**Estudo da influência do espaçamento de plantio de
Eucalyptus saligna Smith no rendimento em madeira
serrada, nas condições verde e seca**

MARIA JOSÉ DE ANDRADE CASIMIRO MIRANDA

Bacharel em Administração de Empresas

Orientador: Prof. Dr. MARCIO AUGUSTO RABELO NAHUIZ

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Madeiras.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1997

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Miranda, Maria José de Andrade Casimiro

Estudo da influência do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* Smith no rendimento em madeira serrada, nas condições verde e seca / Maria José de Andrade Casimiro Miranda. -- Piracicaba, 1997.

177 p. : il.

Dissertação (mestrado) -- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997.
Bibliografia.

1. Espaçamento 2. Madeira de eucalipto 3. Madeira serrada 4. Rendimento 5.
Tecnologia da madeira I. Título

CDD 674.142

**Estudo da influência do espaçamento de plantio de
Eucalyptus saligna Smith no rendimento em madeira
serrada, nas condições verde e seca**

MARIA JOSÉ DE ANDRADE CASIMIRO MIRANDA

Aprovada em: 05/02/1998

Comissão julgadora:

Dr. Marcio Augusto Rabelo Nahuz

IPT/DPF

Prof. Dr. Mario Tomazello Filho

USP/ESALQ

Prof. Dr. Adriano Wagner Ballarin

UNESP/FCA/Botucatu

Prof. Dr. MARCIO AUGUSTO RABELO NAHUZ
Orientador

Aos meus pais, Mario (*in memoriam*) e Lucília
Aos meus filhos, Fábio e Kátia

DEDICO

Ao Ninini
Aos meus irmãos, Rosa Maria, Júlio e Lucília Maria

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Marcio Augusto Rabelo Nahuz, pela amizade, orientação e incentivo durante a elaboração deste trabalho.
- Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT pela oportunidade de realização deste curso.
- Ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo/Conselho Técnico por ter propiciado condições a realização deste trabalho e por todo apoio técnico e logístico dispensado na coleta e fornecimento do material, na pessoa do Eng. Flor. Antonio Orlando da Luz Freire e demais funcionários da Estação Experimental de Itapetininga.
- À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos que permitiu a execução deste trabalho.
- Aos Professores do Curso de Ciência e Tecnologia de Madeiras da ESALQ pelas informações e orientações prestadas ao longo do curso.
- Aos Profs. Dr. José Nivaldo Garcia e Dr. José Walter Simões, pelas sugestões e colaboração.
- Ao Dr. Rubens Dias Humphreys, pelo estímulo, sugestões e auxílio valioso nas análises estatísticas.
- As bibliotecárias Aparecida H. Sagawa e Paula K. Y. Ielo pelo apoio e camaradagem.
- A todos colegas da DPF, em especial aqueles do Agrupamento de Indústrias de Base Florestal, companheiros

do dia a dia, pelo apoio e colaboração e, em particular, ao Eng. Flor. Erwin Renato Perez Jara.

- À Ana Lúcia Kikuchi, pelo valioso apoio prestado nas medições.
- Ao meu cunhado, Edson G. Adriano, pela ajuda na confecção dos desenhos.
- Aos amigos Bea, Geraldo, Inês, Lorena, Sergio, Catia, pelo estímulo e amizade desenvolvida durante o curso.
- A Aparecida Marinho Pasquino, pela sua amizade sincera, apoio e força em todos os momentos, e em particular, na época da perda de meu pai.
- Aos familiares, pela minha ausência, pelo incentivo, pelo encorajamento nas horas de dúvidas e pela constante participação na luta do dia a dia, a reafirmação de que a vitória é de todos!
- A todos aqueles que prestaram, sua amizade e apoio direto ou indireto durante a realização deste curso e que tiveram seus nomes aqui omitidos.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE FIGURAS DOS ANEXOS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE TABELAS DOS ANEXOS	xii
RESUMO	xiv
SUMMARY	xvii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 <i>Eucalyptus saligna</i> - Ocorrência natural e potencial de uso	6
2.2 Espaçamento no plantio	7
2.3 Desdobro	10
2.4 Tensões de crescimento	17
2.5 Secagem	21
2.5.1 A secagem da madeira de eucalipto	24
2.6. Defeitos	26
2.6.1. Defeitos decorrentes da secagem	26
2.6.2. Outros defeitos	32
2.7 Rendimento	33
2.7.1 Fatores inerentes a madeira	35
2.7.2 Fatores inerentes ao equipamento	38
2.7.3 Fatores inerentes ao processo	41
2.8. Modelos estimadores	42
3 MATERIAL E MÉTODO	44

