do programa SAS (Statistical Analysis Software, v. 8)³. Foram apresentadas as distribuições de frequência de densidade básica da madeira de cada uma das populações, individualizadas para cada uma das alturas estudadas ao longo do fuste das árvores (0% e 25% da altura da árvore e à altura do peito) bem como para as densidades básicas médias e densidades básicas médias ponderadas da madeira de cada indivíduo. Além disso, apresentaram-se outros valores característicos da distribuição de frequência (média aritmética, desvio-padrão, coeficiente de variação de Pearson – CV – intervalo de confiança da média e quantis) e um teste de normalidade da distribuição – Shapiro-Wilk – para um nível de significância de 5%.

6.2.2 Cálculo das correlações existentes entre a densidade básica média ponderada e a densidade básica da madeira em alguns pontos ao longo do fuste da árvore

Esta etapa teve por finalidade estabelecer a correlação existente entre a densidade básica média ponderada da madeira e as densidades básicas da madeira à altura do peito, a 0% e 25% da altura da árvore, bem como a densidade básica média da madeira.

Visavam, em última análise, estabelecer dentre as densidades básicas amostradas, aquela que apresentava melhor correlação com a densidade básica ponderada da madeira da árvore.

Não foram estabelecidas as correlações com as densidades básicas da madeira a 50%, 75% e 100% da altura da árvore, por se entender que são pontos de difícil acesso para amostragem. Por esse motivo, foi considerada desnecessária a avaliação da densidade básica da madeira para os referidos pontos para os fins a que se destina o presente trabalho.

³ O programa referido tem licença de uso concedida ao Departamento de Bioestatística – IBB/Unesp – Botucatu.

As correlações foram feitas utilizando-se toda a população, tornando-se desnecessária a execução de qualquer teste de hipótese.

6.2.3 Avaliação da variação da densidade básica da madeira na direção longitudinal

Para cada população foi avaliado o padrão de comportamento da variação da densidade básica da madeira da árvore ao longo do fuste, através de gráfico e através de análise de regressão múltipla. Posteriormente, foi feito um teste de hipótese para verificar-se a significância dos parâmetros β da regressão. Foi utilizado o teste F para um nível de significância de 5%.

6.2.4 Comparação entre os critérios de amostragem

Para cada população (*E. saligna*, *E. grandis* e híbrido) foram feitas amostragens sistemáticas de indivíduos, variando-se o número de indivíduos por amostra e avaliando-se esse efeito na precisão do parâmetro médio calculado, em relação à densidade básica média ponderada da madeira da população.

Os critérios de amostragem estudados foram divididos em duas categorias: amostragem não-ponderada (amostragem acidental simples) e amostragem ponderada (amostragem acidental estratificada por volume e amostragem acidental estratificada por DAP).

Com apoio do Departamento de Gestão e Tecnologia Agro-industrial da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, Campus Botucatu – foi elaborado um programa em linguagem Visual Basic (VB) para obtenção das amostras aleatórias.

6.2.4.a) Obtenção das amostras através do critério de amostragem acidental simples

Inicialmente, de cada população de 50 indivíduos, foram retiradas aleatoriamente 1000 amostras com 3 indivíduos. Foram feitos sorteios totalmente ao acaso, tomando-se como valor representativo de cada indivíduo as seguintes variáveis: densidade básica da madeira à altura do peito e a 0% e 25% da altura da árvore. Novamente, por se

entender que são pontos de pouca utilidade prática no processo de amostragem, não foram feitas amostragens a 50%, 75% e 100% da altura da árvore.

Ao todo, foram coletadas 1000 amostras para cada variável, que foram analisadas separadamente. Para cada amostra de 3 indivíduos foi calculado o valor médio da variável (média aritmética), obtendo-se, assim, 1000 médias aritméticas. Através de cada média, pôde ser calculada a precisão da amostra em relação à densidade básica média ponderada da madeira da população, sendo:

$$e = \left| \bar{\rho} - \bar{\rho}_{\text{bmp}} \right|, \quad (11)$$

onde:

e = precisão da amostra.

$\bar{\rho}$ = média aritmética da amostra, para a variável em questão.

$\bar{\rho}_{\text{bmp}}$ = média aritmética das densidades básicas médias ponderadas da madeira de cada indivíduo da população (densidade básica média ponderada da madeira da população), ou seja:

$$\bar{\rho}_{\text{bmp}} = \frac{\sum_{i=1}^{50} \rho_{\text{bmp},i}}{50} \quad (12)$$

O mesmo procedimento foi adotado com gradativo aumento do número de indivíduos na amostra a saber, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20 e 30 indivíduos.

De posse dos valores de precisão média das amostras com “n” indivíduos (média aritmética dos 1000 valores de “e” para cada “n”) representou-se a curva de precisão em função do número de indivíduos amostrados, para cada variável representativa da árvores (densidade básica da madeira à altura do peito e a 0% e 25% da altura a árvore).

Os procedimentos descritos para o critério acidental simples (não-ponderado) foram repetidos para dois outros critérios de amostragem ponderados, explicados a seguir.

6.2.4.b) Obtenção das amostras através do critério de amostragem acidental estratificada por classes de diâmetro à altura do peito (DAP)

Cada população foi dividida em três estratos por diâmetro (inferior, intermediário e superior). Os estratos foram obtidos calculando-se, primeiramente, a terça parte da amplitude total dos dados de DAP encontrados, para cada população, ou seja,

$$x = \frac{M_{DAP} - m_{DAP}}{3}, \quad (13)$$

sendo:

M_{DAP} = maior DAP da população;

m_{DAP} = menor DAP da população.

Cada estrato ficou dividido da seguinte forma:

- estrato 1 (DAP inferior) : $[m_{DAP} ; m_{DAP} + x]$
- estrato 2 (DAP intermediário) : $]m_{DAP} + x ; m_{DAP} + 2x]$
- estrato 3 (DAP superior) : $]m_{DAP} + 2x ; M_{DAP}]$

Cada estrato tem seu percentual de representatividade em relação à população e é com base nesse percentual que foi calculado o número de indivíduos retirados de cada estrato.

6.2.4.c) Obtenção das amostras através do critério de amostragem acidental estratificada por classes de volume de madeira do indivíduo

Inicialmente foi feito o cálculo do volume de cada indivíduo, considerando-se o fuste constituído por quatro cilindros cujos diâmetros foram obtidos através da média aritmética entre o diâmetro inferior e o diâmetro superior dos discos que os limitavam, sendo dado por.

$$V = \frac{\pi h}{64} \left[(D_0 + D_{25})^2 + (D_{25} + D_{50})^2 + \dots + (D_{75} + D_{100})^2 \right], \quad (14)$$

onde:

h = altura comercial da árvore, em m;

D = diâmetro dos discos sem casca a cada uma das alturas amostradas, em m.

De posse dos volumes de todos os indivíduos, todo o procedimento foi análogo ao executado para amostragem acidental estratificada por classes de DAP, sendo a população neste caso, subdividida em estratos de volumes inferior, intermediário e superior. Esse critério de estratificação foi sugerido por Martínez (2000).

O comportamento geral das diferentes amostragens foi novamente analisado, aos moldes do já procedido para o critério não-ponderado.

Toda a análise estatística dos dados obtidos foi conduzida com assessoria de estatísticos do Departamento de Bioestatística do Instituto de Biociências - UNESP e da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Botucatu.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Cálculo dos valores de densidade básica média e densidade básica média ponderada da madeira de cada indivíduo

As densidades básicas da madeira de cada indivíduo, para cada disco amostrado, foram apresentadas no Apêndice 1.

Os valores das densidades básicas médias e densidades básicas médias ponderadas da madeira de cada indivíduo foram obtidos através das equações 8 e 9, respectivamente, e encontram-se no Apêndice 2.

7.2 Análise exploratória dos dados de densidade básica da madeira dos discos amostrados em três pontos ao longo do fuste e densidade básica da madeira de cada indivíduo

As Figuras 15 a 17 apresentaram a análise descritiva dos dados de densidade básica da madeira dos discos amostrados a 0% e 25% da altura do tronco, à altura do peito e dos dados de densidade básica média e densidade básica média ponderada da madeira de cada indivíduo. Como esperado, a densidade básica média apresentou um comportamento bem próximo ao comportamento da densidade básica média ponderada da madeira para as três populações. Valores como quantil 0% (menor densidade básica da madeira encontrada no conjunto de dados), quantil 100% (maior densidade básica da madeira encontrada no conjunto de dados), média populacional e desvio-padrão, assumiram valores

bem próximos para os dados de densidade básica média e densidade básica média ponderada da madeira.

O foco principal deste capítulo foi, portanto, a comparação entre os resultados obtidos com a densidade básica média ponderada da madeira da árvore e as densidades básicas da madeira dos discos amostrados a 0% e 25% da altura do tronco e à altura do peito (eleitas, considerando-se aspectos práticos na amostragem das árvores).

7.2.1 Dados observados para a população de *E. saligna*

Analisando-se os resultados apresentados na Figura 15, nota-se homogeneidade de comportamento dos dados.

Exceto para a densidade básica da madeira a 0% da altura do tronco, as outras densidades básicas apresentaram uma amplitude de dados de aproximadamente $0,0850 \text{ g/cm}^3$. De um modo geral, as densidades básicas para os três níveis amostrados apresentaram valores de desvio-padrão variando entre $0,02 \text{ g/cm}^3$ e $0,03 \text{ g/cm}^3$ e coeficiente de variação entre 4% e 6%. Quanto ao teste de normalidade, apenas a densidade básica da madeira a 25% da altura do tronco apresentou distribuição que segue o padrão Normal para um nível de significância de 5%.

Foi realizado teste de hipótese para verificação da igualdade de médias entre e as densidades básicas da madeira a 0% e 25% da altura do tronco e à altura do peito e a densidade básica média ponderada da madeira da árvore (teste t de student) e observou-se que as populações das referidas densidades básicas para *E. saligna* apresentaram médias significativamente diferentes da população de densidade básica média ponderada da madeira, para um nível de significância de 5%.

7.2.2 Dados observados para a população de híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*)

Como pode ser verificado através da Figura 16, a população de híbrido apresentou o comportamento mais homogêneo dentre as três populações estudadas. As cinco densidades básicas da madeira analisadas, apresentaram valores de amplitude muito próximos ($0,10 \text{ g/cm}^3$), o mesmo ocorrendo com o desvio-padrão (aproximadamente $0,025 \text{ g/cm}^3$). O

teste de normalidade confirma essa tendência de comportamento. Os valores de densidade básica da madeira para todos os níveis amostrados e as densidades básicas média e média ponderada da madeira da árvore, seguiram um padrão de distribuição Normal para um nível de significância de 5% .

O teste de hipótese para comparação de médias entre a densidade básica da madeira a 0% e 25% da altura do tronco e à altura do peito com a densidade básica média ponderada da madeira, revelou que as densidades básicas a 25% da altura do tronco e à altura do peito diferem significativamente da densidade básica média ponderada, para um nível de significância de 5%.

Em relação à densidade básica da madeira a 0% da altura do tronco e a densidade básica média ponderada da madeira, não foi encontrada evidência significativa de diferença de médias, não podendo-se, contudo, afirmar que existe a igualdade de médias.

7.2.3 Dados observados para a população de *E. grandis*

Em comparação com as outras duas populações estudadas, as densidades básicas da madeira da população de *E. grandis* apresentaram os menores quantis 0%– 0,3858 g/cm³ a 0% da altura, 0,3680 g/cm³ à altura do peito, 0,3672 g/cm³ a 25% da altura, 0,3896 g/cm³ para densidade básica média e 0,3821 g/cm³ para densidade básica média ponderada –, e menor média aritmética para todos os níveis amostrados. Além disso, apresentaram o menor quantil 100% para os dados de densidade básica da madeira dos discos amostrados a 25% da altura do tronco. Isto significa que, de um modo geral, a madeira da população estudada de *E. grandis* possui valores de densidade básica situados numa faixa inferior aos valores de densidade básica da madeira das demais populações avaliadas nesse trabalho.

Apenas as densidades a 0% da altura do tronco e à altura do peito seguiram um padrão Normal de distribuição para um nível de significância de 5%.

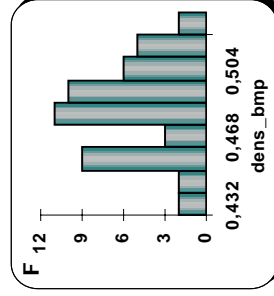
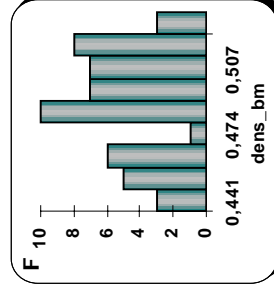
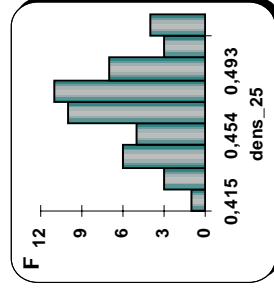
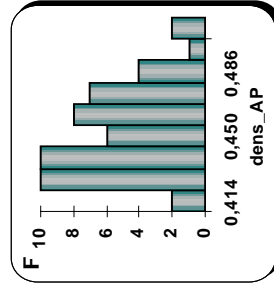
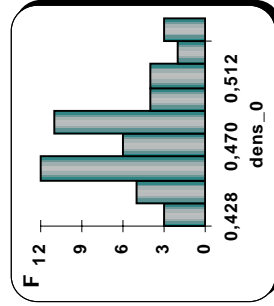
Mesmo em se tratando de clones, a variação na densidade básica média da madeira das três populações foi da ordem de 20% a 30% – diferença entre valores máximo e mínimo em relação ao valor máximo –, valor próximo ao encontrado por Palmer et al. (1982) em estudo com *Eucalyptus* sp e Rudman et al. (1969) ao estudar *E. regnans*. Ferreira (1968)

encontrou variações da ordem de 50% em árvores de *E. saligna* com idades entre 5 e 7 anos. Ressalta-se, portanto, a importância da análise preliminar da população.

O teste de hipótese para comparação de médias revelou que as médias das populações de densidades básicas da madeira a 0% e 25% da altura do tronco e à altura do peito são significativamente diferentes da média da população de densidade básica média ponderada da madeira da árvore, para um nível de significância de 5%.

Híbrido – *E. grandis* x *E. urophylla*

Densidade básica da madeira a 0% da altura da madeira à altura do peito da madeira básica média ponderada da madeira



	50	50	50	50	50
N					
Md. aritm (g/cm ³)	0,4840	0,4588	0,4800	0,4944	0,4877
Desv. pad. (g/cm ³)	0,0296	0,0242	0,0268	0,0249	0,0241
Variância (g/cm ³) ²	0,0009	0,0006	0,0007	0,0006	0,0006
CV – Pearson(%)	6,1235	5,2776	5,5814	5,0360	4,9466
Int. conf. (g/cm ³)	0,0042	0,0034	0,0038	0,0035	0,0069

Quantis

0%	(g/cm ³)	0,4342	0,4199	0,4172	0,4465	0,4408
2,5%	(g/cm ³)	0,4369	0,4226	0,4321	0,4501	0,4426
97,5%	(g/cm ³)	0,5421	0,5094	0,5302	0,5313	0,5289
100%	(g/cm ³)	0,5522	0,5159	0,5317	0,5368	0,5328
Amplit. (g/cm ³)		0,1180	0,0960	0,1145	0,0904	0,0920

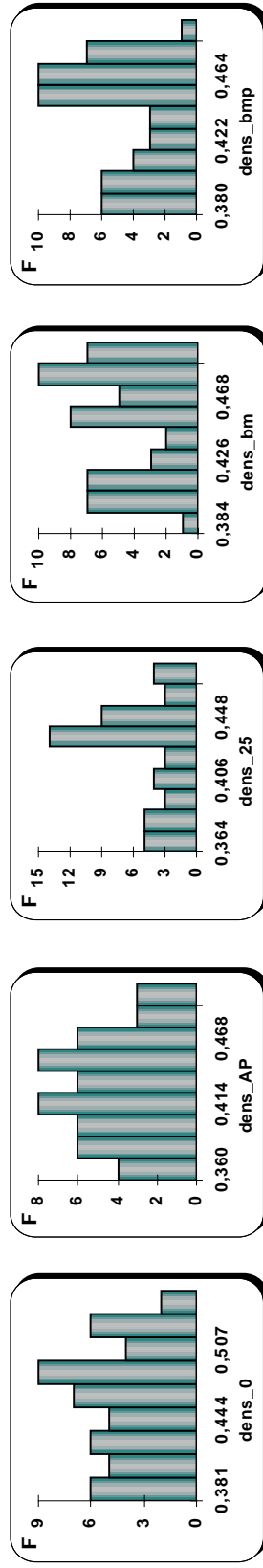
Teste de Normalidade

Valor	0,96355	0,95962	0,98651	0,95940	0,97493
p-valor	0,1253	0,0857	0,8341	0,0839	0,3627

Figura 16 – Valores descritivos e teste de normalidade da densidade básica da madeira à altura do peito, a 0% e 25% da altura do tronco e densidade básica média e média ponderada da madeira para a população de híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*.

E. grandis

Densidade básica da madeira a 0% da altura Densidade básica da madeira à altura do peito Densidade básica da madeira a 25% da altura Densidade básica média ponderada da madeira



N 50
 Md. aritm (g/cm³) 0,4699
 Desv. pad. (g/cm³) 0,0506
 Variância (g/cm³)² 0,0026
 CV – Pearson(%) 10,7611
 Int. conf. (g/cm³) 0,0072

Quantis

0% (g/cm³) 0,3858
 2,5% (g/cm³) 0,3909
 97,5% (g/cm³) 0,5593
 100% (g/cm³) 0,5671
 Amplit. (g/cm³) 0,1812

Teste de Normalidade

Valor 0,96331
 p-valor **0,1223**

Figura 17 – Valores descritivos e teste de normalidade da densidade básica da madeira à altura do peito, a 0% e 25% da altura do tronco e densidade básica média e média ponderada da madeira para a população de *E. grandis*.

7.3 Correlações entre a densidade básica média ponderada da madeira de cada indivíduo e a densidade básica da madeira dos discos amostrados em três pontos ao longo do fuste da árvore

Considerando-se a densidade básica média ponderada da madeira como referência maior da população, conforme já salientado, estudaram-se as correlações entre esse parâmetro e as densidade básicas a 0% e 25% da altura do tronco, à altura do peito e densidade básica média da madeira da árvore. Os valores do coeficiente de correlação de Pearson para as três populações estão apresentados no Quadro 13.

Quadro 13- Correlações com a densidade básica média ponderada da madeira da população

Espécie	Correlações entre a densidade básica média ponderada da madeira e a densidade básica			
	a 0% da altura	à altura do peito	a 25% da altura	média da árvore
<i>E. saligna</i>	0,7282	0,8680	0,9236	0,9689
Híbrido	0,8281	0,9416	0,9618	0,9862
<i>E. grandis</i>	0,9124	0,9144	0,9659	0,9865

Novamente, de acordo com os resultados de correlação apresentados, a densidade básica média da madeira apresentou a melhor correlação com a densidade básica média ponderada da madeira para as três espécies (0,9689 para *E. saligna*, 0,9862 para o híbrido e 0,9865 para *E. grandis*).

Para as três espécies avaliadas a segunda melhor correlação ocorreu com a densidade básica da madeira a 25% da altura do tronco, seguida pela densidade básica da madeira à altura do peito – que também apresentou correlação elevada. A idade das árvores (8 anos) talvez seja o principal fator que levou a esses resultados de correlação. A experiência mostra que, o ponto de amostragem mais representativo da árvore na direção longitudinal do tronco tende a se aproximar do DAP à medida em que a árvore de eucalipto adquire mais idade. Por esse motivo, com 8 anos de idade, a melhor correlação com a

densidade básica média ponderada da madeira ainda é a 25% da altura do tronco. Apesar disso, aspectos de ordem prática inviabilizariam amostragens extensivas da população a essa altura do fuste da árvore, que corresponderia aproximadamente a 7 m.

Dessa forma, considerando-se a análise estatística conduzida e os limitantes de ordem prática, pode-se dizer que, assim como estabelecido por Ferreira (1970) e Brasil et al. (1979), que concluíram que amostras retiradas à altura do peito forneciam resultados representativos da população, no presente trabalho os resultados obtidos para as populações estudadas mostraram que é perfeitamente viável considerar amostras à altura do peito na inferência de valores médios ponderados da população.

Experimentos semelhantes, conduzidos por Downes et al. (1997), levaram a coeficientes de correlação médios da ordem de 85% para as espécies *E. globulus*, *E. regnans* e *E. nitens*.

7.4 Variação da densidade básica da madeira na direção longitudinal

Analisando o comportamento geral da variação da densidade básica da madeira ao longo do fuste da árvore para as populações de *E. saligna* e híbrido (Figuras 18 e 19), pôde-se observar uma diminuição em seu valor até a altura do peito, e a partir desse ponto, uma tendência de aumento até o topo da árvore.

Para *E. grandis*, (Figura 20) a densidade básica da madeira diminuiu até aproximadamente 25% da altura do tronco, aumentando desse ponto em diante. Esse comportamento também foi atestado por Beadle et al. (1996), Lausberg et al. (1995), Purnell (1988) e Downes et al. (1997) – para *E. nitens* – e por Barrichelo et al. (1983), Bhat et al. (1990), Manfredi (1985), Taylor (1973a), Wilkins (1990) e Wilkins & Horne (1991) – para *E. grandis*.