	Página
3.1 Material	44
3.2 Método	46
3.2.1 Desdobro	50
3.2.2 Secagem	54
3.2.3 Avaliação de defeitos	55
3.2.3.1 Rachas superficiais e nas extremidades da tábua	56
3.2.3.2 Empenamentos	56
3.2.3.3 Colapso	57
3.2.3.4 Esmoadado	58
3.2.3.5 Nós	59
3.2.3.6 Outros defeitos.....	59
3.2.4 Classificação	59
3.2.5 Análise estatística dos dados	60
3.2.5.1 Falhas	60
3.2.5.2 DAP - Diâmetro à altura do peito.....	62
3.2.5.3 Rendimento em madeira serrada	63
3.2.5.4 Índice de rachamento	64
3.2.5.5 Associação entre variáveis.....	66
3.2.6 Modelos de regressão.....	67
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4.1 Falhas	68
4.2 DAP	69
4.3 Rendimento em madeira serrada	73
4.3.1 Madeira serrada na condição verde.....	73
4.3.2 Madeira serrada na condição seca	77
4.4 Volumes de toras e tábuas produzidas	81
4.4.1 Volume de toras	81
4.4.2 Volume de tábuas produzidas	83
4.5 Índice de rachamento das tábuas	86
4.5.1 Após o desdobro (IR)	86
4.5.2 Após a secagem (IRS)	89
4.6 Características de desdobro da espécie investigada	91
4.6.1 Rendimento	92
4.6.2 Tendência ao rachamento	95
4.6.3 Dimensão das peças produzidas	102

4.6.3.1 Largura das tábuas	102
4.6.3.2 Comprimento	105
4.7 Avaliação de defeitos decorrentes da secagem e outros	107
4.7.1 Rachas superficiais e nas extremidades das tábuas	107
4.7.2 Empenamentos	108
4.7.2.1 Encurvamento	108
4.7.2.2 Arqueamento	110
4.7.2.3 Encanoamento	112
4.7.2.4 Torcimento	115
4.7.2.5 Encurvamento complexo	115
4.7.3 Colapso	115
4.7.4 Esmoado	116
4.7.5 Bolsas de resina.....	121
4.7.6 Nós	121
4.7.7 Outros defeitos	124
4.8 Classificação de madeira serrada	126
4.9 Associação entre variáveis	128
4.10 Modelos estatísticos estimadores da produção de madeira serrada de eucalipto	131
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO	135
ANEXOS	138
ANEXO 1 - Avaliação de defeitos	139
ANEXO 2 - Resumo das classes de classificação da qualidade.....	143
ANEXO 3 - Estatísticas descritivas, por tratamento e bloco, para DAP, rendimentos na condição verde e seca, volumes de toras sem casca, volume de tábuas na condição verde e seca, índice de rachamento após o desdobro e após a secagem, largura largura de tábuas	145
ANEXO 4 - Rendimento em madeira serrada, nas condições verde e seca, por tora	159
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Métodos básicos de desdobro: (A) quadro cheio ou cortes paralelos; (B) cortes alternados; (C) duas passagens; (D) cortes radiais	12
2	Secção transversal de uma peça antes e após a ocorrência de colapso	30
3	Medições de diâmetros e comprimento da tora ..	48
4	Medição do encurvamento da tora	49
5	Esquema do método de desdobro cortes simultâneos.....	51
6	Medição das rachas nas extremidades das tábuas	52
7	Histograma de distribuição de freqüências dos DAP's para o tratamento B(3 x 3m)	71
8	Histograma de distribuição de freqüências dos DAP's para o tratamento C(3 x 4m)	71
9	Histograma de distribuição de freqüências dos DAP's para o tratamento D(4 x 4m)	72
10	Histograma de distribuição de freqüências dos rendimentos médios para o tratamento B(3 x 3m), na condição verde	74
11	Histograma de distribuição de freqüências dos rendimentos médios para o tratamento C(3 x 4m), na condição verde	74
12	Histograma de distribuição de freqüências dos rendimentos médios para o tratamento D(4 x 4m), na condição verde	75
13	Histograma de distribuição de freqüências de largura de tábuas	104

Figura		Página
14	Gráfico de dispersão entre volume em madeira serrada na condição verde e o diâmetro da ponta mais fina	131
15	Gráfico de dispersão entre volume em madeira serrada na condição seca e o diâmetro da ponta mais fina	132

LISTA DE FIGURAS DOS ANEXOS

Figura	Página
1.1 Medição do encurvamento	140
2.1 Medição do arqueamento	140
3.1 Medição do encanoamento	141
4.1 Torcimento	141
5.1 Encurvamento complexo	141
6.1 Esmoadado	142