Foi feita uma análise de regressão, que resultou em um modelo polinomial de quarto grau com coeficientes de determinação 0,01, 0,36 e 0,20, respectivamente para *E. saligna*, híbrido e *E. grandis*. Após teste estatístico para análise dos parâmetros β_1 , β_2 , β_3 e β_4 da regressão, o resultado foi significativo para 5% de significância, isto é, todos coeficientes diferem de zero. No entanto, apesar da significância dos parâmetros, por se entender que os modelos encontrados não explicaram satisfatoriamente a variação da

densidade básica da madeira ao longo do fuste da árvore, deve-se proceder um estudo mais detalhado em busca de um modelo mais adequado. Esse estudo consistiria em amostrar de forma mais intensiva entre a base e 25% da altura do tronco – ou pelo menos até a altura do peito – de preferência com repetições, para que a análise de regressão fosse mais confiável. Downes et al. (1997) também defende um cuidado especial no espaçamento entre pontos de amostragem, para que não se tirem conclusões errôneas na avaliação da variação de uma propriedade qualquer.

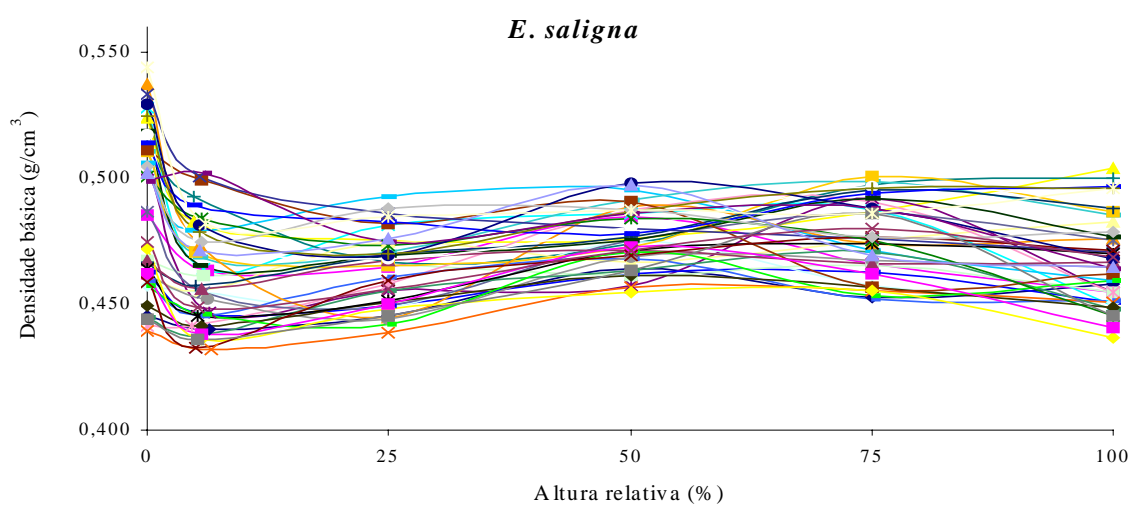


Figura 18 – Variação da densidade básica da madeira ao longo do fuste da árvore, para a população de *E. saligna*

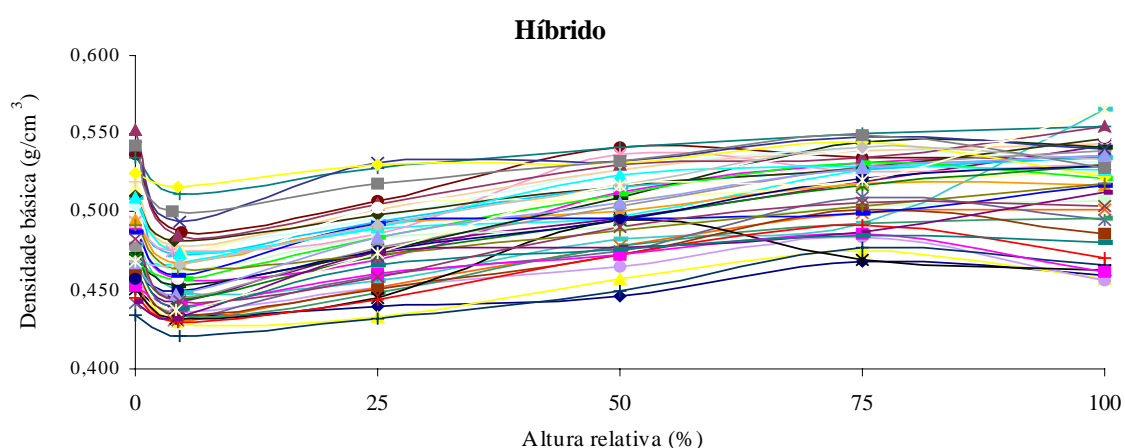


Figura 19 – Variação da densidade básica da madeira ao longo do fuste da árvore, para a população de híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*)

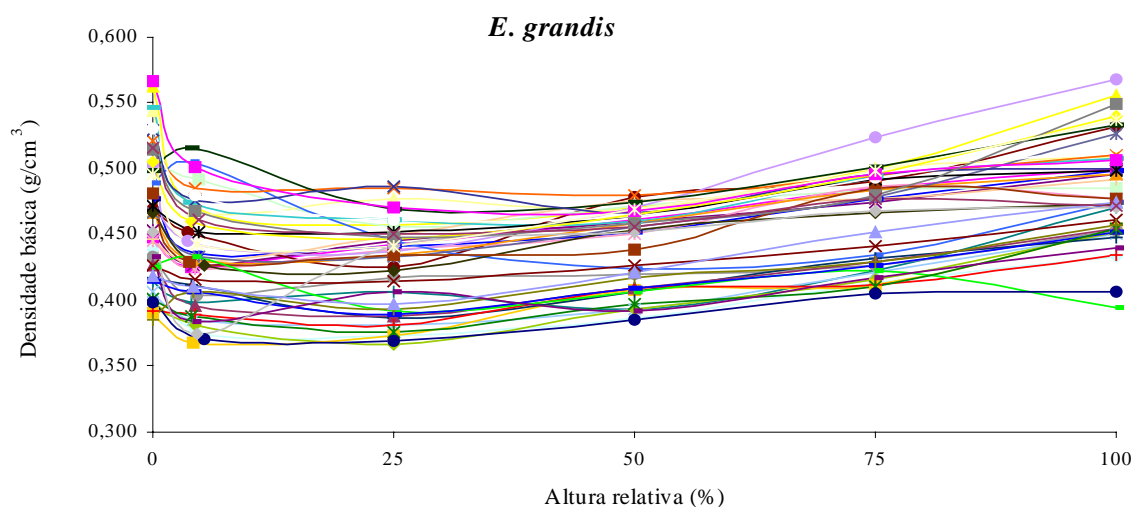


Figura 20 – Variação da densidade básica da madeira ao longo do fuste da árvore, para a população de *E. grandis*

7.5 Precisões observadas depois de efetuada amostragem sistemática utilizando os critérios acidental simples, acidental estratificado por DAP e acidental estratificado por volume

Com a metodologia detalhada no item 6.2.4 foram construídos os gráficos das Figuras 21 a 29, para análise da precisão da amostra em relação à densidade básica média ponderada da madeira da população em função do número de indivíduos amostrados, para cada variável representativa das árvores.

Para facilitar a interpretação da variação da precisão em função do número de indivíduos amostrados plotou-se também, para cada variável representativa da árvore, a reta de precisão média, obtida através do cálculo do módulo da diferença entre os valores médios da densidade básica da madeira da variável representativa das árvores ($\bar{\rho}_0 \cdot \bar{\rho}_{AP}$ ou $\bar{\rho}_{25}$) e o valor médio da densidade básica média ponderada da madeira da árvore ($\bar{\rho}_{bmp}$)

Cada ponto apresentado nos gráficos citados, representou a média aritmética de 1000 resultados de amostragem – 1000 precisões – para cada valor do número de indivíduos amostrados. As precisões médias calculadas para cada 1000 amostras encontraram-se no Apêndice 3

As análises foram conduzidas para os três critérios de amostragem selecionados.

7.5.1 Resultados obtidos quando da aplicação do critério de amostragem acidental simples

As Figuras 21 a 23 ilustraram o comportamento das precisões⁴ para as populações de *E. saligna*, híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*) e *E. grandis*, respectivamente, quando da utilização do critério de amostragem acidental simples.

7.5.1.a) Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de *E. saligna*

A amostragem a 25% da altura do tronco foi, das três alturas amostradas para essa população, a que apresentou melhor precisão, para qualquer número de indivíduos amostrados. A precisão relativa – razão entre a precisão obtida e a densidade básica média ponderada da madeira da população – mínima que pôde ser alcançada para cada uma das alturas amostradas foi de 3,5%, 1,3% e 1,4%, respectivamente, para as amostras retiradas a 0% e 25% da altura do tronco e à altura do peito.

A amostragem à altura do peito também resultou em uma boa precisão, sempre com valores bem próximos daqueles obtidos com a amostragem a 25% da altura. Como a densidade básica da madeira à altura do peito apresentou uma boa correlação com a densidade básica média ponderada (0,8680), pode-se considerar a altura mais indicada para amostragem, nesse caso. Foi possível observar também, que 8 indivíduos amostrados à altura do peito forneceram uma precisão, em média, igual à precisão alcançada por amostras com 6 indivíduos amostrados a 25% da altura do tronco.

Para amostras com 6 a 8 indivíduos, considerando-se a densidade básica da madeira a 25% da altura do tronco e à altura do peito, pôde ser observado que a precisão relativa é praticamente reduzida à metade, se comparada com amostras contendo 2 indivíduos – 3,0% para amostras com 2 indivíduos e 1,6% para amostras com 6 a 8 indivíduos.

⁴ A precisão em termos estatísticos, na realidade indica o desvio em relação a um padrão pré-estabelecido. Portanto, quanto maior o valor numérico da precisão, pior o resultado obtido.

De acordo com a Figura 21, para qualquer das três variáveis representativas da população, amostragens com número de indivíduos superior a 15 não levam a melhorias significativas na precisão.

7.5.1.b) Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de Híbrido

Como ilustrado na Figura 22, as amostragens a 0% e a 25 % da altura do tronco, apresentaram uma boa precisão (abaixo de $0,02 \text{ g/cm}^3$, o que representa uma precisão relativa de aproximadamente 3,5%). Para a densidade básica da madeira a 25% da altura, aumentando-se o tamanho da amostra de 2 para 6 a 8, a precisão foi reduzida em aproximadamente 40%, enquanto para a densidade básica a 0% da altura esse valor foi reduzido à metade. Em contrapartida, as precisões de amostragem para amostras retiradas a 25% da altura, assumiram valores próximos à precisão média da população à partir de amostras com pelo menos 9 indivíduos, o que não ocorreu com as amostras retiradas à 0% da altura – atingiu valores próximos à precisão média da população com amostras contendo pelo menos 20 indivíduos..

Para essa população, a amostragem à altura do peito apresentou, a pior precisão dentre as três alturas amostradas – precisão relativa mínima de 5,7%, enquanto esse valor foi de 1,6% para ρ_{25} e 1,0% para ρ_0 . Apesar desse resultado, devido a elevada correlação existente entre a densidade básica à altura do peito e a densidade básica média ponderada da madeira (0,9416), a precisão pode ser melhorada estimando-se a densidade básica média ponderada a partir da densidade básica à altura do peito – procedimento sugerido por Ferreira (1970).

Ainda com relação às amostras coletadas à altura do peito, a precisão teve pouca variação em função do número de indivíduos amostrados (precisão relativa com valores entre 5,7% e 5,9%). A precisão da amostra igualou-se à precisão média da população, para amostras contendo 6 indivíduos, oscilou com amostras contendo entre 6 e 10 indivíduos e, à partir desse ponto, não mais se alterou permanecendo com a máxima precisão.

7.5.1.c) Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de *E. grandis*

Essa população apresentou valores de precisão bem distintos em relação a cada altura amostrada – salvo em amostras contendo 2 a 4 indivíduos para ρ_{AP} e ρ_{25} –, sendo o melhor resultado observado na amostragem à altura do peito (Figura 23). A máxima precisão foi alcançada com amostras contendo 20 indivíduos para 0% da altura, 15 indivíduos para amostragem a 25% da altura e 30 indivíduos para amostragem à altura do peito. Foi possível notar também que, para amostras com 2 indivíduos, a amostragem a 25% da altura foi mais precisa do que a amostragem à altura do peito e acima de 4 indivíduos a precisão foi melhor para amostragem à altura do peito.

A precisão relativa variou de 1,6% a 5,4% para amostras retiradas à altura do peito e entre 3,4% e 4,9% para amostras coletadas a 25% da altura do tronco.

Concluindo, mesmo não tendo apresentado a melhor correlação com a densidade básica média ponderada da madeira da árvore, as amostras coletadas à altura do peito apresentaram os melhores resultados de precisão para essa população. Em concordância com Brasil et al. (1979), para a população de *E. grandis* estudada, amostras retiradas à altura do peito representam de maneira satisfatória a população.

Anostragem acidental simples - *E. saligna*

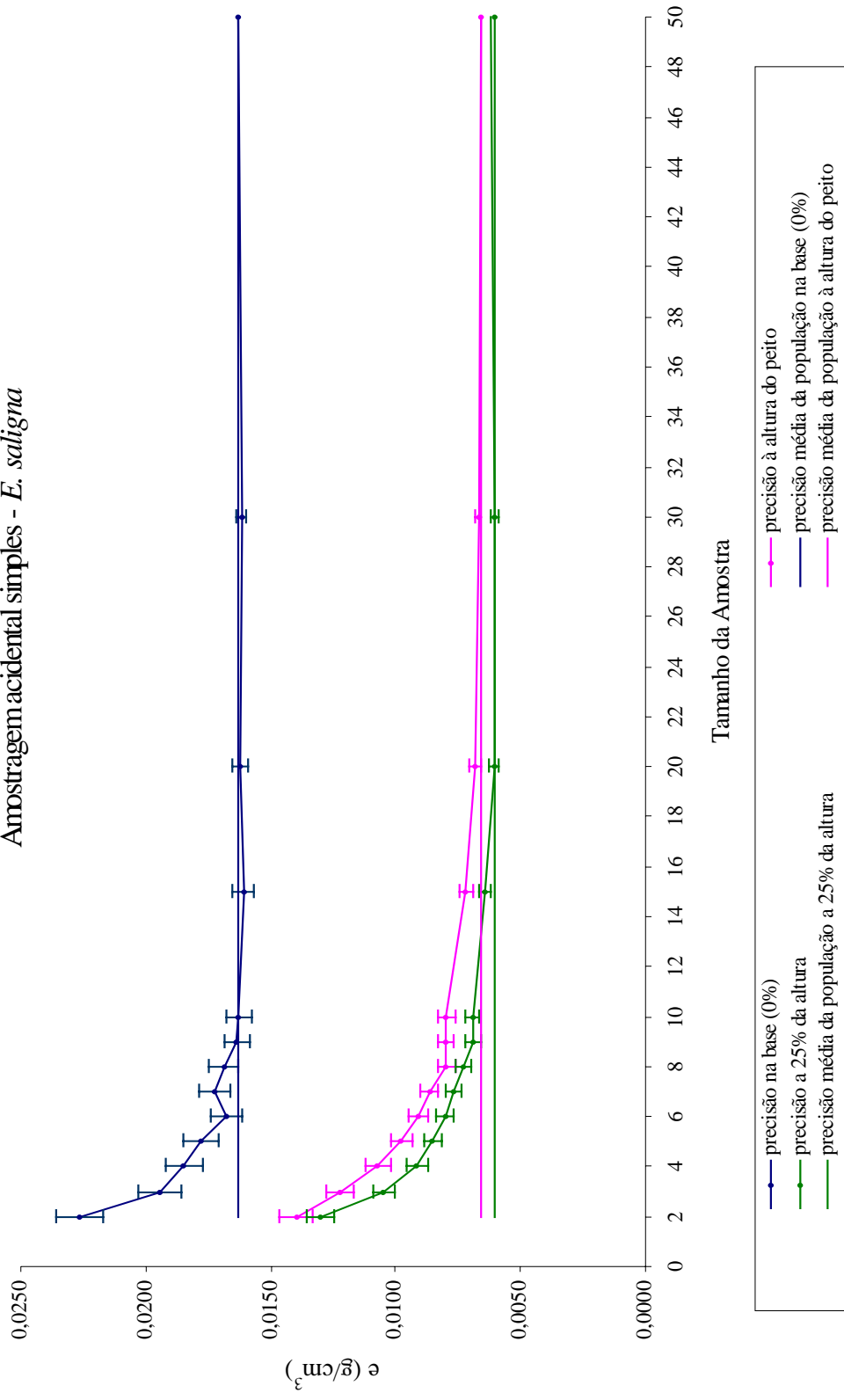


Figura 21 – Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e a 25% da altura do tronco, pelo critério acidental simples – população de *E. saligna*.

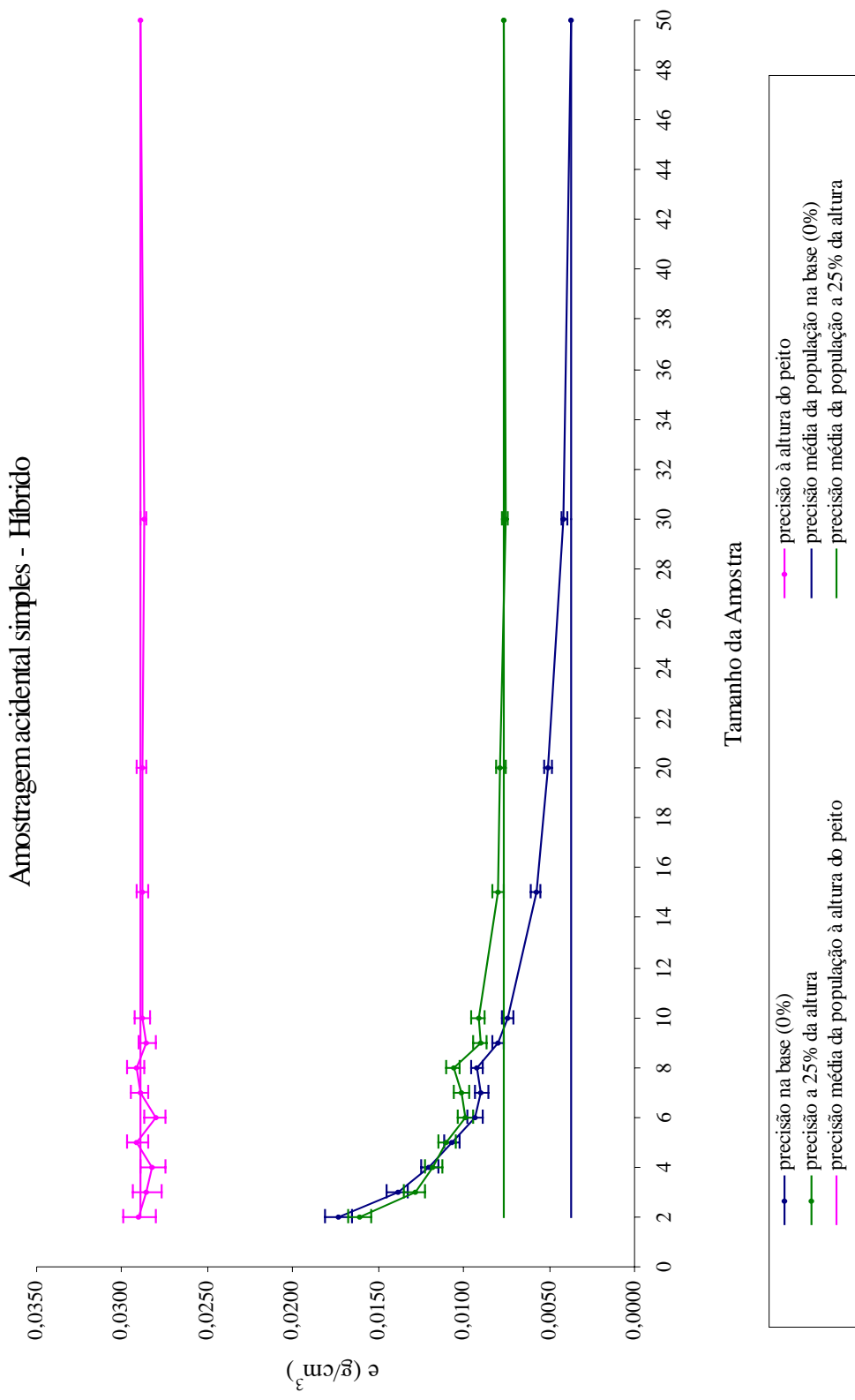


Figura 22 – Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e a 25% da altura do tronco, pelo critério acidental simples – população de híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*).

Amostragem acidental simples - *E. grandis*

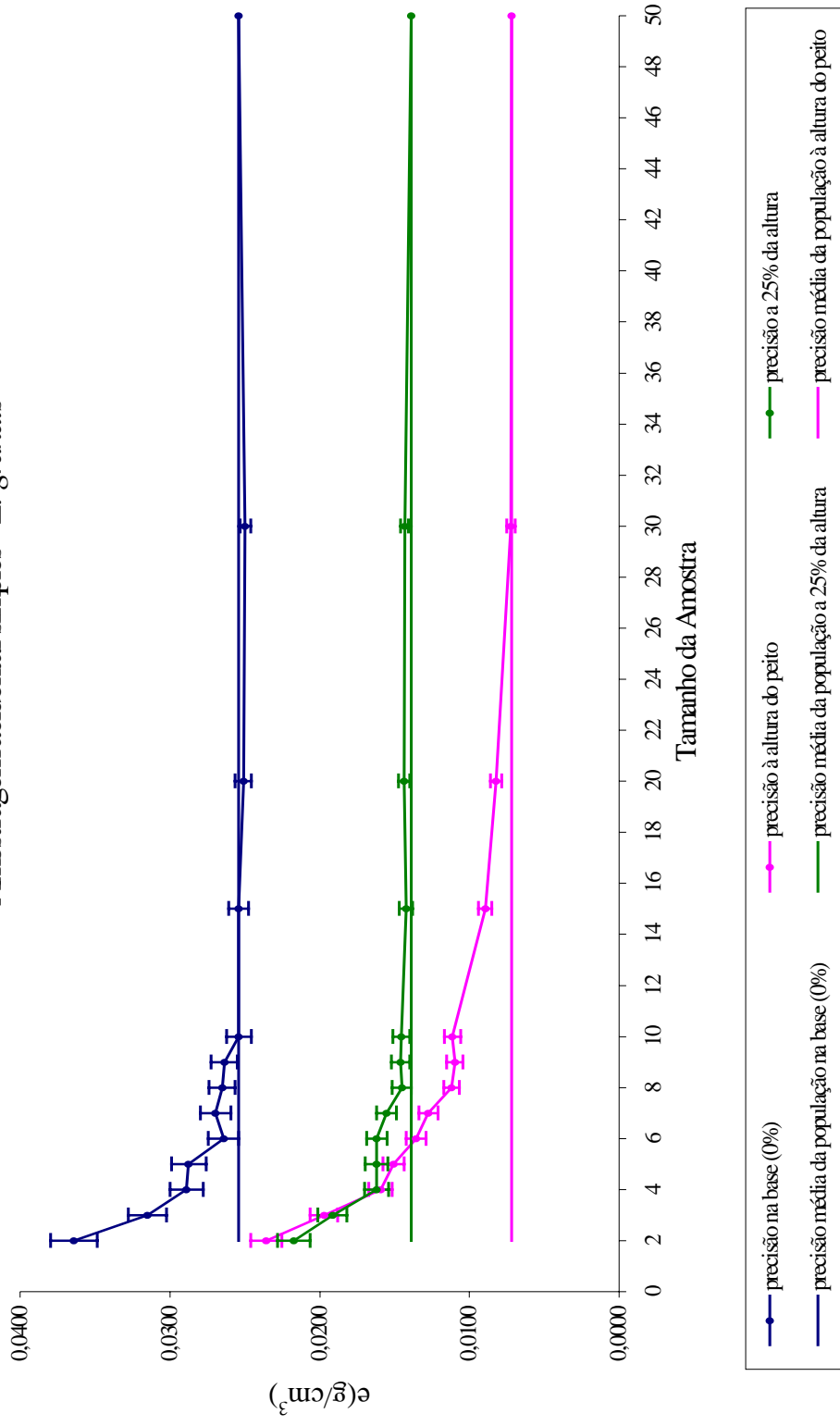


Figura 23 – Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e a 25% da altura do tronco, pelo critério acidental simples – população de *E. grandis*.

7.5.2 Resultados obtidos quando da aplicação do critério de amostragem accidental estratificada por classes de DAP

Esse critério de amostragem foi executado a partir dos resultados apresentados no Quadro 14

Quadro 14- Intervalos utilizados para a estratificação por DAP, frequência e frequência relativa de cada estrato para cada espécie de eucalipto.

Estrato		Espécie		
		<i>E. saligna</i>	Híbrido	<i>E. grandis</i>
DAP inferior (E₁)	Intervalo (cm)	[10,50 ; 13,67]	[16,20 ; 18,47]	[17,35 ; 19,62]
	Frequência	11	13	12
	Freq. relat. (%)	22	26	24
DAP intermediário (E₂)	Intervalo (cm)	] 13,67 ; 16,84 ]	] 18,47 ; 20,73 ]	] 19,62 ; 21,89]
	Frequência	24	32	22
	Freq. relat. (%)	48	64	44
DAP superior (E₃)	Intervalo (cm)	] 16,84 ; 20,00 ]	] 20,73 ; 23,00 ]	] 21,89 ; 24,16]
	Frequência	15	5	16
	Freq. relat. (%)	30	10	32

7.5.2.a) Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de *E. saligna*

Para esse critério de amostragem, em concordância com a Figura 24, a melhor precisão também foi registrada a 25% da altura do tronco para qualquer número de indivíduos amostrados. Para a referida altura, a precisão relativa variou entre 1,0% e 2,1%.

As amostras coletadas à altura do peito apresentaram precisões com valores próximos aos valores obtidos com a amostragem a 25% da altura do tronco (precisão relativa variando entre 1,2% e 2,5%). Pôde-se observar também, que as amostras a essa altura contendo 9 e 10 indivíduos apresentaram, em média, a mesma precisão que as amostras a 25% da altura do tronco com 6 e 8 indivíduos.

As amostras à altura do peito e a 25% da altural, obtiveram sua melhor precisão ao amostrarem 15 indivíduos. Apesar disso, observou-se que, para as referidas alturas, quando o número de indivíduos amostrados aumentou de 2 para 6, a precisão variou em aproximadamente 0,8% (de 2,1% para 1,4% – ρ_{25} – e de 2,5% para 1,7% – ρ_{AP}), apresentando pouca alteração em seu valor, ao se amostrar mais indivíduos.

7.5.2.b) Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de Híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*)

Como demonstrado na Figura 25, nas amostras contendo de 3 a 9 indivíduos, tanto a amostragem a 0% como a amostragem a 25% da altura útil, apresentaram a mesma precisão. A partir desse ponto (amostras com 10, 15 e 20 indivíduos), a amostragem a 25% da altura útil se tornou mais precisa e com 30 indivíduos amostrados, a amostra a 0% da altura útil obteve melhor precisão.

As precisões relativas oscilaram entre 0,25% e 2,6% para amostras retiradas a 0% da altura útil e oscilaram entre 0,6% e 2,5% para amostras retiradas a 25% da altura útil. Amostras retiradas à altura do peito apresentaram uma precisão relativa variando entre 5,4% e 4,6% – valores próximos aos alcançados na amostragem acidental simples.

7.5.2.c) Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de *E. grandis*

As amostras retiradas a 25% da altura útil e à altura do peito apresentaram a mesma precisão quando o número de indivíduos amostrado foi 3 e 4. Para um número maior de indivíduos amostrados, a amostragem à altura do peito apresentou sempre a melhor precisão (Figura 26).

Tanto a amostragem a 25% da altura útil como a amostragem à altura do peito apresentaram a melhor precisão em amostras contendo 20 indivíduos. As amostras retiradas a 0% da altura útil apresentaram sua melhor precisão com 30 indivíduos amostrados.

Pôde-se observar uma melhora acentuada na precisão quando adotou-se uma amostragem contendo 6 a 8 indivíduos. Esse resultado praticamente foi reduzido à metade – passou de 4,4% para 2,7%.

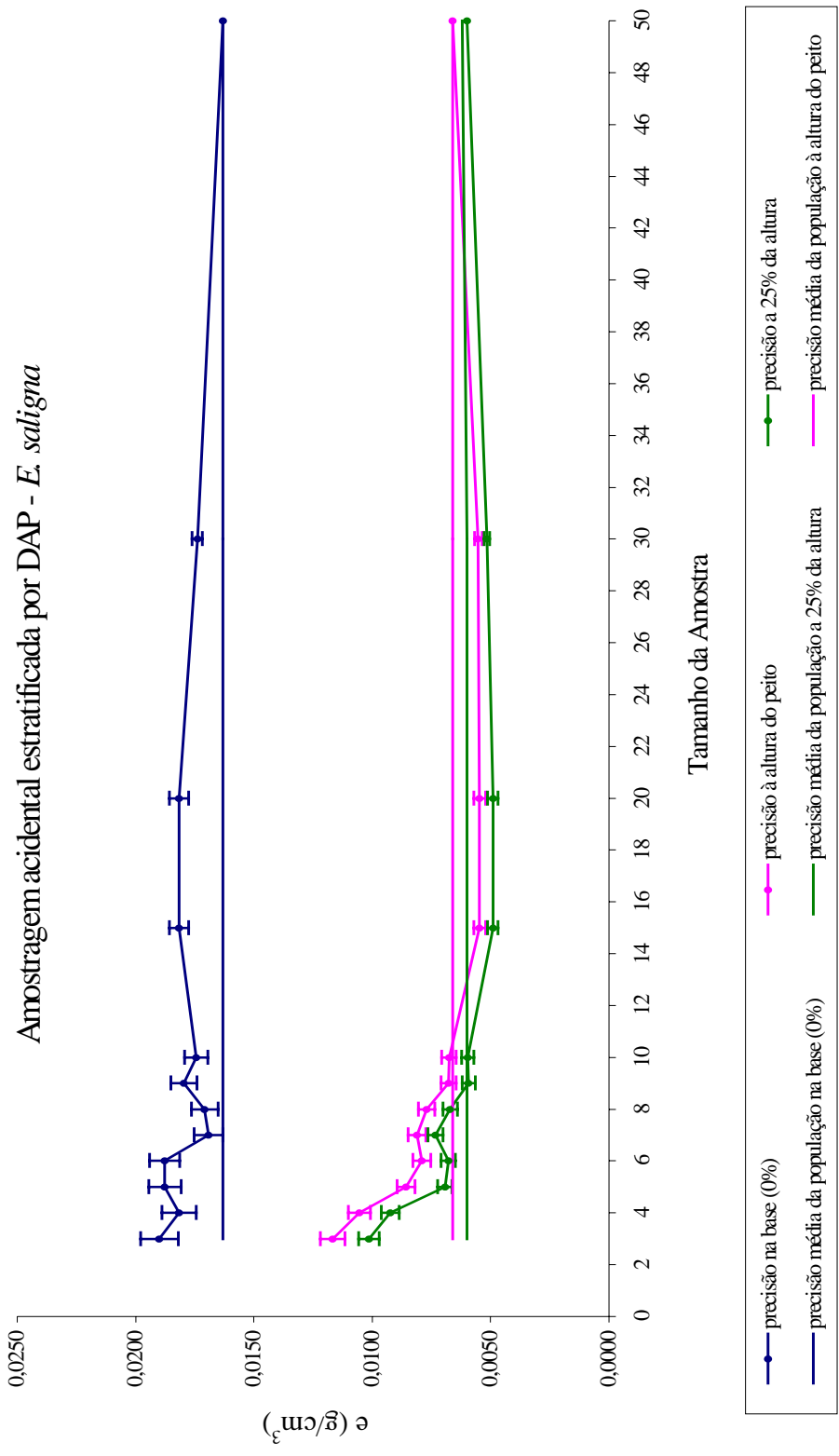


Figura 24 – Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e a 25% da altura do tronco, pelo critério acidental estratificado por classes de DAP – população de *E. saligna*.

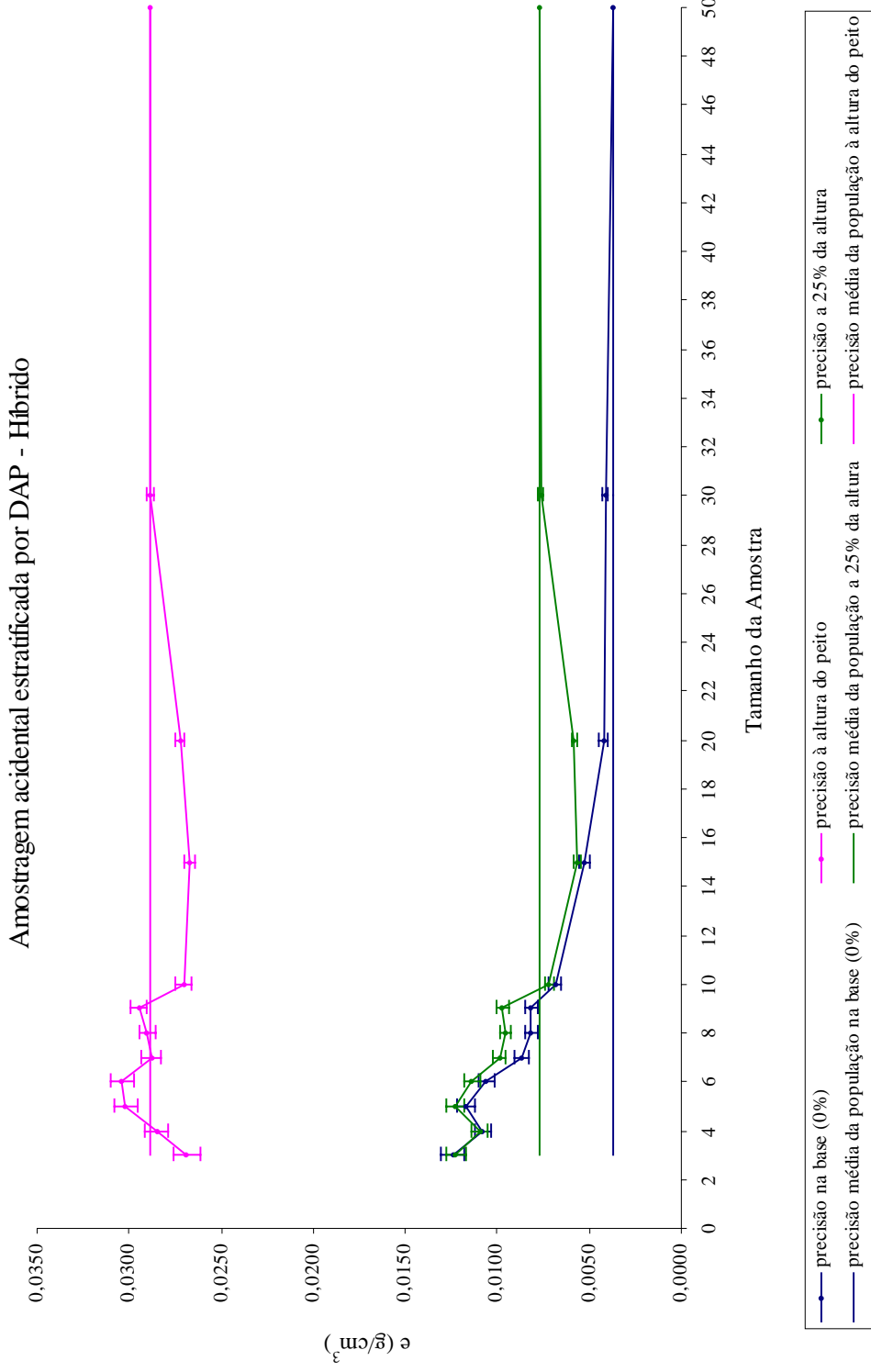


Figura 25 – Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e a 25% da altura do tronco, pelo critério acidental estratificado por classes de DAP – população de híbrido.

Amostragem acidental estratificada por DAP - *E. grandis*

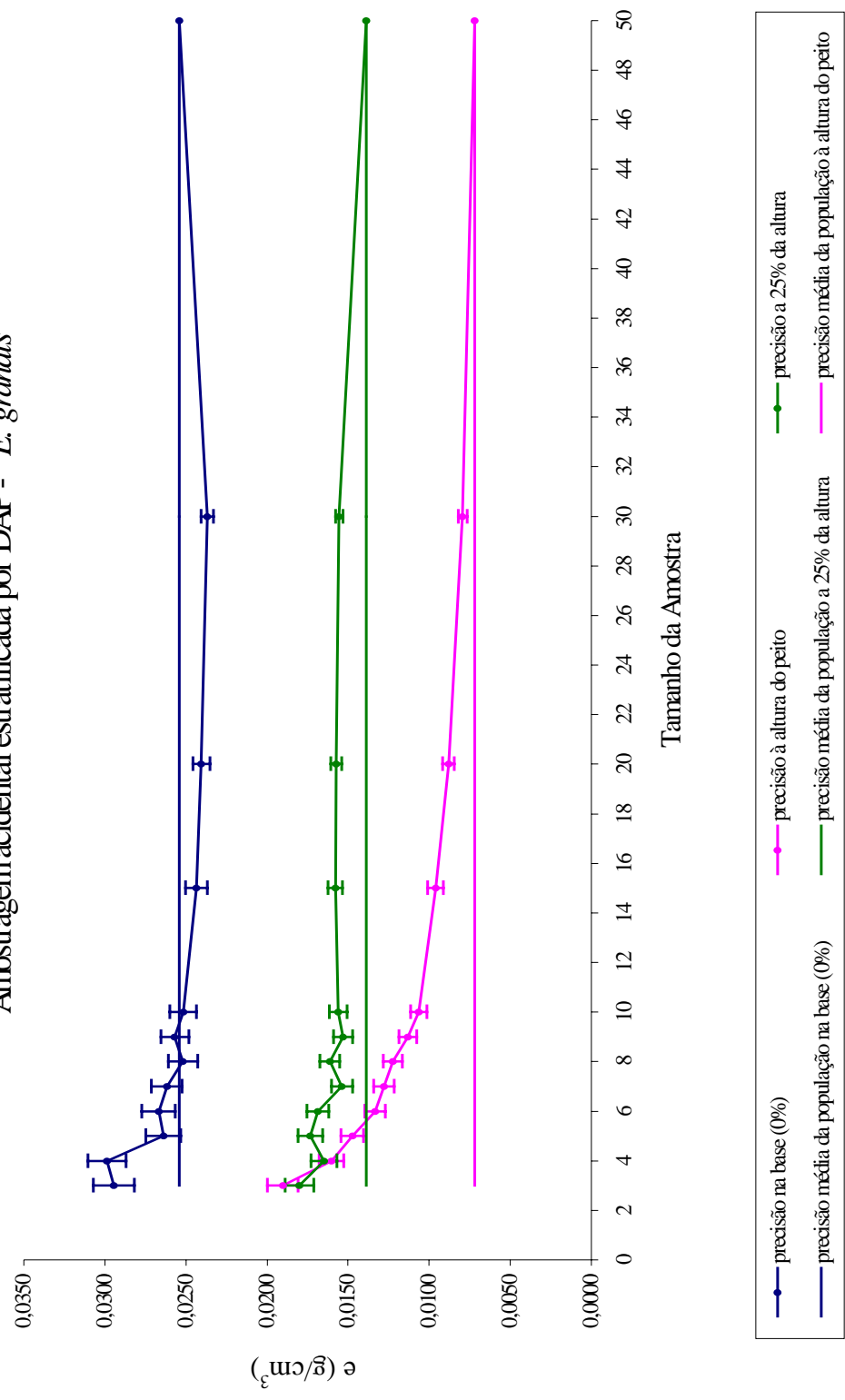


Figura 26 – Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e a 25% da altura do tronco, pelo critério acidental estratificado por classes de DAP – população de *E. grandis*.

7.5.3 Amostragem acidental estratificada por volume

Numa nova estratificação, as populações foram divididas como evidenciado no Quadro 15

Quadro 15- Intervalos utilizados para a estratificação por DAP, frequência e frequência relativa de cada estrato para cada espécie de eucalipto.

Estrato		Espécie		
		<i>E. saligna</i>	Híbrido	<i>E. grandis</i>
Volume Inferior (E ₁)	Intervalo (m ³)	[0,11 ; 0,22]	[0,31 ; 0,42]	[0,31 ; 0,46]
	Frequência	18	12	11
	Freq. relat. (%)	36	24	22
Volume Intermediário (E ₂)	Intervalo (m ³)	] 0,22 ; 0,33 ]	] 0,42 ; 0,53 ]	] 0,46 ; 0,61]
	Frequência	25	31	18
	Freq. relat. (%)	50	62	36
Volume Superior (E ₃)	Intervalo (m ³)	] 0,33 ; 0,44 ]	] 0,53 ; 0,64 ]	] 0,61 ; 0,76]
	Frequência	7	7	21
	Freq. relat. (%)	14	14	42

7.5.3.a) Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de *E. saligna*

Para os três níveis amostrados, a variação da precisão assumiu um comportamento muito próximo ao observado na amostragem acidental estratificada por DAP. As amostras retiradas a 25% da altura do tronco apresentaram a melhor precisão dentre os três níveis amostrados (Figura 27).

As amostras retiradas a 25% da altura e à altura do peito apresentaram uma variação significativa em sua precisão ao se aumentar o número de indivíduos amostrados de 2 para 6 – a precisão variou de 2,3% para 1,4% – que não foi verificado ao se aumentar o número de indivíduos amostrados para 15.

Os melhores resultados de precisão obtidos aconteceram em amostras com 10, 15 e 20 indivíduos retirados, respectivamente a 0% e a 25% da altura do tronco e à altura do peito.