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Porcentagem de rendimento para <i>Pinus radiata</i> , por classe diamétrica e tipo de serra	39
2	Diâmetros médios à altura do peito (DAP) de <i>E. saligna</i> aos 9 anos, por bloco.....	45
3	Estatísticas descritivas para diâmetro à altura do peito das árvores selecionadas para o estudo	47
4	Resultado da prova de tendência para influência de falhas	68
5	Análise de variância aplicada aos valores de DAP's de <i>Eucalyptus saligna</i> aos 9 anos	69
6	Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey aplicado às médias de DAP's.....	70
7	Análise de variância aplicada ao rendimento médio em madeira serrada, na condição verde ..	75
8	Análise de variância aplicada ao rendimento em madeira serrada por tora, na condição verde	77
9	Análise de variância aplicada ao rendimento médio em madeira serrada, na condição seca ...	78
10	Análise de variância aplicada ao rendimento em madeira serrada por tora, na condição seca ...	79
11	Análise de variância aplicada ao volume sem casca das toras desdobradas	81
12	Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey aplicado às médias de volume de toras sem casca	82
13	Análise de variância aplicada ao volume de tábuas produzidas totalizado por tora, na condição verde	83

Tabela	Página
14 Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey aplicado às médias dos volumes de tábuas produzidas totalizados por tora, na condição verde	84
15 Análise de variância aplicada ao volume de tábuas produzidas totalizado por tora, na condição seca	85
16 Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey aplicado às médias dos volumes de tábuas totalizados por tora, na condição seca	86
17 Análise de variância aplicada aos dados de índice de rachamento médio das tábuas, obtido após o desdobro (IR) e transformados em $\sqrt{IR+0,5}$	87
18 Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey aplicado às médias dos índices de rachamento das tábuas (IR), por tratamento ...	88
19 Análise de variância aplicada aos valores de índice de rachamento médio das tábuas, por tora, obtidos após a secagem, transformados em $\sqrt{IRS+0,5}$	90
20 Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey aplicado as médias dos índices de rachamento médio das tábuas por tora, após a secagem (IRS)	91
21 Estatísticas descritivas para as variáveis das toras e das tábuas, para os três tratamentos em conjunto	93
22 Frequência de rachas nas extremidades das tábuas produzidas, após o desdobro e após a secagem	96
23 Estatísticas descritivas para rachas observadas nas tábuas, após o desdobro	97
24 Estatísticas descritivas para rachas observadas nas tábuas, após a secagem	98

Tabela		Página
25	Classes de frequência para índice de rachamento obtido por tábua, após o desdobro .	100
26	Classes de frequência para índice de rachamento obtido por tábua, após a secagem ..	101
27	Estatísticas descritivas para a largura das tábuas obtidas na condição verde, por tratamento	103
28	Classes de frequência de largura das tábuas por tratamento	104
29	Estatísticas descritivas para o comprimento das tábuas obtido após o destopo, por tratamento	105
30	Classes de frequência de comprimento das tábuas após o obtido destopo, por tratamento .	106
31	Frequência de rachas superficiais observadas nas tábuas	107
32	Frequência de encurvamento	108
33	Estatísticas descritivas para encurvamento, por tratamento	109
34	Classes de frequência para encurvamento	109
35	Frequência de arqueamento	110
36	Estatísticas descritivas para arqueamento, por tratamento	111
37	Classes de frequência para arqueamento	112
38	Frequência de encanoamento	113
39	Estatísticas descritivas para encanoamento, por tratamento	113
40	Classes de frequência para encanoamento	114

Tabela	Página
41 Freqüência de colapso avaliado nas tábuas após a secagem	115
42 Freqüência de esmoado	116
43 Estatísticas descritivas para comprimento do esmoado, por tratamento	117
44 Classes de freqüência para comprimento do esmoado, expresso em porcentagem	118
45 Estatísticas descritivas para largura do esmoado, por tratamento	118
46 Classes de freqüência para largura do esmoado, expresso em porcentagem	119
47 Estatísticas descritivas para espessura do esmoado por tratamento	120
48 Classes de freqüência para espessura do esmoado, expresso em porcentagem	120
49 Freqüência de bolsas de resina	121
50 Estatísticas descritivas para nós observados na pior face de cada tábua, por tratamento ...	122
51 Classes de freqüência para índice de nós	123
52 Ocorrência de medula	124
53 Ocorrência de madeira quebradiça	125
54 Ocorrência de furos de insetos	125
55 Resultado da classificação das tábuas	126
56 Desclassificação das tábuas	127
57 Resultados da reclassificação das tábuas, desconsiderando-se o critério de nós	128
58 Resultados da prova não paramétrica de independência	129

Tabela		Página
59	Análise da variância aplicada às regressões, para volume de madeira serrada nas condições verde e seca	133
60	Estimativa dos parâmetros dos modelos para estimar os volumes em madeira serrada nas condições verde e seca	133