7.5.3.b) Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de Híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*)

As curvas representativas das amostras retiradas a 0% e 25% da altura do tronco se confundem para um número entre 3 e 7 indivíduos amostrados. A partir de 8 indivíduos amostrados, as amostras retiradas a 0% da altura apresentaram melhor precisão (Figura 28).

Ainda com relação aos pontos amostrados a 0% da altura do tronco, nota-se que a precisão relativa teve seu valor reduzido de 2,7% para 1,7%, quando o número de indivíduos amostrados aumentou de 3 para 8.

7.5.3.c) Avaliação do comportamento das precisões médias com amostras de *E. grandis*

Também para esse critério de amostragem, as amostras retiradas à altura do peito apresentaram a melhor precisão. Para amostras com até 5 indivíduos a precisão é praticamente a mesma entre amostras retiradas à altura do peito e amostras retiradas a 25% da altura do tronco (Figura 29).

Para amostras retiradas a 25% da altura, a precisão se manteve praticamente constante quando do aumento gradativo do número de indivíduos amostrados de 7 para 30.

As amostras retiradas à altura do peito apresentaram um comportamento diferente. Para um número de indivíduos amostrados variando de 3 a 20, ocorreu uma melhora gradativa na precisão.

A precisão média da população, para cada nível amostrado, foi alcançada em amostras com 10 indivíduos para as densidades básicas a 0% da altura, 15 indivíduos para as densidades básicas a 25% da altura e 30 indivíduos para as densidades básicas à altura do peito. Em contrapartida, as amostras retiradas à altura do peito tiveram sua precisão relativa variando de 4,1% para 2,4% quando o número de indivíduos amostrados variou de 3 para 10, o que não se verificou com as outras alturas amostradas.

Amostragem acidental estratificada por volume - *E. saligna*

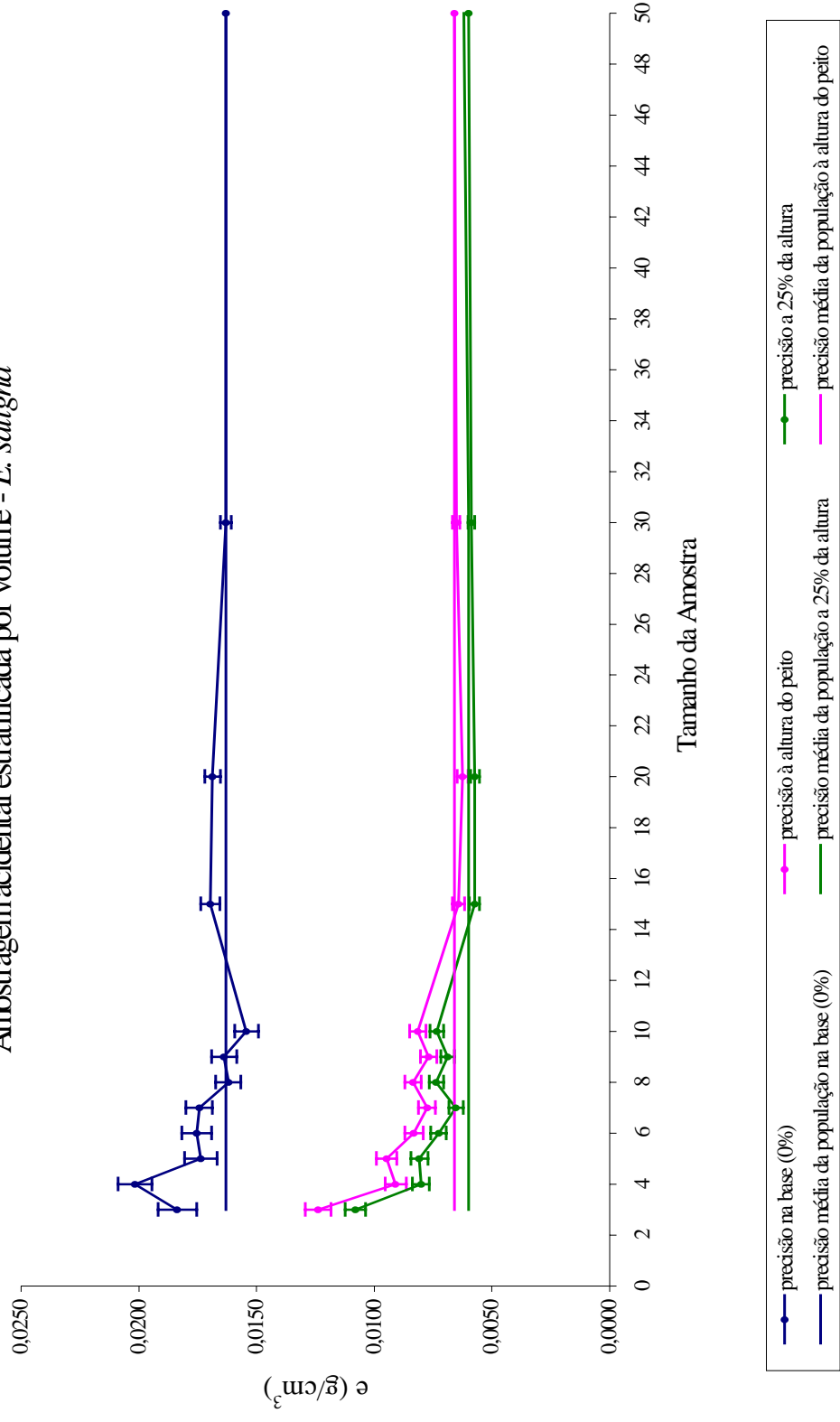


Figura 27 – Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e a 25% da altura do tronco, pelo critério acidental estratificado por classes de volume – população de *E. saligna*.

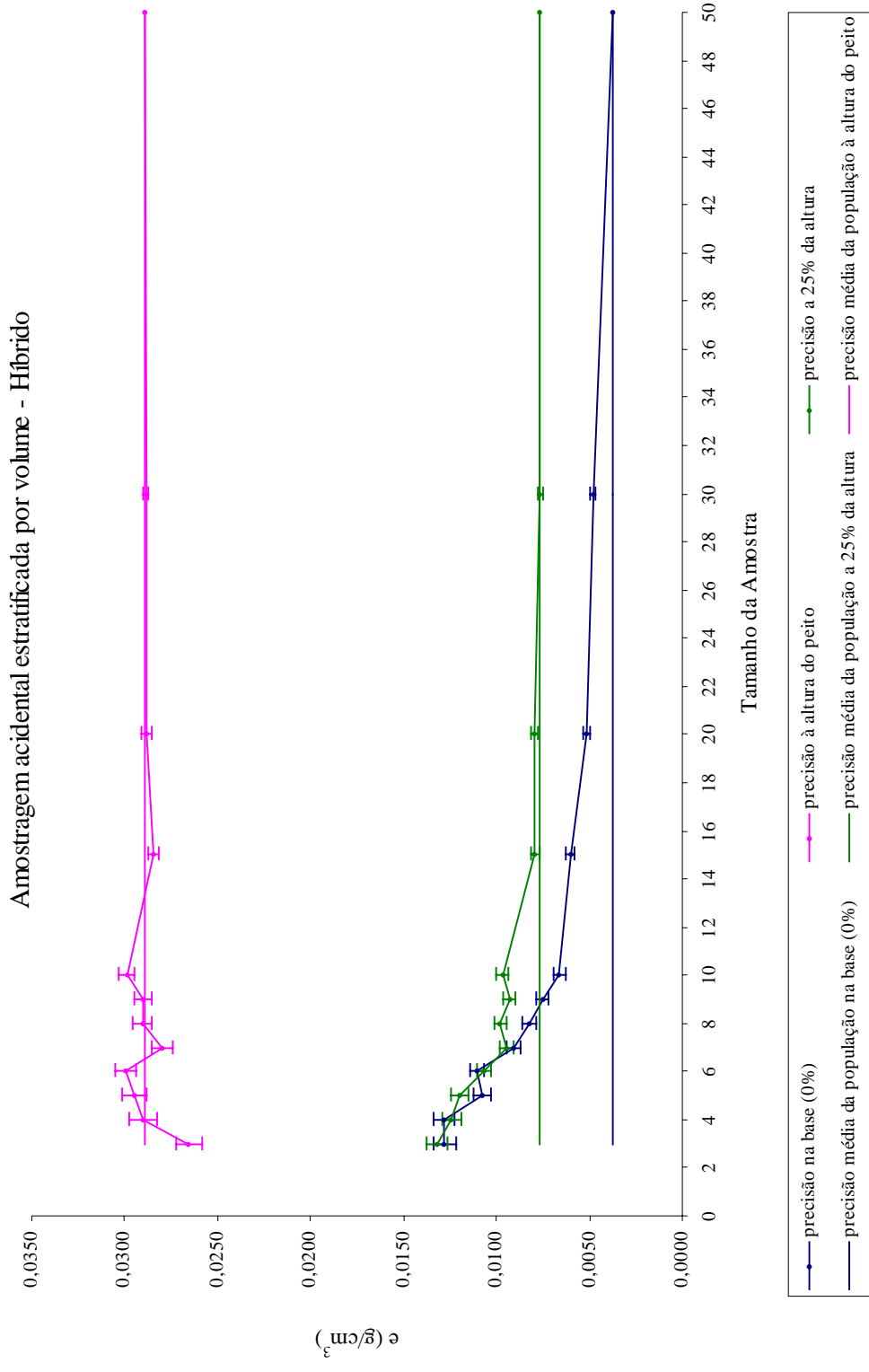


Figura 28 – Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e a 25% da altura do tronco, pelo critério acidental estratificado por classes de volume – população de híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*).

Amostragem acidental estratificada por volume - *E. grandis*

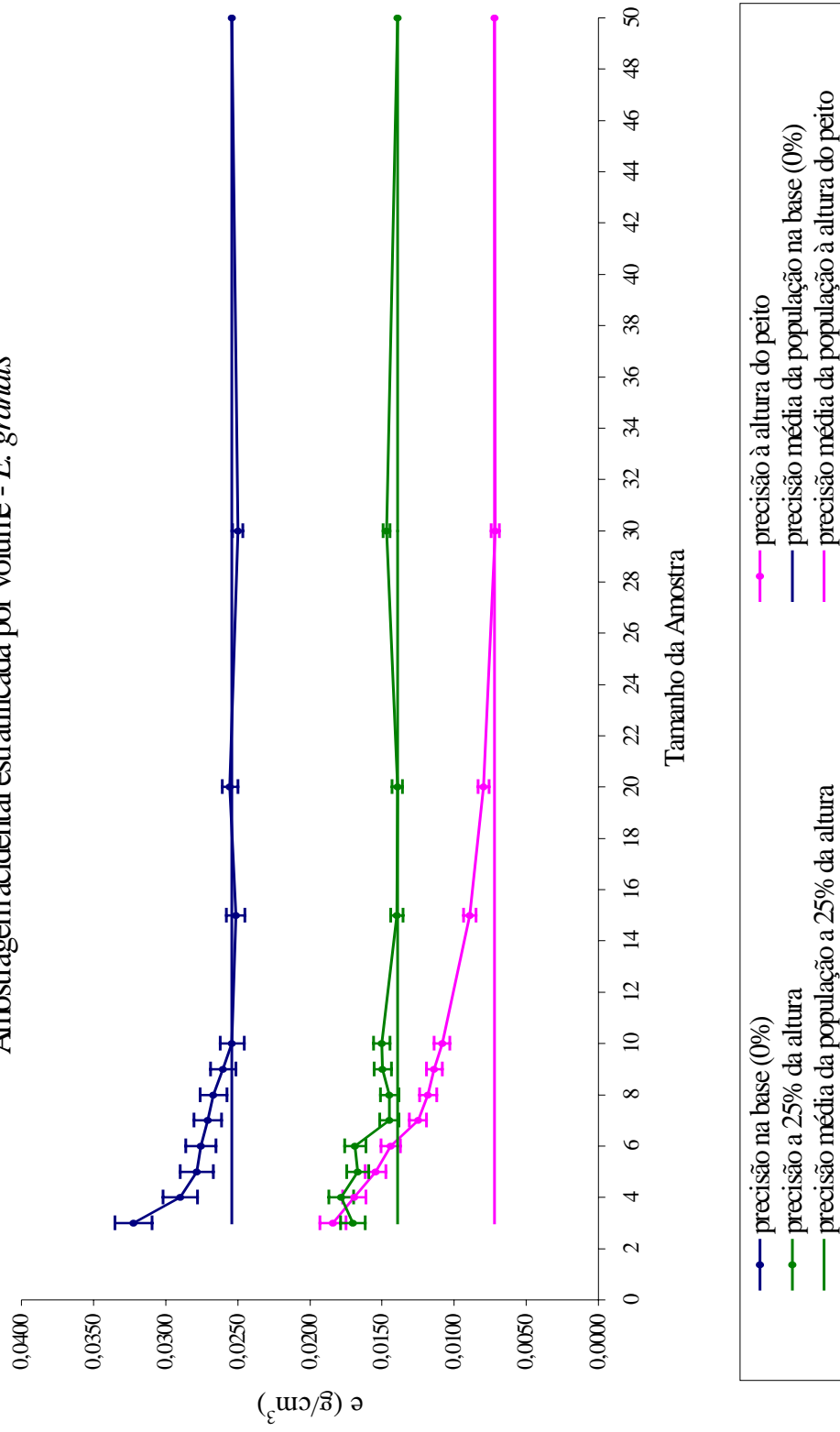


Figura 29 – Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito, a 0% e a 25% da altura do tronco, pelo critério acidental estratificado por classes de volume – população de *E. grandis*.

Da análise conduzida neste item, excluindo-se a população de híbrido, nota-se que as amostragens que melhor precisão forneceram na estimativa da densidade básica média ponderada da população foram à altura do peito e à 25% da altura útil da árvore. Particularmente para a população de *E. grandis* a amostragem à altura do peito foi sempre a melhor, independentemente do critério de amostragem adotado.

Além disso, a despeito das melhores precisões terem sido obtidas com tamanho amostral em torno de 15 indivíduos, amostras com tamanho variando de 6 a 8 indivíduos repercutiram, no geral, em melhorias significativas da precisão inicialmente obtida com 2 ou 3 indivíduos.

Para ilustrar o que se acabou de afirmar, o Quadro 16 apresenta os valores de precisão média e intervalo de confiança da média para amostras contendo 2, 3, 6, 8 e 15 indivíduos.

Quadro 16- Valores de precisão média e intervalo de confiança da média para amostras retiradas a 0% e 25% da altura do tronco e à altura do peito, de acordo com o número de indivíduos amostrados.

Item	Parâmetro característico	n*	Precisão e intervalo de confiança (g/cm ³)		
			<i>E. saligna</i>	Híbrido	<i>E. grandis</i>
7.5.1	0%	2	0,0226 (± 0,009)	0,0173 (± 0,008)	0,0364 (± 0,016)
		6	0,0168 (± 0,006)	0,0093 (± 0,004)	0,0264 (± 0,010)
		8	0,0169 (± 0,006)	0,0092 (± 0,004)	0,0265 (± 0,009)
		15	0,0161 (± 0,004)	0,0058 (± 0,003)	0,0254 (± 0,007)
	AP**	2	0,0140 (± 0,006)	0,0290 (± 0,009)	0,0236 (± 0,010)
		6	0,0091 (± 0,004)	0,0281 (± 0,006)	0,0135 (± 0,007)
		8	0,0080 (± 0,004)	0,0292 (± 0,005)	0,0112 (± 0,005)
		15	0,0072 (± 0,003)	0,0288 (± 0,003)	0,0089 (± 0,004)
	25%	2	0,0130 (± 0,005)	0,0161 (± 0,007)	0,0217 (± 0,011)
		6	0,0080 (± 0,003)	0,0099 (± 0,005)	0,0162 (± 0,007)
		8	0,0073 (± 0,003)	0,0106 (± 0,004)	0,0145 (± 0,006)
		15	0,0064 (± 0,002)	0,0080 (± 0,003)	0,0142 (± 0,005)

Quadro 16- Valores de precisão média e intervalo de confiança da média para amostras retiradas a 0% e 25% da altura do tronco e à altura do peito, de acordo com o número de indivíduos amostrados, continuação.

Item	Parâmetro característico	n*	Precisão e intervalo de confiança (g/cm ³)		
			<i>E. saligna</i>	Híbrido	<i>E. grandis</i>
7.5.2	0%	3	0,0190 (± 0,008)	0,0124 (± 0,006)	0,0295 (± 0,013)
		6	0,0188 (± 0,006)	0,0106 (± 0,004)	0,0267 (± 0,010)
		8	0,0171 (± 0,006)	0,0082 (± 0,003)	0,0252 (± 0,009)
		15	0,0182 (± 0,004)	0,0053 (± 0,003)	0,0243 (± 0,007)
	AP	3	0,0117 (± 0,005)	0,0269 (± 0,007)	0,0190 (± 0,009)
		6	0,0079 (± 0,004)	0,0304 (± 0,006)	0,0134 (± 0,006)
		8	0,0077 (± 0,003)	0,0290 (± 0,005)	0,0122 (± 0,006)
		15	0,0055 (± 0,002)	0,0267 (± 0,003)	0,0096 (± 0,005)
	25%	3	0,0101 (± 0,004)	0,0122 (± 0,005)	0,0180 (± 0,009)
		6	0,0068 (± 0,003)	0,0114 (± 0,004)	0,0169 (± 0,007)
		8	0,0067 (± 0,003)	0,0096 (± 0,003)	0,0161 (± 0,006)
		15	0,0049 (± 0,002)	0,0056 (± 0,002)	0,0158 (± 0,005)
7.5.3	0%	3	0,0184 (± 0,008)	0,0128 (± 0,006)	0,0322 (± 0,013)
		6	0,0175 (± 0,006)	0,0110 (± 0,004)	0,0275 (± 0,011)
		8	0,0162 (± 0,005)	0,0082 (± 0,004)	0,0267 (± 0,009)
		15	0,0170 (± 0,004)	0,0060 (± 0,002)	0,0251 (± 0,006)
	AP	3	0,0124 (± 0,005)	0,0265 (± 0,007)	0,0184 (± 0,009)
		6	0,0083 (± 0,004)	0,0300 (± 0,006)	0,0144 (± 0,007)
		8	0,0083 (± 0,003)	0,0291 (± 0,005)	0,0118 (± 0,006)
		15	0,0064 (± 0,003)	0,0284 (± 0,003)	0,0089 (± 0,004)
	25%	3	0,0108 (± 0,004)	0,0132 (± 0,005)	0,0170 (± 0,009)
		6	0,0073 (± 0,003)	0,0107 (± 0,004)	0,0169 (± 0,007)
		8	0,0074 (± 0,003)	0,0098 (± 0,004)	0,0145 (± 0,006)
		15	0,0057 (± 0,002)	0,0079 (± 0,002)	0,0140 (± 0,004)

Considerando-se os resultados obtidos e a maior facilidade de obtenção de amostras à altura do peito, nas análises seguintes a discussão será conduzida tomando-se exclusivamente amostragens a essa altura.

7.6 Comparação entre os critérios de amostragem

As Figuras 30 a 32 ilustraram para as três populações estudadas, a variação da precisão para os três critérios de amostragem, quando a variável representativa das

árvores foi a densidade básica à altura do peito. Gráficos semelhantes para as densidades básicas a 0% e 25% da altura foram apresentados no Apêndice 4.

7.6.1 Resultados obtidos com amostras de *E. saligna*

Analisando comparativamente os três critérios utilizados, apenas em amostras com 3 indivíduos todos os critérios apresentam a mesma precisão. Para amostras com 4 indivíduos o critério mais preciso foi a amostragem acidental estratificada por volume. Em amostras contendo pelo menos 5 indivíduos o melhor critério foi o de amostragem acidental estratificada por DAP, exceto em amostras com 7 indivíduos, onde o melhor critério foi o estratificado por volume.

O melhor resultado obtido nos três critérios de amostragem ocorreu em amostras com 15 indivíduos. O melhor critério, nesse caso, foi o de amostragem acidental estratificada por DAP seguido do critério de amostragem acidental estratificada por volume.

7.6.2 Resultados obtidos com amostras de Híbrido

Para a população de híbrido as amostras com até 6 indivíduos apresentaram um erro padrão elevado (Figura 31). Esse fator que dificultou a comparação entre os três critérios, pois os mesmos apresentaram precisões com valores próximos, com exceção à amostragem acidental simples com 6 indivíduos, que obteve a melhor precisão entre os três critérios estudados.

Apenas nas amostragens com mais de 9 indivíduos definiu-se o critério acidental estratificado por DAP, como sendo o mais preciso entre os três critérios avaliados e ainda, para amostras com 15 indivíduos foi verificada a melhor precisão alcançada.

7.6.3 Resultados obtidos com amostras de *E. grandis*

Com essa população se pôde observar a maior uniformidade entre as precisões alcançadas nos três critérios de amostragem avaliados. Qualquer que seja o número de indivíduos amostrados os três critérios apresentaram precisões foram praticamente iguais. A melhora

na precisão teve um aumento gradativo à medida em que se aumentou o número de indivíduos amostrados. Praticamente não houve oscilação na precisão.

A melhor precisão observada para amostragem estratificada por DAP ocorreu em amostras com 20 indivíduos. Para os outros dois critérios, a melhor precisão foi alcançada em amostras contendo 30 indivíduos. Todavia, a diferença entre esses valores de precisão foi da ordem de $0,006 \text{ g/cm}^3$, o que pode ser considerado desprezível, visto que normalmente são utilizadas duas casas decimais para valores de densidade básica. Concluindo, para a população de *E. grandis*, os três critérios se equivalem em termos de precisão.

Da análise comparativa final para os três critérios de amostragem estudados avaliou-se que, no geral, a amostragem acidental estratificada por DAP foi a que forneceu melhor precisão na estimativa da densidade básica média ponderada da população.

Particularmente para a população de *E. grandis* as diferenças de precisão observadas entre os três critérios não foram muito significativas.

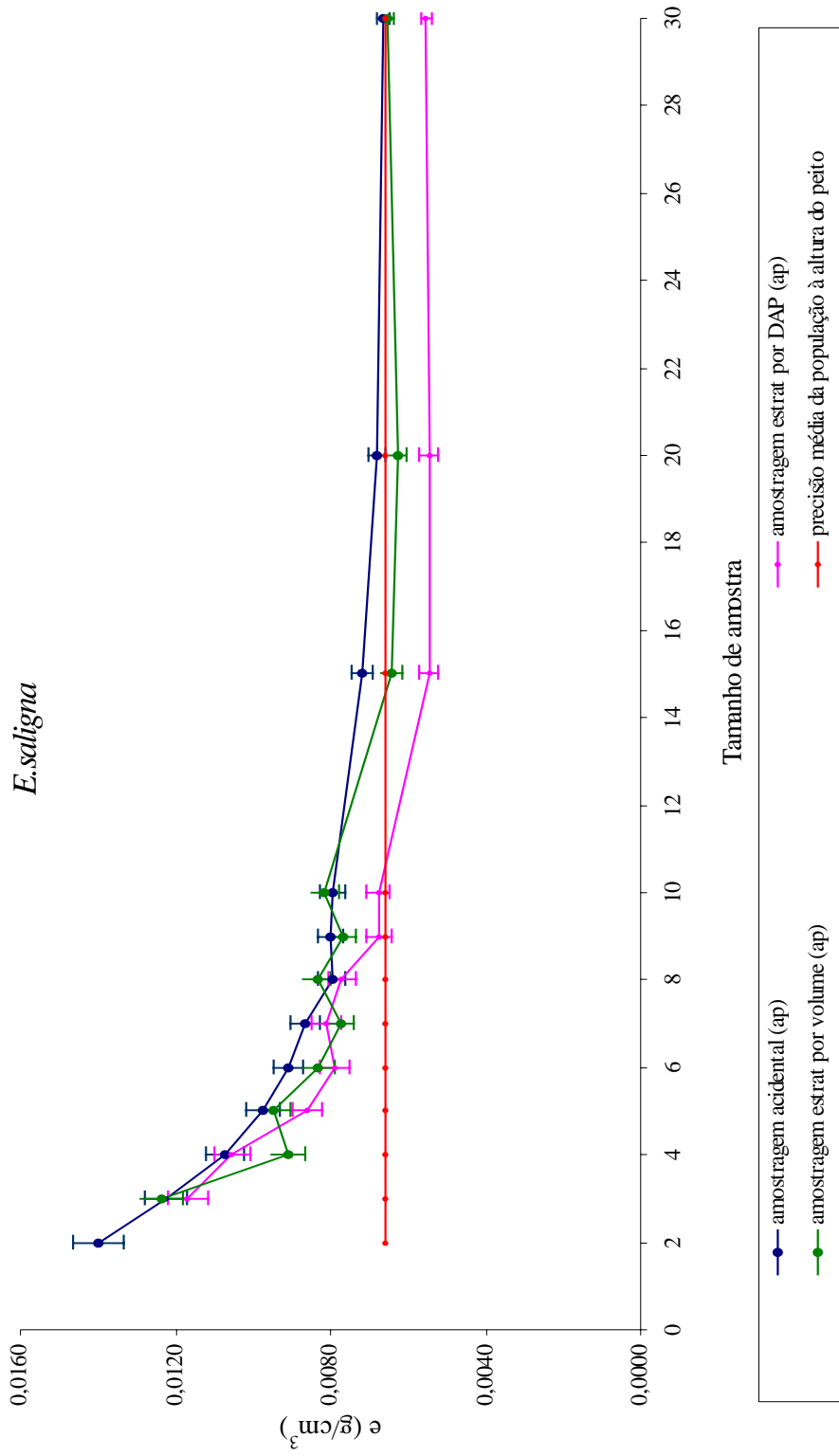


Figura 30 – Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de *E. saligna*.

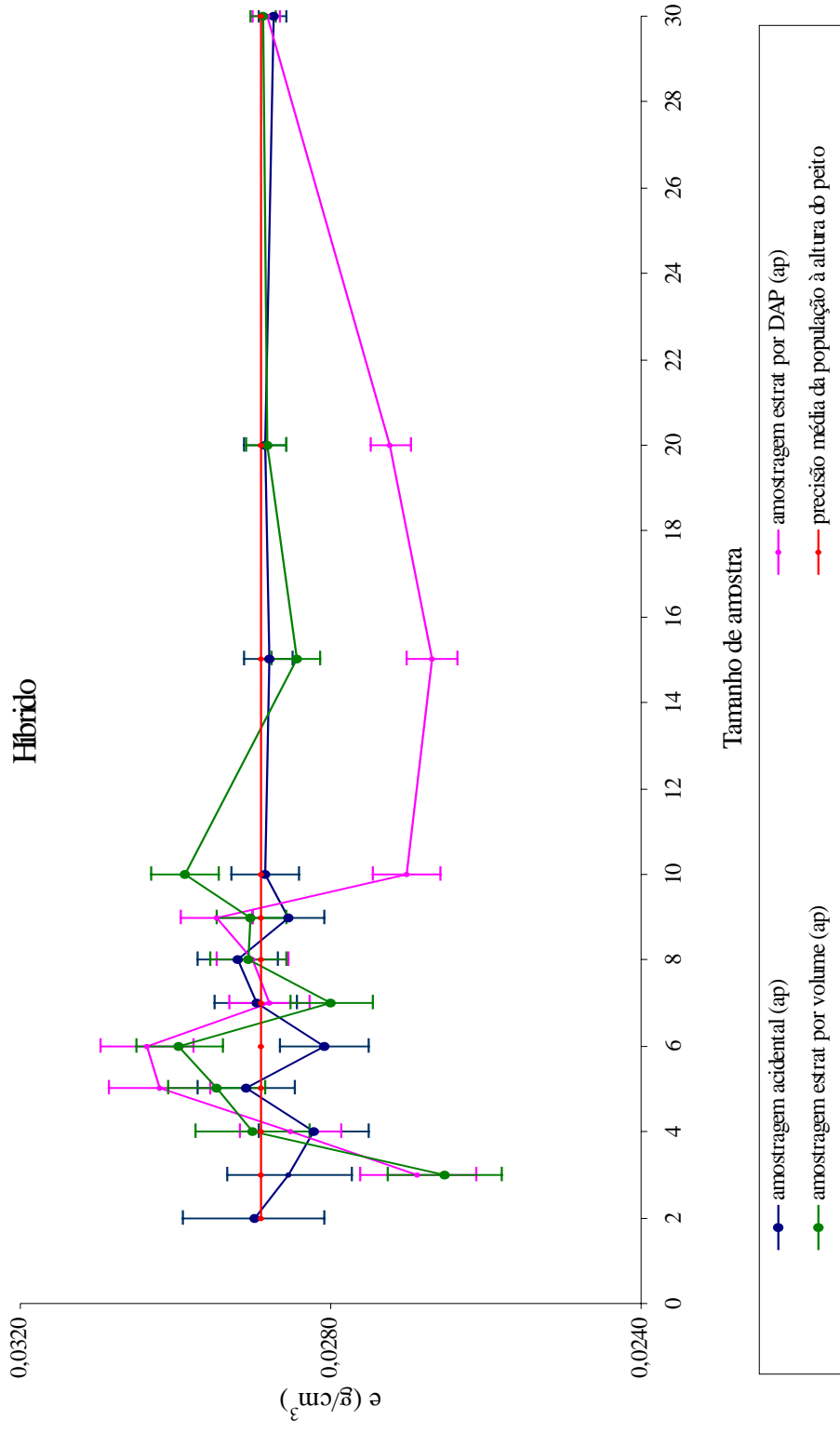


Figura 31 – Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de Híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*).

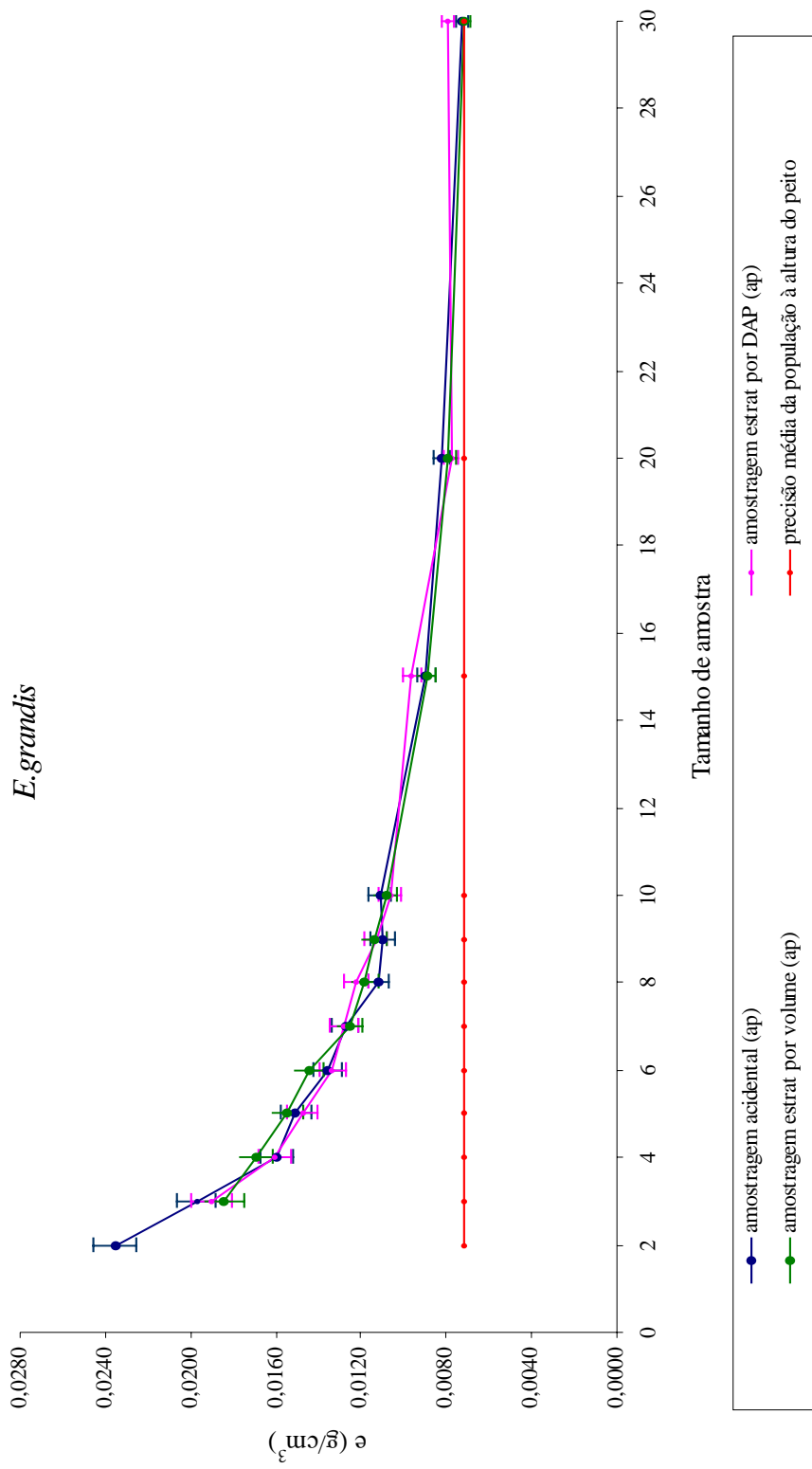


Figura 32 – Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas à altura do peito para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por volume – para a população de *E. grandis*.

8 CONCLUSÕES

Dentro dos condicionantes estabelecidos neste estudo, as seguintes conclusões puderam ser estabelecidas:

- as amostragens que melhor precisão forneceram na estimativa da densidade básica média ponderada da madeira das populações de *E. grandis* e *E. saligna* foram aquelas à altura do peito e a 25% da altura do tronco;
- as amostragens que melhor precisão forneceram na estimativa da densidade básica média ponderada da madeira da população do Eucalipto híbrido (*E grandis* x *E. urophylla*) foram aquelas tomadas a 0% e 25% da altura do tronco;
- para as três populações estudadas, considerando-se, no geral, os três critérios de amostragem adotados, a precisão obtida na inferência da densidade básica média ponderada madeira da população foi sempre próxima da máxima precisão alcançada para tamanhos amostrais de 15 indivíduos;
- amostras da população com tamanho variando de 6 a 8 indivíduos repercutiram, no geral, em melhorias significativas da precisão inicialmente obtida com amostras contendo 2 ou 3 indivíduos;
- as melhores precisões obtidas para cada uma das populações estudadas foram com 20

indivíduos amostrados para a população de Eucalipto híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*), 15 indivíduos amostrados para a população de *E. saligna* e 20 indivíduos amostrados para a população de *E. grandis*, todos os resultados sendo obtidos com amostragem acidental estratificada por DAP.

Na continuidade dos estudos entende-se como prioritário a condução de trabalhos semelhantes considerando-se, também, propriedades mecânicas da madeira.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, O.M. Sampling criteria for determination of physical properties of Gurjan (*Dipterocarpus pilosus*) for East Pakistan. *Commonwealth Forestry Rev.*, v. 43 (3), n. 117, 1964.

AMERICAN STANDARDS FOR TESTING AND MATERIALS. *Practice for sampling forest tree for determination of clear wood properties*. (ASTM D5536-94). Annual book of ASTM Standards, v. 04.10. Wood, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Métodos de ensaios para o estudo de madeiras nacionais* (MB-26). Rio de Janeiro: ABNT, 1965.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira* (NBR7190/1982). Rio de Janeiro, ABNT, 1982.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto de estruturas de madeira* (NBR 7190). Rio de Janeiro, ABNT, 1997, 107 p.
- BAMBER, R.K., HUMPHREYS, F.R. A preliminary study of some wood properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. *Journal of the Institute of Wood Science*, v. 11, p. 66-70, 1963.
- BAMBER, R.K., FLOYD, A.G., HUMPHREYS, F.R. Wood properties of flooded gum. *Australian Forestry*, v. 33, p. 3-12, 1969.
- BAMBER, R.K., HORNE, R., GRAHAM-HIGGS, A. Effect of fast growth on the wood properties of *Eucalyptus grandis*. *Australian Forest Research*, v. 12, p. 163-167, 1982.
- BARRICHELO, L.E.G., BRITO, J.O. Madeira de *Eucalyptus* como matéria prima para indústria de celulose e papel. *PRODEPEF*, v. 13, 1976. 145p.
- BARRICHELO, L.E.G., BRITO, J.O., MAGLIORINI, A.J. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. *Silvicultura*, v. 28, p. 726-731, 1983.
- BEADLE, C.L., TURNBULL, C.R.A., DEAN, G.H. Environment effects on growth and kraft pulp yield of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*. *Appita Journal*, v. 49, p. 239-242, 1996.
- BENDTSEN, B.A., RATTNER, F. Method for determining sample size when deriving tolerance limits for a species. *Mater. Res. and Stand*, v. 9, n. 6, 1969.
- BENDTSEN, B.A., FREESE, F., ETHINGTON, R. L. A forest sampling method for wood strength. *Forest Products Journal*, v. 20, n.11, p.38-47, 1970.
- BHAT, K.M., BHAT, K.V., DHAMODARAN, T.K. Wood density and fiber length of *Eucalyptus grandis* grown in Kerala, India. *Wood and Fiber Science*, v. 22, p. 54-61, 1990.
- BODIG, J., JAYNE, B.A. *Mechanics of wood and wood composites*. Malabar: Krieger, 1993. 712p.
- BRASIL, M.A.M., VEIGA, R.A.A., FERREIRA, M. Variação da densidade básica nas seções transversais do caule, da base do tronco para a copa em *Eucalyptus grandis*. *IPEF*, Piracicaba, v.15, p.73-82, 1977.

- BRASIL, M.A.M., VEIGA, R.A.A., MELO, H.A. Densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos 3 anos de idade. *IPEF*, Piracicaba, v.19, p.63-76, 1979.
- CHUDNOFF, M. The physical and mechanical properties of *Eucalyptus camaldulensis*. *ISR J. Agr. Res.*, v.66, 1961. 39p.
- CLARKE, C.R.E. The estimation of genetic parameters of pulp and paper properties in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden and their implications for tree improvement. MSc Thesis, Department of Genetics, University of Natal, Pietermaritzburg, South Africa, 1990.
- COCHRAN, W.G. Técnicas de Amostragem. Editora Fundo de Cultura S.A. São Paulo, 1965. 555p.
- COMPOSIÇÃO DO CAULE. “Disponível em <<http://www.agr.unicamp.br/dcr/projetos/>>”. “Acesso em 10 de março de 2002”.
- DARGAVEL, J.B. Variations in the basic density of mountain ash. *Australian Forest Research*, v.3, p. 25-30, 1968.
- DEAN, G.H., FRENCH, J., MADDERN, K.N. Variation in pulp and papermaking characteristics in a field trial of *Eucalyptus globulus*. p. 24.1-24.3. Proceedings of the Appita 44th Annual General Conference, New Zealand, 1990.
- DORAN, J.C. Genetic variation in wood density of *Eucalyptus regnans*. In “Proceedings of the 4th Meeting of the Research Working Group 1 of the Australian Forestry Council”. Melbourne, p. 99-101, 1974.
- DOWNES, G.M., HUDSON, I.L., RAYMOND, C.A., DEAN, G.H., MICHELL, A.J., SCHIMLECK, L.R., EVANS, R., MUNERI, A. Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties. Australia, 1997. 131p.
- FERNANDES, P. de S., BORGES FLORSHEIM, S.M., ROCHA, F.T., MONTAGNA, R.G., COUTO, H.T.Z. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica. *Review Instituto Florestal – S.P.*, v.1, p.215-234, 1989.

- FERRAZ, E.S.B. Growth rings and climate in *Eucalyptus*. *Fast Growing Trees Silvicultura*, v.21, p. 821-822, 1983.
- FERREIRA, M. Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus saligna* Smith. Piracicaba, USP, 1968. 72p. Tese (Doutoramento). – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1968.
- FERREIRA, M. Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus saligna* Smith. *IPEF*, Piracicaba, v.1, p. 83-96, 1970.
- FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira em povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. *IPEF*, Piracicaba, v.4, p. 65-89, 1972.
- FERREIRA, C.A. FREITAS, M., FERREIRA, M. Densidade básica da madeira de plantações comerciais de eucaliptos, na região de Mogi-Guaçu – S.P. *IPEF*, v.18, p. 106-117, 1979.
- FRANKLIN, E.C., MESKIMEN, G. Wood properties of some eucalypts for the southern United States. *National Conv. Soc. Am. Forest.* Washington D.C, p. 454-458, 1975.
- FREDERICK, D.J., MADGWICK, H.A.I., OLIVER, G.R. Wood basic density and moisture content of young *Eucalyptus regnans* grown in New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry Science*, v. 12, p. 494-500, 1982.
- GRIGAL, D.F., SUCOFF, E.I. Specific gravity variation among thirty Jack Pine plots. *Tappi*, v. 49, p.497-8, 1966.
- HANS, A.S., BURLEY, J., WILLIAMSON, P. Wood quality in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, grown in Zambia. *Holzforschung*, v. 26, p. 138-141, 1972.
- HANS, A.S. Variation in wood density of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden and *Eucalyptus tereticornis* Sm. *Zambian Journal of Science and Technology*, v. 1, p. 109-112, 1976.
- HILLIS, W.E., MCKENZIE, W.M. Chemical attack as a factor in the wood-working cutters. *Forest Products Journal*, v. 14, p.310-312, 1964.

- HOHEISEL, H. Estipulaciones para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera. Centro de Documentación y Publicaciones del Instituto Florestal Latinoamericano. Mérida, 1968. 57p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS. Amostragem e propriedades físico-mecânicas de madeiras amazônicas. Brasília: IBAMA, 1993, 107p.
- JANKOWSKY, I.P. Madeira juvenil: formação e aproveitamento industrial. *Circular Técnica IPEF*, v.81, p. 1-18, 1979.
- KIKATA, Y., UESUGE, M. Method to evaluate wood quality and processability for the development of utilization of planting tree species in the tropics, in wood based materials Technology, In: Abjica, 1995, São Paulo. *AnaisSão Paulo*, 1995.
- KRAHMER, R.L., SNODGRASS, J.D. A sampling procedure for estimating selected physical properties of wood in a forest. *Forest Products Journal*, v. 17, n.3, p.21-9, 1967.
- LARA PALMA, H.A., MARCATI, C.R., BALLARIN, A.W. Demarcação e avaliação das propriedades físicas e mecânicas da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. Botucatu, 2001.
- LAUSBERG, M.J.F., GILCHRIST, K.F., SKIPWITH, J.H. Wood properties of *Eucalyptus nitens* grown in New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry Science*, v. 25, p. 147-163, 1995.
- LIMA, J.T. Clonal variation in the solid wood properties of *Eucalyptus*. University of Wales, Bangor, 1999. 276p. (Tese de Doutorado)
- MADDERN, J.H. The heritability of wood density Intern. *Union Forest Research Organization*, Meeting section 41, v. 2. Melbourne, 1965. 20p.
- MALAN, F.S., GERISCHER, G.F.R. Wood property differences in South African grown *Eucalyptus grandis* trees of different growth stress intensity. *Holzforschung*, v. 41, p. 331-335, 1987.
- MALAN, F.S. Wood density variation in four trees of South African grown *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. *South African Forestry Journal*, v. 144, p. 36-42, 1988a.