LISTA DE TABELAS DOS ANEXOS

Tabela	Página
1.3 Estatísticas descritivas para DAP's, por tratamento e bloco	146
2.3 Estatísticas descritivas para rendimento em madeira serrada na condição verde, por tratamento e bloco	147
3.3 Estatísticas descritivas para rendimento em madeira serrada na condição seca, por tratamento e bloco	148
4.3 Estatísticas descritivas para volumes de toras sem casca, por tratamento e bloco	149
5.3 Estatísticas descritivas para volumes de tábuas produzidas na condição verde, por tratamento e bloco	150
6.3 Estatísticas descritivas para volumes de tábuas produzidas na condição seca, por tratamento e bloco	151
7.3 Estatísticas descritivas para índice de rachamento após o desdobro (IR), por tratamento e bloco	152
8.3 Estatísticas descritivas para índice de rachamento após a secagem (IRS), por tratamento e bloco	153
9.3 Estatísticas descritivas para as variáveis de toras e de tábuas, para o tratamento B(3 x 3m)	154
10.3 Estatísticas descritivas para as variáveis de toras e de tábuas, para o tratamento C(3 x 4m)	155
11.3 Estatísticas descritivas para as variáveis de toras e de tábuas, para o tratamento D(4 x 4m)	156

Tabela	Página
12.3 Estatísticas descritivas para largura de tábuas, por tratamento e bloco.....	157
13.3 Estatísticas descritivas para comprimento das tábuas, por tratamento e bloco.....	158
1.4 Dados de volumes de toras, madeira serrada e rendimento nas condições verde e seca, para o tratamento B(3 x 3m)	160
2.4 Dados de volumes de toras, madeira serrada e rendimento nas condições verde e seca, para o tratamento C(3 x 4m)	161
3.4 Dados de volumes de toras, madeira serrada e rendimento nas condições verde e seca, para o tratamento D(4 x 4m)	162

**Estudo da influência do espaçamento de plantio de
Eucalyptus saligna Smith no rendimento em madeira serrada,
nas condições verde e seca**

Autora: MARIA JOSÉ DE ANDRADE CASIMIRO MIRANDA

Orientador: PROF. DR. MARCIO AUGUSTO RABELO NAHUZ

RESUMO

De um experimento de blocos casualizados instalado na Estação Experimental de Itapetininga, com *Eucalyptus saligna* Smith, com idade de 9 anos, onde os tratamentos correspondem a diferentes espaçamentos, foram selecionados três espaçamentos com a finalidade de estudar sua possível influência no rendimento em madeira serrada, nas condições verde e seca.

Foram selecionadas e abatidas 24 árvores por tratamento. De cada árvore, foram utilizadas as duas primeiras toras com 4m de comprimento. As toras encaminhadas para serraria foram medidas e a seguir desdobradas, pelo método de cortes simultâneos. Nas tábuas produzidas foram quantificadas as rachas nas extremidades das tábuas, sendo logo após destopadas, medidas suas dimensões e avaliados defeitos como: madeira quebradiça, bolsas de resina, nós e furos de insetos.

As tábuas foram empilhadas para secagem ao ar livre até atingirem o teor de umidade de equilíbrio com o meio ambiente.

Após a secagem, as tábuas foram reavaliadas, sendo medidas as dimensões e as rachas nas extremidades das mesmas, bem como avaliados os defeitos: decorrentes da secagem.

Foram calculados os volumes de toras, tábuas nas duas condições higrométricas, bem como os rendimentos respectivos. Foi aplicada análise de variância aos valores médios obtidos para rendimentos e índices de rachamento.

Foram obtidas algumas características de desdobro da espécie investigada, avaliação de defeitos e classificação do material serrado.

Os modelos estimadores de volume de madeira serrada foram obtidos através de análise de regressão simples.

As principais conclusões do presente trabalho são:

- os espaçamentos de plantio mais abertos não levaram ao aumento de rendimento de madeira serrada nas condições verde e seca, dentro do intervalo de diâmetros amostrados;

- não foi possível estabelecer relação entre espaçamento de plantio praticado e rachamento nas tábuas após o desdobro ou após a secagem. Pode-se afirmar que outros fatores não claramente esclarecidos podem estar afetando a diferenciação encontrada nos diversos espaçamentos; e

- reafirma-se a necessidade de práticas silviculturais apropriadas (desbastes, desramas, etc) que certamente levarão a uma maior produção de madeira serrada, de melhor qualidade, com características físicas desejáveis e com um mínimo de defeitos. O melhoramento genético e

técnicas de propagação vegetativa aplicadas a esta espécie de eucalipto, possibilitarão a criação de florestas altamente produtivas, gerando madeira mais uniforme e de alto rendimento. Estes aspectos relacionados à matéria prima, aliados ao processamento em equipamentos adequados, certamente elevarão a qualidade e o aproveitamento desta madeira.

**Study of influence of plant spacing of
Eucalyptus saligna Smith on the sawnwood recovery rate
in the green and dry conditions**

Author: MARIA JOSÉ DE ANDRADE CASIMIRO MIRANDA

Adviser: PROF. DR. MARCIO AUGUSTO RABELO NAHUIZ

SUMMARY

A completely randomized-design experiment of 9-year *Eucalyptus saligna* Smith, installed at the Itapetininga Experimental Station at different spacings, was selected as a source of material to study the possible influence of 3 different spacings on the recovery rate of sawnwood in the green and dry conditions.