- MALAN, F.S. Genetic variation in some grown properties among 18 full-sib families of South African grown *Eucalyptus grandis*: A preliminary investigation. *South African Forestry Journal*, v. 146, p. 38-43, 1988b.
- MALAN, F.S. Eucalyptus improvement for lumber production. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para serraria, São Paulo, 1995. Anais... São Paulo, IPEF/IPT, 1995. p.1-19.
- MANFREDI, V. Variação do rendimento em celulose sulfato ao longo do tronco de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus saligna* Smith. Piracicaba, USP, 1985. 103p. Tese (Mestrado). – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MARTINEZ, M. Amostragem para determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 7, 2000, São Carlos, SP, Anais ... São Carlos, SP. EESC-USP, 2000. (editado em CD-ROM)
- McKIMMY, M.D. Factors related to variation in specific gravity in young-growth Douglas-fir. *Oregon For. Prod. Res. Cent. Bull.*, v. 8, 1959. 52p.
- MEGRAW, R.A. Wood quality factors in Loblolly pine. *Tappi*, Press Atlanta, Georgia, 1985. 89p.
- NICHOLLS, J.W.P., GRIFFIN, A.R. Variation in wood characteristics in a field trial of *Eucalyptus obliqua*, *E. regnans* and some intermediate forms. *Australian Forest Research*, v. 8, p. 93-102, 1978.
- NICHOLLS, J.W.P., PEDERICK, L.A. Variation in some wood characteristics of *Eucalyptus nitens*. *Australian Forest Research*, v. 9, p. 309-321, 1979.
- NOGUEIRA, M.V.P., VALE, A.T. Densidade básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* proveniente de cerrado: Relação com densidade básica média e variação radial e axial. *Revista Árvore*, v. 21, p. 547-554, 1997.
- NORMA PANAMERICANA COPANT 458. Maderas: selección y colección de muestras, CDU 674, abril, 1972.

- PALMER, E.R., GIBBS, J.A., DUTTA, A.P. Pulping trials of wood species in plantations in Kenia. *Trop. Prod. Inst. L61*. London, 1982b. 58p.
- PEARSON, R.G., E. J. WILLIAMS. A review of methods for the sampling of timber. Australia, *Forest Products Journal*, v. 8, n. 9, p. 263-268. Australia, 1958.
- PRONIN, D. Methods for estimating specific gravity of logs. *USDA Forest Service FPL Research Note*, n.110, p.1-5, 1966
- PURNELL, R.C. Variation in wood properties of *Eucalyptus nitens* in a provenance trial on the eastern Transvaal higveld in South Africa. *South African Forestry Journal*, v. 144, p. 10-22, 1988.
- RACHID, C., COUTO, H.T.Z. Estudo da eficiência de dois métodos de amostragem de árvores de rua na cidade de São Carlos (SP). *Scientia Florestalis*, n.º 56, p. 59-68, 1999.
- RAYMOND, C.A., BANHAM, P., MACDONALD, A.C. Within-tree variation and genetic control of basic density, fiber length and coarseness in *Eucalyptus regnans* in Tasmania. p. 131-139. Proceedings of the Appita 51st Annual General Conference, Melbourne, Australia, 1997a.
- RAYMOND, C.A., MACDONALD, A.C. Where to shoot your pilodyn: Within-tree variation in basic density in plantation *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* in Tasmania. *New Forests*, s.d.
- RUDMAN, P., HIGGS, M., DAVIDSON, J., MALAJCZUK, N. Breeding Eucalypts for wood properties. Second World Consultation on Forest Tree Breeding. Washington, USA, 1969. 9p.
- SKOLMAN, R.G. Specific gravity variation in *Eucalyptus robusta* grown in Hawaii. *United States Forestry Service Research Pap.* PSW 78, 1972. 7p.
- SLUDER, E.R. Variation in wood specific gravity for yellow poplar (*Liriodendron tulipifera*) and its relationship to environmental conditions in the Southern Appalachians. PhD Thesis North Carolina State University. Raleigh, North Carolina, 1970. 77p.

- 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 *Eucalyptus saligna*. IPEF, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. n. 4192, p. 65-72, 1986.
- STURION, J.A., PEREIRA, J.C.D., ALBINO, J.C., MORITA, M. Variação na densidade básica da madeira de vinte espécies de *Eucalyptus*, cultivados em Uberaba (MG). Boletim de Pesquisas Florestais, Curitiba, v. 14, p. 20-38, 1987.
- TAJIMA, T. The growth and wood properties. Fac. Agr. Tokyo, Univ. Tokyo, 1967. 208 p.
- TAYLOR, F.W. Specific gravity differences within and among yellow poplar trees. *Forest Products Journal*, v. 18, p. 71-81, 1968.
- TAYLOR, F.W. Variation in anatomical properties of South African grown *Eucalyptus grandis*. *Appita Journal*, v. 27, p. 171-178, 1973a.
- TAYLOR, F.W. Differences in the wood of *Eucalyptus grandis* grown in different parts of South Africa. Special Report . Hout 75. Council for Scientific and Industrial Research: Pretoria, South Africa, 1973b.
- TAYLOR, F.W. Anatomical wood properties of South African grown *Eucalyptus grandis*. *South African Forestry Journal*, v. 84, p. 20-24, 1974.
- TAYLOR, F.W., WANG, E.I., YANCHUK, A., MICKO, M.M. Specific gravity and tracheid length variation of white spruce in Alberta. *Canadian Journal Forest Research*, v. 12, p. 561-566, 1982.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus acmenoides*. IPEF, v. 36, p. 35-42, 1987.
- VALENTE, C.A., MENDES DE SOUZA, A.P., FURTADO, F.P., CARVALHO, A.P. Programa de melhoramento para *Eucalyptus globulus* em Portucel: componente tecnológico. *Appita Journal*, v. 45, p. 403-407, 1992.
- WENZL, H.F.J. The chemical technology of wood. New York, Academic Press, 1970. 692 p.

- WILKINS, A.P. Influence of silvicultural treatment on growth and wood density of *Eucalyptus grandis* grown on a previous pasture site. *Australian Forestry*, v. 53, p. 168-172, 1990.
- 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.
- ZOBEL, B.J. Inherent differences affecting wood quality in fast-grown plantations. IUFRO Conf Div 50 Oxford, England, p. 169-188, 1980.
- ZOBEL, B.J., BUIJTENEN, J.P. Wood variation: its causes and control. Germany: Springer-Verlag, 1989. 363 p.

APÊNDICE 1

Quadro A1.a- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta árvores de *E. saligna*

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D_M (sc) cm	Altura m
1	A	0,445129	12,30	20,00
	B	0,439732	10,95	
	C	0,445302	9,70	
	D	0,464286	8,90	
	E	0,452381	7,10	
	F	0,457944	5,35	
2	A	0,485012	15,25	21,00
	B	0,463270	13,85	
	C	0,464849	12,55	
	D	0,484346	10,50	
	E	0,465879	8,10	
	F	0,454545	5,45	
3	A	0,524031	19,35	27,00
	B	0,482869	18,10	
	C	0,475501	16,10	
	D	0,476190	13,10	
	E	0,486430	10,10	
	F	0,503676	5,70	
4	A	0,527728	12,05	22,00
	B	0,463735	11,95	
	C	0,481308	11,20	
	D	0,486326	9,05	
	E	0,487476	7,45	
	F	0,449438	5,75	
5	A	0,503371	12,75	20,00
	B	0,446903	11,35	
	C	0,455153	10,05	
	D	0,457038	8,85	
	E	0,491686	7,45	
	F	0,454545	5,90	
6	A	0,442593	12,75	22,00
	B	0,444444	10,70	
	C	0,428416	10,20	
	D	0,456954	8,95	
	E	0,462963	7,25	
	F	0,448276	5,55	
7	A	0,512496	18,60	27,00
	B	0,492450	18,00	
	C	0,466532	15,75	
	D	0,474232	12,65	
	E	0,497083	9,60	
	F	0,500000	5,25	

Quadro A1.a- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta árvores de *E. saligna*, continuação

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D_M (sc) cm	Altura m
8	A	0,462692	17,35	23,00
	B	0,445734	15,00	
	C	0,449477	13,90	
	D	0,461957	11,40	
	E	0,462687	8,25	
	F	0,450704	5,50	
9	A	0,505994	19,35	27,50
	B	0,479221	18,15	
	C	0,492340	16,55	
	D	0,495160	13,60	
	E	0,471299	10,40	
	F	0,459649	5,70	
10	A	0,457322	15,80	23,00
	B	0,454990	15,30	
	C	0,448396	12,75	
	D	0,474806	10,50	
	E	0,457386	8,50	
	F	0,450549	5,20	
11	A	0,467088	16,50	22,00
	B	0,461648	14,95	
	C	0,465293	13,80	
	D	0,461538	11,15	
	E	0,465185	8,20	
	F	0,454902	5,10	
12	A	0,462081	16,90	23,00
	B	0,455492	15,25	
	C	0,474798	13,20	
	D	0,466368	11,25	
	E	0,475362	8,50	
	F	0,482890	5,40	
13	A	0,516802	19,20	28,50
	B	0,505945	18,60	
	C	0,497024	16,45	
	D	0,493884	13,40	
	E	0,482278	10,05	
	F	0,464286	5,55	
14	A	0,441315	22,25	28,50
	B	0,441262	20,00	
	C	0,457700	16,60	
	D	0,487234	13,35	
	E	0,490751	9,90	
	F	0,454545	5,10	

Quadro A1.a- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta árvores de *E. saligna*, continuação

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D_M (se) cm	Altura m
15	A	0,475479	15,10	21,00
	B	0,444277	13,10	
	C	0,454864	12,05	
	D	0,469484	10,10	
	E	0,406130	7,90	
	F	0,463950	5,70	
16	A	0,518629	14,60	24,00
	B	0,512919	13,50	
	C	0,502741	12,95	
	D	0,516129	10,75	
	E	0,526923	8,25	
	F	0,517510	5,50	
17	A	0,459519	14,95	23,00
	B	0,445255	13,90	
	C	0,460798	12,35	
	D	0,468065	10,20	
	E	0,452200	7,50	
	F	0,451128	5,50	
18	A	0,510497	20,45	23,50
	B	0,468369	18,30	
	C	0,470903	15,55	
	D	0,491176	12,55	
	E	0,498906	9,20	
	F	0,485175	5,35	
19	A	0,443886	14,70	21,00
	B	0,436923	13,00	
	C	0,469303	11,40	
	D	0,480938	10,35	
	E	0,441860	7,65	
	F	0,461783	5,75	
20	A	0,510996	20,40	26,00
	B	0,470638	18,05	
	C	0,465447	15,60	
	D	0,472411	13,25	
	E	0,500645	10,35	
	F	0,486772	6,45	
21	A	0,537644	17,05	24,00
	B	0,473057	15,20	
	C	0,444937	13,90	
	D	0,488679	11,85	
	E	0,473752	9,50	
	F	0,476190	6,50	

Quadro A1.a- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta árvores de *E. saligna*, continuação

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
22	A	0,439371	12,80	19,50
	B	0,432133	11,50	
	C	0,438976	10,25	
	D	0,456621	9,10	
	E	0,455607	7,50	
	F	0,450980	5,30	
23	A	0,486659	16,95	22,00
	B	0,454972	15,15	
	C	0,449236	13,35	
	D	0,475510	11,15	
	E	0,485855	8,60	
	F	0,475543	5,70	
24	A	0,461273	14,60	21,00
	B	0,451777	13,70	
	C	0,444264	12,10	
	D	0,468578	10,05	
	E	0,467188	7,75	
	F	0,464497	5,45	
25	A	0,466996	14,85	26,00
	B	0,457539	13,80	
	C	0,469126	12,30	
	D	0,476410	10,55	
	E	0,495413	8,00	
	F	0,488281	5,75	
26	A	0,444563	17,45	24,50
	B	0,437317	15,55	
	C	0,455391	13,85	
	D	0,463212	10,75	
	E	0,470588	8,15	
	F	0,448000	5,00	
27	A	0,518703	15,20	23,50
	B	0,465030	14,00	
	C	0,469083	11,90	
	D	0,475352	10,55	
	E	0,492281	7,65	
	F	0,476852	5,40	
28	A	0,449219	14,25	23,00
	B	0,441459	12,30	
	C	0,450472	11,10	
	D	0,461631	9,50	
	E	0,456790	7,65	
	F	0,448430	5,65	

Quadro A1.a- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta árvores de *E. saligna*, continuação

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
29	A	0,511342	15,95	23,00
	B	0,499114	14,80	
	C	0,481982	13,25	
	D	0,490585	11,20	
	E	0,456422	8,65	
	F	0,462046	5,95	
30	A	0,511342	18,70	23,00
	B	0,499114	16,95	
	C	0,481982	14,60	
	D	0,490585	11,85	
	E	0,456422	8,60	
	F	0,462046	5,45	
31	A	0,511342	19,65	24,00
	B	0,499114	17,20	
	C	0,481982	15,20	
	D	0,490585	12,95	
	E	0,456422	10,00	
	F	0,462046	5,45	
32	A	0,463707	19,95	24,50
	B	0,445358	17,30	
	C	0,451482	15,20	
	D	0,471028	12,50	
	E	0,473770	9,15	
	F	0,470238	6,35	
33	A	0,517458	17,55	23,50
	B	0,476032	16,35	
	C	0,467977	14,15	
	D	0,480511	11,85	
	E	0,496951	8,90	
	F	0,491349	5,60	
34	A	0,511060	17,85	24,00
	B	0,513590	17,25	
	C	0,515100	14,95	
	D	0,525629	12,40	
	E	0,555844	9,05	
	F	0,562500	5,25	
35	A	0,457143	14,50	22,00
	B	0,445804	12,65	
	C	0,442264	11,60	
	D	0,470377	9,85	
	E	0,453510	7,75	
	F	0,459610	5,60	

Quadro A1.a- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta árvores de *E. saligna*, continuação

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
36	A	0,513922	20,40	27,00
	B	0,489362	19,00	
	C	0,482353	16,70	
	D	0,478170	13,80	
	E	0,493976	9,95	
	F	0,496774	5,80	
37	A	0,472030	17,00	23,00
	B	0,436008	14,95	
	C	0,447793	12,90	
	D	0,454414	11,10	
	E	0,455285	8,70	
	F	0,436620	5,80	
38	A	0,461781	15,90	23,00
	B	0,437820	14,75	
	C	0,449971	12,95	
	D	0,472710	11,05	
	E	0,461988	8,50	
	F	0,440945	5,25	
39	A	0,515723	16,15	26,00
	B	0,505304	15,40	
	C	0,516986	13,00	
	D	0,527298	11,50	
	E	0,543294	8,50	
	F	0,554404	5,20	
40	A	0,458756	16,80	26,00
	B	0,432716	15,75	
	C	0,459195	13,90	
	D	0,469592	11,20	
	E	0,476636	8,60	
	F	0,471042	5,85	
41	A	0,500811	17,15	23,00
	B	0,484073	16,15	
	C	0,473292	15,50	
	D	0,484010	11,00	
	E	0,475561	8,50	
	F	0,445205	5,25	
42	A	0,529164	16,05	24,00
	B	0,481651	15,60	
	C	0,469492	13,40	
	D	0,498333	11,55	
	E	0,487929	8,30	
	F	0,468000	5,45	

Quadro A1.a- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta árvores de *E. saligna*, continuação

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
43	A	0,524721	16,75	24,00
	B	0,478757	15,65	
	C	0,470069	13,90	
	D	0,486508	11,80	
	E	0,495935	8,70	
	F	0,496241	5,35	
44	A	0,498447	15,75	22,50
	B	0,501744	14,75	
	C	0,474344	13,85	
	D	0,486204	11,30	
	E	0,488032	9,45	
	F	0,463768	5,10	
45	A	0,510012	11,30	18,00
	B	0,483680	10,50	
	C	0,429792	9,70	
	D	0,433996	8,65	
	E	0,436031	7,60	
	F	0,467500	5,90	
46	A	0,504819	15,45	23,00
	B	0,474802	14,30	
	C	0,487983	13,30	
	D	0,487387	11,10	
	E	0,476712	8,75	
	F	0,478469	4,85	
47	A	0,444261	17,60	25,00
	B	0,435759	16,25	
	C	0,445055	13,15	
	D	0,463490	11,25	
	E	0,485792	8,95	
	F	0,445402	5,50	
48	A	0,502001	16,15	24,00
	B	0,471145	14,60	
	C	0,475749	13,60	
	D	0,497306	11,20	
	E	0,469432	9,20	
	F	0,464615	6,15	
49	A	0,474646	19,25	25,00
	B	0,448696	16,80	
	C	0,455852	14,70	
	D	0,471338	12,40	
	E	0,479950	9,60	
	F	0,468647	5,45	
50	A	0,543860	15,75	21,50
	B	0,482057	14,50	
	C	0,484527	12,85	
	D	0,487660	10,35	
	E	0,485866	7,90	
	F	0,496269	5,05	

Quadro A1.b- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta híbridos (*E. grandis* x *E. urophylla*)

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
51	A	0,451395	18,30	28,00
	B	0,433832	16,25	
	C	0,439884	15,10	
	D	0,446948	12,55	
	E	0,468900	9,80	
	F	0,459364	5,75	
52	A	0,488084	23,45	30,00
	B	0,457963	20,25	
	C	0,469939	17,55	
	D	0,513035	14,65	
	E	0,531423	10,90	
	F	0,536290	5,25	
53	A	0,466989	19,25	30,00
	B	0,430263	17,35	
	C	0,433287	15,85	
	D	0,457637	12,75	
	E	0,475432	9,55	
	F	0,457045	5,55	
54	A	0,468774	18,95	28,00
	B	0,467252	18,15	
	C	0,489348	13,95	
	D	0,497322	12,20	
	E	0,527273	9,00	
	F	0,536332	5,45	
55	A	0,465208	24,60	32,00
	B	0,442590	23,00	
	C	0,476304	19,25	
	D	0,495641	15,30	
	E	0,519608	10,80	
	F	0,542857	5,65	
56	A	0,537394	21,50	27,00
	B	0,487460	18,00	
	C	0,506960	16,45	
	D	0,541953	13,65	
	E	0,535117	10,05	
	F	0,534979	5,70	
57	A	0,534476	19,30	28,00
	B	0,512027	17,65	
	C	0,527711	15,50	
	D	0,541630	13,00	
	E	0,550617	10,00	
	F	0,554622	6,00	

Quadro A1.b- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta híbridos (*E. grandis* x *E. urophylla*), cont.

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
58	A	0,484434	21,40	30,00
	B	0,492135	20,60	
	C	0,514425	17,55	
	D	0,531092	13,75	
	E	0,573090	10,55	
	F	0,544974	5,95	
59	A	0,509643	21,35	33,00
	B	0,473245	21,10	
	C	0,493531	17,60	
	D	0,516529	14,45	
	E	0,526990	10,85	
	F	0,535117	5,75	
60	A	0,503476	21,60	32,00
	B	0,478794	19,15	
	C	0,496617	16,25	
	D	0,526962	13,80	
	E	0,540273	10,45	
	F	0,531250	6,05	
61	A	0,494226	19,40	29,50
	B	0,463215	17,05	
	C	0,483542	15,95	
	D	0,490798	13,00	
	E	0,503448	10,05	
	F	0,507463	6,00	
62	A	0,515811	22,35	27,50
	B	0,475618	20,30	
	C	0,505150	16,95	
	D	0,507974	14,25	
	E	0,518362	10,95	
	F	0,526042	5,40	
63	A	0,487142	22,20	29,50
	B	0,481863	19,45	
	C	0,492529	17,25	
	D	0,547239	14,90	
	E	0,549261	10,50	
	F	0,596154	5,95	
64	A	0,493901	22,30	34,00
	B	0,475567	19,50	
	C	0,486054	17,10	
	D	0,537003	14,75	
	E	0,525871	10,65	
	F	0,530000	5,60	

Quadro A1.b- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta híbridos (*E. grandis* x *E. urophylla*), cont.

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
65	A	0,460466	20,00	30,50
	B	0,436804	18,60	
	C	0,451767	17,15	
	D	0,465367	13,95	
	E	0,483978	10,35	
	F	0,456693	5,50	
66	A	0,519198	21,65	31,00
	B	0,478621	19,40	
	C	0,502174	16,90	
	D	0,527236	14,45	
	E	0,539458	10,50	
	F	0,544061	5,90	
67	A	0,522774	20,00	30,50
	B	0,495361	17,55	
	C	0,524122	15,35	
	D	0,552727	13,10	
	E	0,548387	9,80	
	F	0,543408	5,75	
68	A	0,479066	17,65	25,00
	B	0,448161	16,20	
	C	0,456856	15,25	
	D	0,483206	11,95	
	E	0,493266	9,60	
	F	0,566038	5,85	
69	A	0,435562	20,90	29,50
	B	0,419888	21,25	
	C	0,417228	18,60	
	D	0,458079	15,05	
	E	0,493252	11,20	
	F	0,479751	6,35	
70	A	0,476915	21,65	31,00
	B	0,448847	19,55	
	C	0,479560	16,55	
	D	0,509477	13,65	
	E	0,559494	10,35	
	F	0,560000	5,85	
71	A	0,495156	22,25	28,50
	B	0,467222	20,30	
	C	0,491196	17,05	
	D	0,500705	13,85	
	E	0,517937	10,25	
	F	0,517647	5,85	

Quadro A1.b- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta híbridos (*E. grandis* x *E. urophylla*), cont.

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D_M (sc) cm	Altura m
72	A	0,457853	20,55	32,50
	B	0,430804	19,30	
	C	0,452012	16,80	
	D	0,478632	13,85	
	E	0,500000	10,20	
	F	0,501859	5,60	
73	A	0,441590	21,65	30,00
	B	0,431177	20,05	
	C	0,459647	17,10	
	D	0,475410	13,90	
	E	0,509780	10,30	
	F	0,495050	5,50	
74	A	0,477103	20,45	30,00
	B	0,445510	19,65	
	C	0,477114	16,60	
	D	0,503497	13,10	
	E	0,529161	9,85	
	F	0,539519	5,75	
75	A	0,434241	22,95	28,00
	B	0,420539	22,20	
	C	0,431751	19,25	
	D	0,449254	15,40	
	E	0,476827	11,35	
	F	0,466102	5,65	
76	A	0,485879	21,75	30,50
	B	0,434630	19,40	
	C	0,448535	17,20	
	D	0,477933	14,50	
	E	0,493289	10,85	
	F	0,496183	6,20	
77	A	0,472944	20,70	30,00
	B	0,453072	18,60	
	C	0,475655	16,25	
	D	0,509447	13,35	
	E	0,544919	10,00	
	F	0,541485	6,55	
78	A	0,510155	20,90	32,00
	B	0,482181	18,55	
	C	0,498817	16,25	
	D	0,517241	13,70	
	E	0,527812	10,20	
	F	0,547101	5,85	

Quadro A1.b- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta híbridos (*E. grandis* x *E. urophylla*), cont.

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
79	A	0,461418	20,50	29,50
	B	0,434625	18,95	
	C	0,450290	16,30	
	D	0,472486	13,85	
	E	0,501295	10,05	
	F	0,486381	5,40	
80	A	0,552239	22,50	30,00
	B	0,484686	19,75	
	C	0,504909	17,50	
	D	0,530543	14,80	
	E	0,535065	11,10	
	F	0,554217	6,15	
81	A	0,541656	20,40	28,50
	B	0,493464	18,10	
	C	0,531679	16,30	
	D	0,532436	13,65	
	E	0,548105	9,75	
	F	0,540670	5,55	
82	A	0,450507	21,30	31,00
	B	0,432320	20,20	
	C	0,445425	18,65	
	D	0,494702	15,20	
	E	0,469799	11,10	
	F	0,463158	5,95	
83	A	0,485555	21,15	30,00
	B	0,457991	18,65	
	C	0,502463	15,95	
	D	0,516923	12,90	
	E	0,540514	10,15	
	F	0,548523	5,60	
84	A	0,445470	20,85	30,00
	B	0,429632	19,55	
	C	0,444399	17,40	
	D	0,473210	14,35	
	E	0,491972	10,75	
	F	0,471111	5,60	
85	A	0,466273	20,20	25,00
	B	0,457411	18,85	
	C	0,483586	16,95	
	D	0,511111	13,35	
	E	0,532044	10,25	
	F	0,521327	6,15	

Quadro A1.b- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta híbridos (*E. grandis* x *E. urophylla*), cont.

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
86	A	0,487189	17,75	29,00
	B	0,459989	16,65	
	C	0,492597	14,80	
	D	0,495873	12,30	
	E	0,500000	9,50	
	F	0,517361	5,50	
87	A	0,524529	19,75	30,00
	B	0,515873	18,50	
	C	0,530864	16,40	
	D	0,531982	13,80	
	E	0,544665	10,55	
	F	0,522901	5,35	
88	A	0,453442	20,85	27,00
	B	0,439301	19,60	
	C	0,461229	17,40	
	D	0,473314	15,25	
	E	0,486245	11,40	
	F	0,462121	7,05	
89	A	0,509333	21,15	28,00
	B	0,473684	18,25	
	C	0,490961	16,85	
	D	0,523977	14,10	
	E	0,529274	10,45	
	F	0,526923	5,95	
90	A	0,490671	19,85	30,50
	B	0,473574	18,10	
	C	0,490881	16,35	
	D	0,535007	13,90	
	E	0,576159	10,15	
	F	0,552239	5,50	
91	A	0,471014	20,00	30,00
	B	0,444112	18,85	
	C	0,472293	16,55	
	D	0,494930	13,35	
	E	0,517435	10,10	
	F	0,530769	6,00	
92	A	0,457977	21,60	29,00
	B	0,450000	19,15	
	C	0,475385	16,80	
	D	0,495249	14,25	
	E	0,521779	10,20	
	F	0,529412	5,65	

Quadro A1.b- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta híbridos (*E. grandis* x *E. urophylla*), cont.

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
93	A	0,492034	19,45	29,50
	B	0,464191	16,70	
	C	0,473449	14,55	
	D	0,487892	12,50	
	E	0,504032	9,25	
	F	0,518692	5,65	
94	A	0,442717	22,40	32,50
	B	0,432261	19,60	
	C	0,474545	17,90	
	D	0,477541	14,35	
	E	0,487265	10,40	
	F	0,512535	5,85	
95	A	0,467182	21,75	27,50
	B	0,438917	19,30	
	C	0,466734	17,80	
	D	0,476342	14,30	
	E	0,484708	11,25	
	F	0,480287	5,75	
96	A	0,468320	21,85	28,00
	B	0,465835	19,65	
	C	0,492039	18,85	
	D	0,517284	14,40	
	E	0,541710	10,40	
	F	0,533569	5,90	
97	A	0,542259	22,60	34,00
	B	0,500563	21,05	
	C	0,518599	17,90	
	D	0,532770	15,15	
	E	0,548837	11,35	
	F	0,528037	5,85	
98	A	0,467153	21,85	30,50
	B	0,447348	19,55	
	C	0,483610	17,40	
	D	0,505924	13,40	
	E	0,528522	9,80	
	F	0,535948	6,00	
99	A	0,483044	23,05	28,00
	B	0,443175	19,75	
	C	0,458588	17,25	
	D	0,490408	14,55	
	E	0,506434	10,65	
	F	0,503571	5,60	
100	A	0,468077	22,60	31,00
	B	0,438089	19,85	
	C	0,474436	17,15	
	D	0,516860	14,15	
	E	0,520904	10,35	
	F	0,565217	5,90	

Quadro A1.c- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta árvores de *E. grandis*

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
101	A	0,535374	23,15	36,00
	B	0,481244	22,05	
	C	0,451787	19,70	
	D	0,452971	15,60	
	E	0,539262	11,15	
	F	0,547244	5,50	
102	A	0,448458	19,25	32,00
	B	0,425245	18,50	
	C	0,442450	15,65	
	D	0,461939	12,95	
	E	0,485897	9,60	
	F	0,500000	5,95	
103	A	0,562982	23,85	29,50
	B	0,471168	23,10	
	C	0,457364	20,25	
	D	0,470614	16,35	
	E	0,499509	11,45	
	F	0,556122	5,35	
104	A	0,503736	23,60	29,00
	B	0,460491	22,00	
	C	0,442038	19,65	
	D	0,515200	15,80	
	E	0,504007	11,65	
	F	0,519380	5,75	
105	A	0,453814	21,05	31,00
	B	0,426118	20,15	
	C	0,445833	17,00	
	D	0,459870	13,95	
	E	0,474308	10,55	
	F	0,496000	5,95	
106	A	0,469861	21,45	35,00
	B	0,451601	20,95	
	C	0,425816	17,65	
	D	0,478235	14,85	
	E	0,490364	10,55	
	F	0,532508	5,80	
107	A	0,414366	24,35	32,00
	B	0,398250	21,90	
	C	0,407149	19,00	
	D	0,393542	15,15	
	E	0,422801	11,35	
	F	0,470032	6,10	

Quadro A1.c- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta árvores de *E. grandis*, continuação

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
108	A	0,476706	22,65	29,00
	B	0,436588	19,95	
	C	0,440751	18,15	
	D	0,451780	14,65	
	E	0,477994	10,75	
	F	0,498423	5,90	
109	A	0,486765	22,70	36,00
	B	0,440233	21,55	
	C	0,440924	18,95	
	D	0,541737	15,25	
	E	0,519231	10,90	
	F	0,547085	6,00	
110	A	0,438976	23,40	30,00
	B	0,377123	20,70	
	C	0,373248	18,05	
	D	0,387135	14,40	
	E	0,413525	10,75	
	F	0,433476	5,75	
111	A	0,503263	18,90	27,00
	B	0,491696	17,35	
	C	0,456469	15,55	
	D	0,471408	12,85	
	E	0,484424	9,55	
	F	0,485651	5,35	
112	A	0,544274	24,75	31,00
	B	0,467396	20,45	
	C	0,477537	18,30	
	D	0,468828	15,10	
	E	0,500000	11,35	
	F	0,509653	5,55	
113	A	0,406713	24,35	31,50
	B	0,385840	22,65	
	C	0,381025	19,50	
	D	0,393617	15,40	
	E	0,421331	10,90	
	F	0,450000	5,85	
114	A	0,444706	18,80	29,00
	B	0,423585	18,65	
	C	0,438728	15,60	
	D	0,450808	13,15	
	E	0,487064	10,10	
	F	0,477193	6,25	

Quadro A1.c- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta árvores de *E. grandis*, continuação

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
115	A	0,502724	23,75	35,00
	B	0,445695	22,65	
	C	0,437095	20,05	
	D	0,471238	16,90	
	E	0,524444	11,65	
	F	0,568627	5,65	
116	A	0,446090	21,60	31,00
	B	0,427600	19,00	
	C	0,448718	17,50	
	D	0,475779	14,10	
	E	0,477650	10,25	
	F	0,491857	6,05	
117	A	0,488911	24,70	32,00
	B	0,505208	21,70	
	C	0,445535	20,35	
	D	0,423481	15,80	
	E	0,434750	11,50	
	F	0,474684	6,30	
118	A	0,546522	23,60	34,00
	B	0,474127	21,20	
	C	0,460947	18,40	
	D	0,459522	15,25	
	E	0,495010	11,45	
	F	0,507692	6,05	
119	A	0,398960	24,10	30,00
	B	0,381202	22,55	
	C	0,367157	19,20	
	D	0,393095	16,65	
	E	0,416244	11,50	
	F	0,452055	5,70	
120	A	0,390728	26,75	31,00
	B	0,368046	24,15	
	C	0,373421	20,50	
	D	0,408495	17,20	
	E	0,412533	12,45	
	F	0,454545	6,25	
121	A	0,467019	25,00	31,00
	B	0,431313	22,70	
	C	0,435100	20,40	
	D	0,459194	16,60	
	E	0,483402	11,45	
	F	0,496324	6,05	

Quadro A1.c- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta árvores de *E. grandis*, continuação

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
122	A	0,521836	23,00	29,00
	B	0,485313	20,65	
	C	0,485569	18,30	
	D	0,479401	15,25	
	E	0,494973	11,40	
	F	0,510040	5,75	
123	A	0,466362	20,10	27,00
	B	0,432941	18,45	
	C	0,432754	16,00	
	D	0,456476	13,55	
	E	0,479195	9,65	
	F	0,526971	5,70	
124	A	0,432930	23,10	28,00
	B	0,403373	21,05	
	C	0,416862	19,10	
	D	0,419797	14,90	
	E	0,426304	11,15	
	F	0,452830	5,50	
125	A	0,417527	23,95	32,00
	B	0,411617	21,85	
	C	0,387194	19,05	
	D	0,406105	15,60	
	E	0,432432	11,35	
	F	0,448399	6,10	
126	A	0,506530	24,90	30,00
	B	0,463182	24,00	
	C	0,450412	20,50	
	D	0,490061	16,80	
	E	0,408617	12,70	
	F	0,526718	5,95	
127	A	0,498832	22,85	32,50
	B	0,516154	23,15	
	C	0,469289	19,70	
	D	0,474891	16,90	
	E	0,501487	12,90	
	F	0,533088	5,60	
128	A	0,467098	18,00	24,00
	B	0,427089	17,60	
	C	0,422803	15,25	
	D	0,453875	12,75	
	E	0,467153	9,85	
	F	0,473881	5,85	

Quadro A1.c- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta árvores de *E. grandis*, continuação

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
129	A	0,481508	25,80	34,00
	B	0,428789	21,90	
	C	0,434783	20,05	
	D	0,439203	15,35	
	E	0,485249	11,55	
	F	0,476793	5,75	
130	A	0,426985	23,85	30,00
	B	0,395977	21,50	
	C	0,387541	18,30	
	D	0,409423	15,00	
	E	0,429043	11,15	
	F	0,454545	5,75	
131	A	0,528800	21,40	29,00
	B	0,475483	18,30	
	C	0,486502	16,75	
	D	0,466912	13,80	
	E	0,496350	10,55	
	F	0,500000	6,10	
132	A	0,471420	20,85	27,50
	B	0,451674	18,40	
	C	0,451900	16,65	
	D	0,463780	12,90	
	E	0,492520	10,10	
	F	0,498452	6,25	
133	A	0,531183	20,80	29,00
	B	0,480608	19,05	
	C	0,461812	16,90	
	D	0,464412	13,95	
	E	0,493771	10,50	
	F	0,517241	6,15	
134	A	0,391602	21,75	29,50
	B	0,389838	19,75	
	C	0,381543	16,45	
	D	0,408750	13,75	
	E	0,411348	10,65	
	F	0,434932	6,05	
135	A	0,425811	22,95	31,00
	B	0,433437	20,85	
	C	0,392441	17,55	
	D	0,406746	14,75	
	E	0,422607	10,85	
	F	0,394904	6,20	

Quadro A1.c- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta árvores de *E. grandis*, continuação

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
136	A	0,414914	24,15	31,00
	B	0,406567	22,25	
	C	0,389712	20,20	
	D	0,410000	15,60	
	E	0,426365	10,95	
	F	0,451613	5,40	
137	A	0,504862	21,55	33,00
	B	0,460240	20,95	
	C	0,447124	19,25	
	D	0,464956	15,10	
	E	0,496454	11,15	
	F	0,540193	6,00	
138	A	0,567053	22,80	29,50
	B	0,501520	20,60	
	C	0,471197	18,35	
	D	0,468018	15,10	
	E	0,496575	11,10	
	F	0,507042	5,90	
139	A	0,539484	23,05	32,50
	B	0,494431	21,65	
	C	0,471636	19,00	
	D	0,495195	15,40	
	E	0,495146	11,00	
	F	0,503425	5,95	
140	A	0,427043	23,95	29,00
	B	0,415822	21,70	
	C	0,414894	19,25	
	D	0,426113	15,75	
	E	0,441035	11,20	
	F	0,461255	6,25	
141	A	0,400771	25,10	32,00
	B	0,388213	23,45	
	C	0,376475	19,70	
	D	0,396859	16,10	
	E	0,411071	12,10	
	F	0,454167	6,50	
142	A	0,398884	20,15	24,00
	B	0,370098	18,40	
	C	0,369894	16,50	
	D	0,385852	13,70	
	E	0,405722	10,25	
	F	0,406977	6,55	

Quadro A1.c- Dados de densidade básica, altura e diâmetro para cinquenta árvores de *E. grandis*, continuação

Árvore	Disco	ρ_b g/cm ³	D _M (sc) cm	Altura m
143	A	0,385838	26,75	31,00
	B	0,406634	24,15	
	C	0,393895	21,00	
	D	0,417889	16,45	
	E	0,429407	11,80	
	F	0,457831	5,55	
144	A	0,433194	23,25	31,00
	B	0,384363	20,65	
	C	0,406049	17,85	
	D	0,391639	14,40	
	E	0,416667	10,80	
	F	0,439528	5,95	
145	A	0,525213	23,50	30,00
	B	0,511390	21,55	
	C	0,485164	19,30	
	D	0,504598	15,65	
	E	0,505960	11,10	
	F	0,516588	5,45	
146	A	0,452271	19,05	28,00
	B	0,374509	17,95	
	C	0,441461	15,85	
	D	0,452479	13,30	
	E	0,467958	9,35	
	F	0,471098	5,60	
147	A	0,514448	23,65	29,00
	B	0,467582	21,80	
	C	0,447362	19,50	
	D	0,458685	15,90	
	E	0,480249	11,80	
	F	0,549020	5,50	
148	A	0,418343	24,85	31,00
	B	0,411160	23,10	
	C	0,397158	19,85	
	D	0,420741	15,75	
	E	0,451381	11,85	
	F	0,475000	5,30	
149	A	0,515382	20,75	27,50
	B	0,461650	17,90	
	C	0,450515	16,00	
	D	0,455744	13,50	
	E	0,476959	10,10	
	F	0,472222	5,75	
150	A	0,495533	21,65	28,00
	B	0,443285	20,50	
	C	0,441756	18,15	
	D	0,469600	14,70	
	E	0,498826	10,70	
	F	0,537255	5,65	

APÊNDICE 2

Quadro A2.a- Dados de densidade básica média, densidade básica média ponderada e volume para cinquenta árvores de *E. saligna*

Árvore	$\rho_{\text{bmédia}}$ g/cm ³	ρ_{bmp} g/cm ³	Volume m ³
1	0,450796	0,450983	0,12
2	0,469650	0,470079	0,19
3	0,491450	0,482333	0,38
4	0,482668	0,480363	0,15
5	0,468116	0,463122	0,13
6	0,447274	0,441350	0,14
7	0,490466	0,481741	0,36
8	0,455542	0,454399	0,25
9	0,483944	0,486415	0,41
10	0,457242	0,457919	0,22
11	0,462609	0,463226	0,23
12	0,469499	0,468481	0,24
13	0,493370	0,495537	0,41
14	0,462134	0,464058	0,44
15	0,452364	0,450545	0,18
16	0,515808	0,513305	0,22
17	0,456161	0,455070	0,20
18	0,487505	0,481707	0,32
19	0,455782	0,459570	0,17
20	0,484485	0,476841	0,38
21	0,482377	0,472207	0,27
22	0,445615	0,445598	0,13
23	0,471296	0,465654	0,23
24	0,459596	0,457116	0,17
25	0,475627	0,473569	0,23

Quadro A2.a- Dados de densidade básica média, densidade básica média ponderada e volume para cinquenta árvores de *E. saligna*, continuação

Árvore	$\rho_{\text{bmédia}}$ g/cm ³	ρ_{bmp} g/cm ³	Volume m ³
26	0,453179	0,454323	0,25
27	0,482884	0,476311	0,20
28	0,451333	0,448945	0,17
29	0,483582	0,484124	0,23
30	0,465802	0,485316	0,27
31	0,491077	0,484536	0,33
32	0,462597	0,459472	0,33
33	0,488380	0,480639	0,27
34	0,530621	0,524730	0,29
35	0,454785	0,453440	0,18
36	0,492426	0,486539	0,41
37	0,450358	0,448880	0,23
38	0,454203	0,455021	0,22
39	0,527168	0,516453	0,26
40	0,461323	0,459117	0,28
41	0,477159	0,478770	0,26
42	0,489095	0,484718	0,24
43	0,492039	0,483679	0,26
44	0,485423	0,485449	0,24
45	0,460169	0,448877	0,11
46	0,485029	0,483887	0,23
47	0,453293	0,453310	0,26
48	0,480041	0,479788	0,25
49	0,466521	0,463231	0,32
50	0,496706	0,489046	0,20

Quadro A2.b- Dados de densidade básica média, densidade básica média ponderada e volume para cinquenta híbridos *E. grandis* x *E. urophylla*

Árvore	$\rho_{\text{bmédia}}$ g/cm ³	ρ_{bmp} g/cm ³	Volume m ³
51	0,450054	0,446257	0,36
52	0,499456	0,489805	0,53
53	0,453442	0,446931	0,41
54	0,497717	0,492498	0,33
55	0,490368	0,480302	0,64
56	0,523977	0,506830	0,42
57	0,536847	0,532816	0,39
58	0,523358	0,521036	0,49
59	0,509176	0,501475	0,56
60	0,512895	0,508282	0,50
61	0,490449	0,485743	0,42
62	0,508160	0,502696	0,46
63	0,525698	0,516071	0,51
64	0,508066	0,504348	0,58
65	0,459179	0,457073	0,48
66	0,518458	0,511217	0,51
67	0,531130	0,518786	0,42
68	0,487765	0,473377	0,31
69	0,450626	0,441528	0,53
70	0,505715	0,494442	0,49
71	0,498310	0,492906	0,47
72	0,470193	0,462857	0,50
73	0,468776	0,464408	0,49
74	0,495317	0,485617	0,45
75	0,446452	0,440822	0,55