From each spacing, 24 trees were selected and felled. Each tree yield two 4-m logs, which were sent to the mill, measured and immediately sawn, by the cant sawing method. The end splits occurring on the resulting boards were registered prior to transporting the produced lumber to IPT - São Paulo. Upon arrival, the boards had their ends trimmed, and then, length, width and thickness of each piece was tallied. Defects such as brittle heart, kino veins, knots and insects holes were also evaluated.

The sawn boards were then piled up for air drying, after which a further evaluation was carried out, by measuring their dimensions, splits (end and surface), collapse, warping and wane.

Volumes of logs and boards in both green and dry conditions, as well as the lumber recovery rates were calculated. The comparison among average lumber recovery rates and among split indexes of the several spacings (treatments) was carried out through analysis of variance. Additional processing characteristics of the species were recorded and the evaluation of defects and classification of the sawnboards were carried out.

The estimation models for sawnwood volume in the green and dry conditions were obtained by simple linear regression.

The main conclusions of this study were:

- wider spacings did not affect the lumber recovery rates determined in the green and dry conditions;
- no relationships between spacings and split indexes after sawing an airdrying were detected; any differences found between spacings originated from the interaction of factors not entirely explained;
- the need for appropriate silvicultural practices such as thinning, delimbing, and others, is strongly stressed and recommended; this will result bigger and better production of sawnwood, with favourable physical characteristics and reduced defect occurrence;
- genetic improvement and vegetative propagation techniques will contribute to cultivation of highly productive forests, produce more and better wood.

It is expected that these relating to the raw material, added to the mechanical processing by adequate equipment will definitely enhance the best utilization of *Eucalyptus* wood.

1 INTRODUÇÃO

A madeira serrada é matéria prima para várias indústrias, como as de móveis, esquadrias, molduras, embalagens e construção civil, que se caracterizam por gerarem grande número de empregos e agregarem valor significativo ao produto.

A produção mundial de madeira serrada em 1994, segundo as estatísticas da FAO, foi de 413,3 milhões de m³, dos quais as coníferas participaram com 74% e as folhosas com 26%. A produção brasileira situou-se em 18,6 milhões de m³, equivalente apenas a 4,5 % do volume mundial, dos quais 46% correspondentes a coníferas e 54% a folhosas (FAO, 1996). A madeira de folhosas originou-se quase que totalmente da floresta amazônica, enquanto que a de coníferas foi produzida principalmente no sul do país, a partir de florestas plantadas de *Pinus* spp.

As exportações mundiais de madeira serrada, em 1994, totalizaram 107,5 milhões de m³ e movimentaram US\$ 24 bilhões. A participação brasileira na exportação mundial é pouco expressiva, estando estimada em torno de 1,4 milhão de m³ ou seja apenas 1% do total, correspondendo a US\$ 358.504 mil (FAO, 1996).

Inúmeros estudos e projeções de demanda para os produtos de origem florestal baseados no crescimento populacional, vêm sendo desenvolvidos por especialistas, e

têm demonstrado uma tendência de aumento da demanda por produtos de madeira para o ano 2000. Segundo Vianna Neto (1993), o Brasil possui boas perspectivas de participação no mercado mundial, devido a grande disponibilidade e baixo custo da terra; a sua localização nos trópicos, a alta produtividade florestal, e à disponibilidade de mão-de-obra, com o custo de produção de madeira entre os mais baixos do mundo.

Os movimentos ambientalistas mundiais criam pressões que resultam no estabelecimento de leis que protegem os recursos naturais existentes, criando obstáculos à exploração e comercialização das madeiras nativas tradicionalmente utilizadas.

A Organização Internacional de Madeiras Tropicais - ITTO aprovou, em maio de 1992, uma resolução denominada "Meta para o ano 2000" ("Target 2000"), que obrigará todos os exportadores de madeiras tropicais a explorarem suas florestas em regime sustentado até aquela data. Países como Áustria e Holanda, não importam madeira tropical sem certificação de origem (Freitas & Brito Neto, 1993).

O aumento do consumo de madeira e o distanciamento das reservas naturais em relação aos centros consumidores, têm prejudicado o abastecimento da matéria-prima constituída por espécies tradicionais oriundas, principalmente, da floresta amazônica. Estes fatos têm onerado a madeira em sua aplicação final, devido à incidência dos custos de frete.

Considerando as previsões de "déficit" da madeira de Pinus (Ramos, 1993), a alternativa para atender à demanda crescente de madeira serrada para uso geral, será a utilização de espécies do gênero *Eucalyptus* de baixa

densidade e rápido crescimento (Freitas & Brito Neto, 1993).

O Brasil é um país que possui vasta área de florestas homogêneas de eucalipto. As indústrias florestais brasileiras reflorestaram com eucalipto cerca de 3.600.000 ha (Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose, 1993; Prado, 1995; SBS, 1990).

A utilização da madeira de eucalipto tem sido direcionada predominantemente para a produção de pasta celulósica, papel, chapas de fibra, geração de energia, postes e moirões. A maioria das pesquisas vem sendo conduzida em função destes usos.

No final da década de 80 a crise nos setores de celulose e papel e siderurgia, causada pela acentuada queda nos preços internacionais desses produtos, contribuiu para que as empresas com grandes extensões de área plantada, procurassem outras alternativas para o uso da madeira de eucalipto, impulsionando assim, sua utilização como madeira serrada.

No processamento mecânico a madeira de eucalipto é ainda pouco utilizada, pois apresenta algumas características que dificultam seu uso, como: tensões de crescimento, madeira juvenil, colapso, nós, empenamento, bolsas de resina, variabilidade de propriedades e alta retratibilidade (Ponce, 1995). A fim de se intensificar a utilização da madeira de eucalipto na forma serrada existe a necessidade de maior investigação, a exemplo do que ocorre em outros países, como Austrália, África do Sul, Chile, Nova Zelândia, Uruguai e Argentina.

O sucesso no processamento e utilização da madeira de eucalipto deve ser baseado no melhor conhecimento de suas características e das causas de sua

variação. Desta forma, as pesquisas devem ser conduzidas para determinar a aptidão da madeira serrada de eucalipto para vários usos, além de buscar métodos para manter, modificar e melhorar suas características.

O rendimento em madeira serrada é influenciado direta ou indiretamente por uma série de fatores ligados às características da madeira e aos aspectos silviculturais e tecnológicos.

O espaçamento praticado no plantio é um dos principais fatores que afetam a formação das florestas, seus tratos culturais, a qualidade da madeira, sua extração e conseqüentemente, os custos de produção (Simões et al., 1976).

A escolha do espaçamento de plantio fundamenta-se no uso final da madeira. Inúmeros estudos foram desenvolvidos com vistas à produção de madeira para celulose e/ou chapas de fibra. Considerando-se a diversidade de comportamento das espécies florestais e as diferentes qualidades de madeiras exigidas para cada uso, sabe-se que o espaçamento ideal para celulose não é o mesmo indicado para produção de madeira para serraria (Balloni & Simões, 1980).

Este trabalho teve como objetivos:

- estudar a influência do espaçamento praticado no plantio de *Eucalyptus saligna* Smith, no rendimento da madeira serrada obtida pelo método de desdobro de cortes simultâneos, nas condições verde e seca;
- determinar características de desdobro da espécie investigada, incluindo rendimento, tendência ao rachamento, qualidade e dimensões das peças;
- avaliar nas tábuas os defeitos decorrentes da secagem e outros; e

- desenvolver modelos estatísticos para estimar a produção de madeira serrada de eucalipto, verde e seca, para uso geral, a partir de medições em toras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Eucalyptus saligna* - Ocorrência natural e potencial de uso

O *Eucalyptus saligna* Sm., segundo Golfari et al. (1978), é uma espécie muito próxima do *E. grandis* nos aspectos botânico, ecológico e silvicultural. Sua área natural de ocorrência apresenta forma descontínua, indo desde Bateman's Bay, NSW (quase 36°), até oeste de Mackay, Qld (21°), na Austrália. A árvore, em geral, apresenta boa forma de fuste, elevada percentagem de rebrota depois do corte e resistência ao fogo (Hillis & Brown, 1978).

É extensamente plantada na África, Nova Zelândia e América do Sul (Brasil, Argentina e Uruguai). Existem também pequenas plantações na América Central (CATIE, 1986).

Quando plantada em locais favoráveis, atinge de 40 a 50 m de altura. O tronco é reto e de boa forma, sendo uma espécie de rápido crescimento com uma taxa similar à do *E. grandis*. Em New South Wales, Austrália, é das madeiras mais importantes para construção em geral, sendo indicada também para assoalhos. A coloração do cerne varia do rosa ao vermelho, mas o alburno é distintamente pálido. É moderadamente durável, de textura grosseira e usualmente apresenta grã direita. É de fácil trabalhabilidade,

acabamento e polimento. Sua densidade básica varia de 495 a 770 kg/m³ (FAO, 1981; Hillis & Brown, 1978).

No Brasil, esta espécie apresenta crescimento rápido, fuste com boa forma, sendo a sua madeira apta para celulose e serraria (Golfari & Pinheiro Neto, 1970).

Nogueira (1991), a partir das conclusões obtidas em estudo conduzido com dezesseis espécies de eucalipto, indica *E. saligna* para lambris, painéis, molduras e perfilados, guarnições, cordões, forros, rodapés, vigas, caibros e ripas.