Quadro A2.b- Dados de densidade básica média, densidade básica média ponderada e volume para cinquenta híbridos *E. grandis* x *E. urophylla*, continuação

Árvore	$\rho_{\text{bmédia}}$ g/cm ³	ρ_{bmp} g/cm ³	Volume m ³
76	0,472742	0,463089	0,52
77	0,499587	0,491681	0,45
78	0,513885	0,497821	0,49
79	0,467749	0,461461	0,45
80	0,526943	0,515686	0,53
81	0,531335	0,526952	0,42
82	0,459319	0,459334	0,57
83	0,508662	0,502784	0,44
84	0,459299	0,456217	0,50
85	0,495292	0,492060	0,38
86	0,492168	0,488725	0,36
87	0,528469	0,529413	0,45
88	0,462609	0,463387	0,47
89	0,509026	0,492148	0,45
90	0,519755	0,513283	0,46
91	0,488426	0,480513	0,45
92	0,488300	0,482752	0,47
93	0,490048	0,482449	0,37
94	0,471144	0,468195	0,56
95	0,469028	0,466516	0,48
96	0,503126	0,499616	0,50
97	0,528511	0,523785	0,62
98	0,494751	0,487910	0,49
99	0,480870	0,472757	0,49
100	0,497264	0,486568	0,52

Quadro A2.c- Dados de densidade básica média, densidade básica média ponderada e volume para cinquenta árvores de *E. grandis*

Árvore	$\rho_{\text{bmédia}}$ g/cm ³	ρ_{bmp} g/cm ³	Volume m ³
101	0,501314	0,476270	0,72
102	0,460665	0,452226	0,44
103	0,502960	0,477183	0,63
104	0,490809	0,477969	0,60
105	0,459324	0,451341	0,50
106	0,474731	0,447560	0,60
107	0,417690	0,406943	0,64
108	0,463707	0,451653	0,52
109	0,495996	0,481318	0,68
110	0,403914	0,388276	0,54
111	0,482152	0,474923	0,36
112	0,494615	0,480769	0,60
113	0,406421	0,393797	0,64
114	0,453681	0,447523	0,40
115	0,491637	0,466417	0,76
116	0,461282	0,456582	0,52
117	0,462095	0,466074	0,69
118	0,490637	0,473579	0,65
119	0,401452	0,387866	0,63
120	0,401295	0,389992	0,74
121	0,462059	0,450087	0,69
122	0,496189	0,488005	0,55
123	0,465783	0,450632	0,39
124	0,425349	0,418061	0,54
125	0,417212	0,406895	0,64

Quadro A2.c- Dados de densidade básica média, densidade básica média ponderada e volume para cinquenta árvores de *E. grandis*, continuação

Árvore	$\rho_{b\text{média}}$ g/cm ³	$\rho_{b\text{mp}}$ g/cm ³	Volume m ³
126	0,474253	0,462732	0,69
127	0,498957	0,488936	0,70
128	0,451983	0,432861	0,31
129	0,457721	0,444598	0,73
130	0,417252	0,404762	0,57
131	0,492341	0,483372	0,46
132	0,471624	0,463366	0,42
133	0,491505	0,476521	0,46
134	0,403002	0,396942	0,47
135	0,412658	0,410493	0,55
136	0,416528	0,406138	0,64
137	0,485638	0,466808	0,62
138	0,501901	0,486108	0,55
139	0,499886	0,485847	0,63
140	0,431027	0,423720	0,59
141	0,404592	0,392882	0,70
142	0,389571	0,382259	0,37
143	0,415249	0,408768	0,73
144	0,411907	0,401940	0,55
145	0,508152	0,501266	0,60
146	0,443296	0,435376	0,39
147	0,486224	0,466020	0,60
148	0,428964	0,416848	0,66
149	0,472079	0,462034	0,41
150	0,481043	0,462796	0,49

APÊNDICE 3

Quadro A3.a- Precisões obtidas a partir da média aritmética 1000 amostras de densidade básica em relação à densidade básica média ponderada da população – amostragem acidental simples

Espécie	número de indivíduos amostrados	Precisão a 0% da altura do tronco (g/cm ³)	Precisão à altura do peito (g/cm ³)	Precisão a 25% da altura do tronco (g/cm ³)
<i>E. saligna</i>	2	0,0226	0,0140	0,0130
	3	0,0194	0,0122	0,0105
	4	0,0185	0,0107	0,0091
	5	0,0178	0,0098	0,0085
	6	0,0168	0,0091	0,0080
	7	0,0172	0,0086	0,0077
	8	0,0169	0,0080	0,0073
	9	0,0164	0,0080	0,0069
	10	0,0163	0,0080	0,0069
	15	0,0161	0,0072	0,0064
	20	0,0162	0,0068	0,0061
	30	0,0162	0,0066	0,0060
	Híbrido	2	0,0173	0,0290	0,0161
3		0,0139	0,0285	0,0128
4		0,0120	0,0282	0,0118
5		0,0107	0,0291	0,0110
6		0,0093	0,0281	0,0099
7		0,0089	0,0290	0,0101
8		0,0092	0,0292	0,0106
9		0,0080	0,0285	0,0091
10		0,0074	0,0288	0,0092
15		0,0058	0,0288	0,0080
20		0,0051	0,0288	0,0078
30		0,0041	0,0287	0,0076
<i>E. grandis</i>		2	0,0364	0,0236	0,0217
	3	0,0315	0,0197	0,0191
	4	0,0289	0,0159	0,0162
	5	0,0287	0,0151	0,0162
	6	0,0264	0,0135	0,0162
	7	0,0269	0,0127	0,0155
	8	0,0265	0,0112	0,0145
	9	0,0264	0,0110	0,0146
	10	0,0254	0,0111	0,0146
	15	0,0254	0,0089	0,0142
	20	0,0251	0,0082	0,0144
	30	0,0250	0,0072	0,0143

Quadro A3.b- Precisões obtidas a partir da média aritmética 1000 amostras de densidade básica em relação à densidade básica média ponderada da população – amostragem acidental estratificada por classe de diâmetro à altura do peito (DAP)

Espécie	número de indivíduos amostrados	Precisão a 0% da altura do tronco (g/cm ³)	Precisão à altura do peito (g/cm ³)	Precisão a 25% da altura do tronco (g/cm ³)
<i>E. saligna</i>	3	0,0190	0,0117	0,0101
	4	0,0182	0,0105	0,0092
	5	0,0188	0,0086	0,0069
	6	0,0188	0,0079	0,0068
	7	0,0169	0,0081	0,0073
	8	0,0171	0,0077	0,0067
	9	0,0180	0,0068	0,0059
	10	0,0174	0,0068	0,0060
	15	0,0182	0,0055	0,0049
	30	0,0174	0,0055	0,0052
Híbrido	3	0,0124	0,0269	0,0122
	4	0,0108	0,0285	0,0109
	5	0,0117	0,0302	0,0123
	6	0,0106	0,0304	0,0114
	7	0,0087	0,0288	0,0099
	8	0,0082	0,0290	0,0096
	9	0,0082	0,0295	0,0097
	10	0,0069	0,0270	0,0072
	15	0,0053	0,0267	0,0056
	20	0,0042	0,0272	0,0058
	30	0,0041	0,0288	0,0076
<i>E. grandis</i>	3	0,0295	0,0190	0,0180
	4	0,0299	0,0160	0,0165
	5	0,0264	0,0147	0,0173
	6	0,0267	0,0134	0,0169
	7	0,0262	0,0128	0,0154
	8	0,0252	0,0122	0,0161
	9	0,0257	0,0113	0,0153
	10	0,0252	0,0106	0,0156
	15	0,0243	0,0096	0,0158
	20	0,0240	0,0088	0,0157
	30	0,0237	0,0079	0,0156

Quadro A3.c- Precisões obtidas a partir da média aritmética 1000 amostras de densidade básica em relação à densidade básica média ponderada da população – amostragem acidental estratificada por classe de volume da árvore

Espécie	número de indivíduos amostrados	Precisão a 0% da altura do tronco (g/cm ³)	Precisão à altura do peito (g/cm ³)	Precisão a 25% da altura do tronco (g/cm ³)
<i>E. saligna</i>	3	0,0184	0,0124	0,0108
	4	0,0202	0,0091	0,0080
	5	0,0174	0,0095	0,0081
	6	0,0175	0,0083	0,0073
	7	0,0174	0,0078	0,0065
	8	0,0162	0,0083	0,0074
	9	0,0164	0,0077	0,0069
	10	0,0154	0,0081	0,0074
	15	0,0170	0,0064	0,0057
	20	0,0169	0,0062	0,0057
	30	0,0163	0,0065	0,0059
Híbrido	3	0,0128	0,0265	0,0132
	4	0,0128	0,0290	0,0124
	5	0,0107	0,0295	0,0120
	6	0,0110	0,0300	0,0107
	7	0,0091	0,0280	0,0095
	8	0,0082	0,0291	0,0098
	9	0,0075	0,0290	0,0093
	10	0,0066	0,0299	0,0097
	15	0,0060	0,0284	0,0079
	20	0,0051	0,0288	0,0079
	30	0,0048	0,0289	0,0077
<i>E. grandis</i>	3	0,0322	0,0184	0,0170
	4	0,0290	0,0169	0,0178
	5	0,0278	0,0154	0,0167
	6	0,0275	0,0144	0,0169
	7	0,0271	0,0125	0,0145
	8	0,0267	0,0118	0,0145
	9	0,0260	0,0114	0,0150
	10	0,0254	0,0108	0,0150
	15	0,0251	0,0089	0,0140
	20	0,0255	0,0080	0,0139
	30	0,0250	0,0072	0,0147

APÊNDICE 4

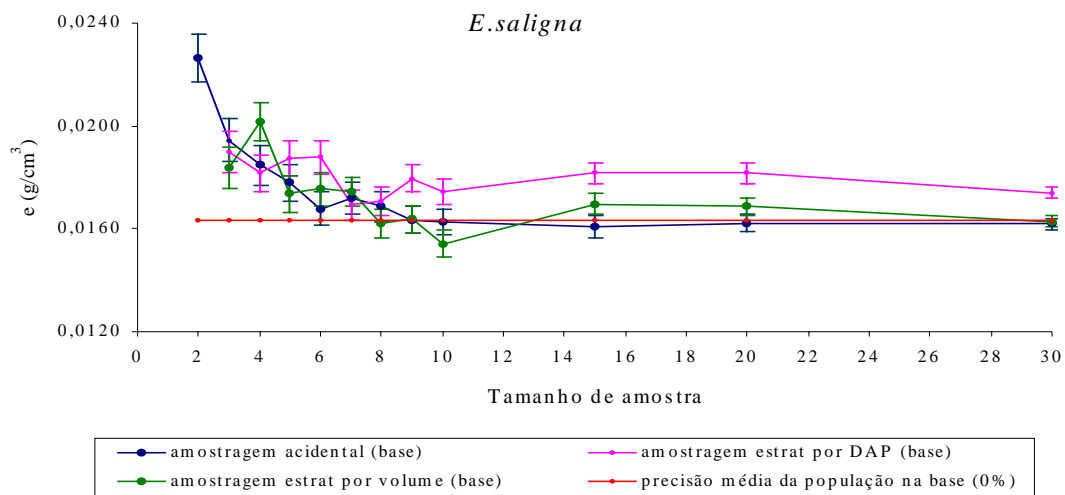


Figura 33– Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas a 0% da altura do tronco para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de *E. saligna*

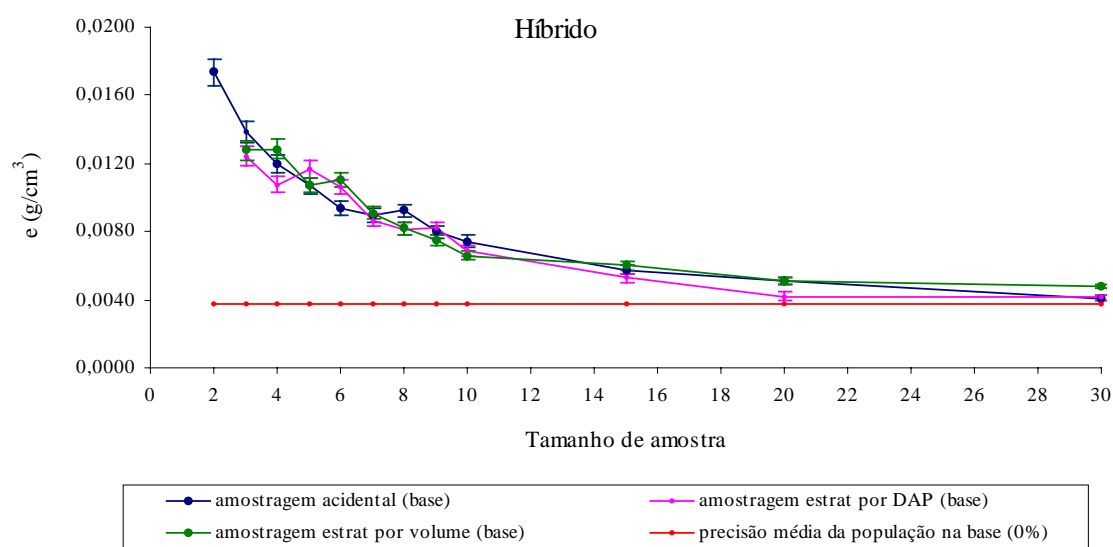


Figura 34– Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas a 0% da altura do tronco para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*)

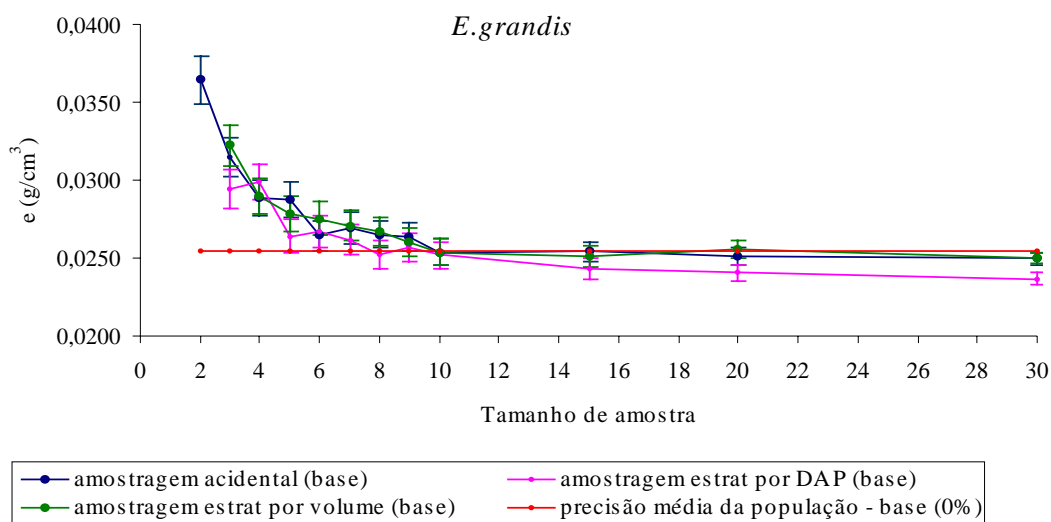


Figura 35- Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas a 0% da altura do tronco para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de *E. grandis*

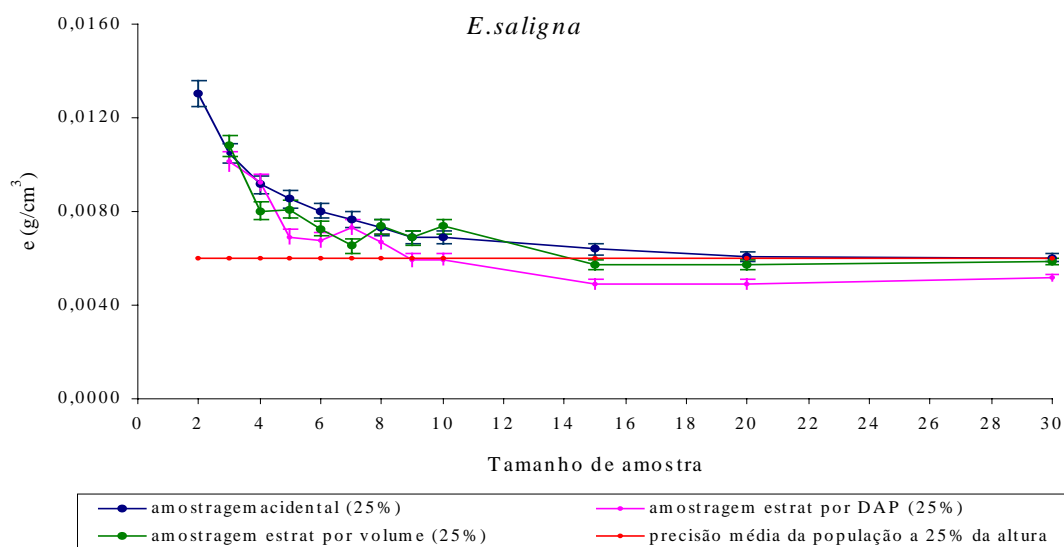


Figura 36- Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas a 25% da altura do tronco para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de *E. saligna*

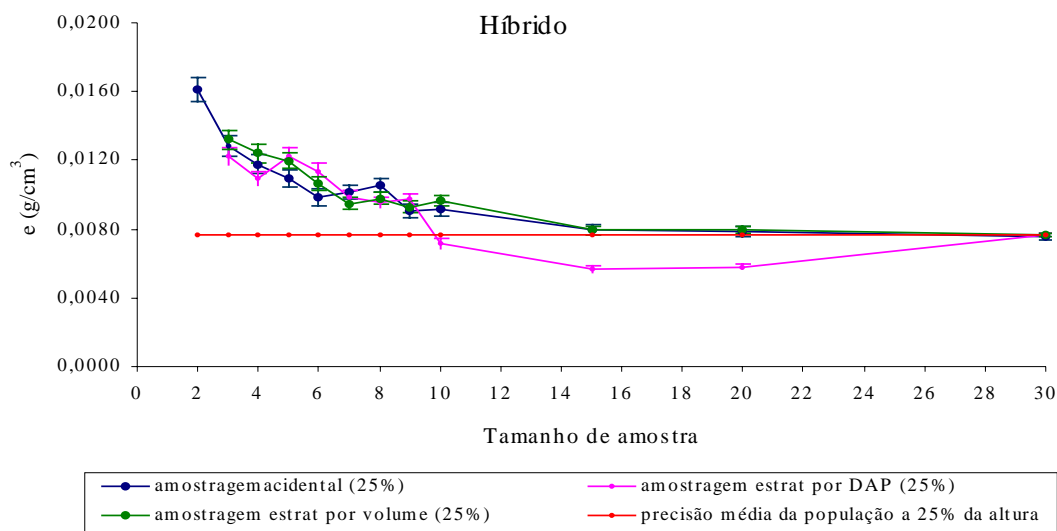


Figura 37- Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas a 25% da altura do tronco para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*)

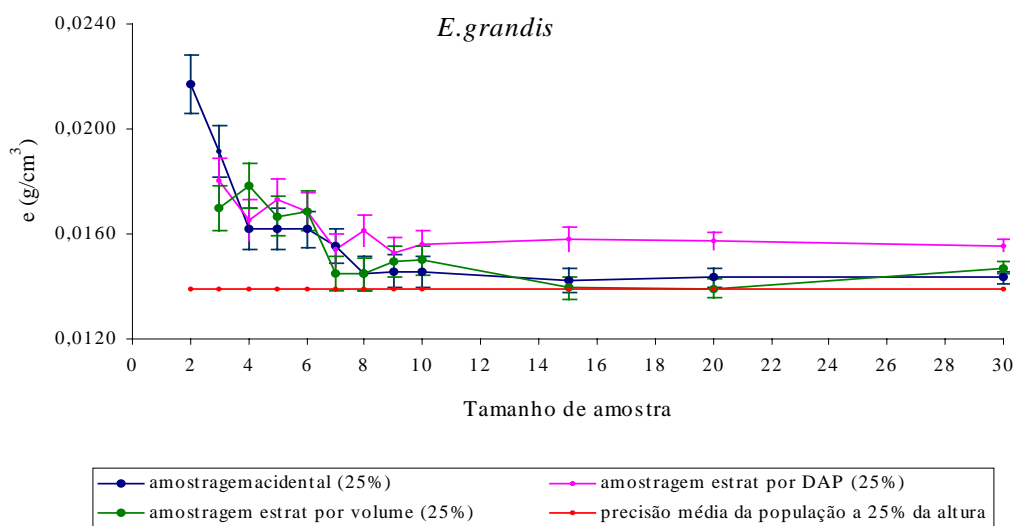


Figura 38- Precisão média e intervalo de confiança (95%) segundo o número de indivíduos amostrados para 1000 amostras coletadas a 25% da altura do tronco para os três critérios avaliados – acidental simples, acidental estratificado por classes de DAP e acidental estratificado por classes de volume – para a população de *E. grandis*