Gaiotto (1993) avaliando a madeira de *E. saligna* para produção de lâminas, concluiu que é possível utilizar lâminas dessa espécie para a manufatura de compensados, sendo, entretanto, o seu uso limitado ao miolo, devido à grande incidência de nós e rachaduras laterais.

Pesquisas desenvolvidas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT e outras instituições, demonstraram que o *E. saligna* tem apresentado bom desempenho na produção de protótipos de móveis, principalmente aqueles estruturados, como cadeiras e mesas, e em estrutura de telhados (Ponce, 1995).

2.2 Espaçamento no Plantio

O espaçamento é de grande importância para o desenvolvimento das árvores sob os aspectos tecnológico, silvicultural e econômico. Pode influenciar várias características quantitativas e qualitativas, interferindo significativamente na morfologia das árvores e no seu crescimento, em particular no diâmetro, independente de suas características genéticas (Coelho et al., 1970; Brasil

& Ferreira, 1971; Mello et al., 1971 e 1976; Shimoyama & Barrichelo, 1989).

Diversos fatores como a forma de crescimento do sistema radicular, o crescimento da parte aérea em relação à tolerância da espécie, a fertilidade do solo, as desramas naturais, a finalidade da plantação e a mecanização das operações, condicionam o espaçamento a ser utilizado (Simões et al., 1976).

Montagna et al. (1973) afirmam, em seu trabalho, que entre os numerosos fatores que têm alguma influência na qualidade da madeira sobressai o do espaçamento, tanto em coníferas como de folhosas.

Stape et al. (1989) mencionam que o espaçamento é influenciado por fatores abióticos do meio: água, luz, nutrientes. Quanto menor a disponibilidade de cada um deles, menor a capacidade de suporte do site, sendo necessário espaçamentos maiores. Destacam ainda, que o espaçamento condiciona, para cada espécie e site, o número de tratos culturais a serem efetuados, o volume de madeira produzido, o sortimento da madeira de acordo com a finalidade de uso, a taxa de mortalidade e dominância, a idade de estagnação e idade de corte, as práticas de exploração e manejo, a densidade básica, a percentagem de casca e o volume da copa, entre outros aspectos.

Em espaçamentos menores, o volume total de madeira por hectare é maior porém, o diâmetro individual das árvores é menor (Simões et al., 1976). Espaçamentos mais abertos entre linhas, facilitam a mecanização dos tratos culturais realizados após o plantio, assim como a extração da madeira proveniente dos cortes.

Com o objetivo de comparar a produção de madeira destinada à fabricação de chapas de fibra obtida de

espaçamento de 3,0 x 1,5m e 3,0 x 2,0m, Coelho et al.(1970) trabalhando com *Eucalyptus saligna*, *E. grandis*, *E. alba* e *E. propinqua*, no município de Itupeva, SP, verificaram que o volume empilhado de madeira com casca/ha, produzido aos 5 anos, foi maior no espaçamento 3,0 x 1,5 m, embora o diâmetro médio dos indivíduos tenha sido maior no espaçamento 3,0 x 2,0 m.

Com a finalidade de se detectarem diferenças no volume produzido destinado à fabricação de celulose de *Eucalyptus saligna*, *E. alba*, *E. grandis* e *E. propinqua*, no município de Mogi-Guaçu, SP, em função de variações de espaçamento, foi realizado um trabalho por Mello et al.(1971), onde concluiu-se que as plantas em espaçamento de 3,0 x 2,0 m apresentaram maior volume de madeira útil do que em espaçamento de 3,0 x 1,5 m.

Rezende et al. (1981) estudando as madeiras de *E. grandis* e *E. saligna*, aos 24 meses de idade, em 16 diferentes espaçamentos, concluíram que para *E. saligna*, o espaçamento afetou o crescimento em volume e diâmetro, não afetando a altura. Observaram também que o maior crescimento volumétrico foi obtido nos menores espaçamentos e que existiram respostas diferentes das duas espécies aos diferentes espaçamentos.

Uma das conclusões do trabalho de Lacerda & Couto (1993), para definição de espaçamento em plantios de *Eucalyptus* spp mostra que para se obterem árvores de maior diâmetro, deve-se utilizar um espaçamento mais aberto.

Garcia et al. (1991), estudando o comportamento florestal de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* em diferentes espaçamentos, observaram que a produção volumétrica de madeira (m³/ha) aumentou com a redução do espaçamento no

caso de *E. saligna*; e também que a abertura do espaçamento influenciou diretamente no diâmetro e na altura média nas duas espécies.

Visando analisar o manejo para produção de toras de eucalipto de alta qualidade, Obino & Menezes (1995), apresentam os resultados preliminares de pesquisa conduzida com *Eucalyptus grandis* plantado nos espaçamentos 3 x 1,5m, 3 x 2m, 3 x 2,5m, 3 x 3m, 3 x 3,5m e 4 x 3m, encontrando diferenças nos diâmetros e não na altura das árvores.

Se o objetivo do manejo é a obtenção de madeira para serraria ou postes, os espaçamentos não devem ser menores do que 3,0 x 2,5m (Schonau & Cotzee, 1989¹ citados por Bertolani et al., 1995).

Os principais países que plantam eucalipto com o objetivo de se obter madeira para serraria utilizam o espaçamento de 3 x 3m (FAO, 1981).

2.3 Desdobro

A conversão de toras em madeira serrada, através do desdobro em serraria, compreende o processamento de sólidos de seções circular ou elíptica, em peças de seção retangular.

Os métodos de desdobro de uma tora estão ligados à forma e tamanho da mesma, não existindo um único método aplicável a todas as toras (Walker et al., 1993). Os quatro métodos básicos de desdobro são quadro cheio ou cortes

---

¹SCHONAU, A.P.G & COETZEE, J. Initial spacings, stand density and thinning in eucalypts plantations. Forest Ecology Management 29:245-266. 1989.

paralelos, duas passagens, cortes alternados e cortes radiais, ilustrados esquematicamente na Figura 1.

Os métodos cortes alternados (B) e cortes radiais (D) são apropriados somente para toras de diâmetro superior a 50 cm. Em geral, o método de duas passagens (C) apresenta um maior rendimento do que o quadro cheio (A) (Hallock, Stem & Lewis, 1976² citado por Walker et al., 1993) porque no primeiro as costaneiras resultantes podem ser aproveitadas para produzir tábuas pequenas, enquanto que no quadro cheio estas tábuas são perdidas. Além disso, este método provoca um aumento de nós grandes na superfície das tábuas pois, os nós aparecem na face em secção longitudinal, resultando em menor rendimento por classe.

Na prática, vários fatores contribuem para a seleção do método de desdobro: o tipo de serras, a qualidade e o tamanho das toras, a demanda de mercado e o operador da serra. As interações entre esses fatores e seus efeitos não são facilmente explicáveis por simples considerações casuais. Por esses motivos, a utilização de controle por computador vem sendo intensificada nas serrarias mais modernas. A solução ótima de corte pode ser encontrada, uma vez conhecida a geometria da tora, as características da serraria e o tamanho da tora, e estes dados utilizados em um programa de simulação. Em se tratando do processamento de toras de pequeno diâmetro, é aconselhável o corte simétrico próximo à medula, pois as distorções que poderiam ser causadas pelas tensões internas, são redistribuídas na tora (Walker et al., 1993).

---

²HALLOCK, H., STERN, A.R. & LEWIS, D.W. Is there a 'best' sawing method?. USDA, For. Serv., Res. Paper FPL 280. 1976.

Figura 1 - Métodos básicos de desdobro: (A) quadro cheio ou cortes paralelos; (B) cortes alternados; (C) duas passagens; (D) cortes radiais

Chafe (1979)³ citado por Baena (1982) afirma que após a ocorrência de rachaduras ocasionais no topo após o abate, a fase de desdobro é a que mais permite a manifestação das tensões de crescimento, pelo desequilíbrio de forças que é criado, provocando diversos empenamentos e rachas a partir da medula.

³CHAFE, S.C. Growth stresses in trees. Australian Forest Research. Melbourne, 9:293-323, 1979.

De acordo com Leite (1994), o método conhecido como quadro cheio ou cortes paralelos (*live sawn*), é o mais comum no Brasil. As toras são serradas numa mesma direção utilizando-se um conjunto de serras paralelas.

Porém, Penfold & Willis (1961) afirmam que este método que é executado com muita facilidade e precisão pelas serras alternativas, não deve ser usado, pois pode ocasionar sérias perdas e grande parte da madeira de boa qualidade não pode ser aproveitada. Este método de desdobro tem como característica não oferecer resistência às deformações naturais da madeira serrada durante a operação, fazendo com que haja manifestação imediata dos efeitos das tensões de crescimento, que são as maiores causadoras do rachamento das toras e das pranchas durante o desdobro, ocasionando perdas de rendimento e qualidade da madeira serrada.

Garcia (1995) corrobora, destacando que os cortes tangenciais sucessivos não são, do ponto de vista prático, indicados para a produção de madeira serrada em espécies que tenham altas deformações de crescimento. Isto porque, após a retirada de cada tábua, o bloco remanescente se deforma por flexão, pela adaptação à nova distribuição de tensões, implicando na perda de uniformidade da espessura da próxima peça a ser serrada.

Berengut et al., 1973 afirmam ainda que, no método de desdobro de quadro cheio o rachamento quase completo das tábuas ocorre principalmente, naquelas que ocupam posição diametral ou próximas a ela.

O método sul-africano de desdobro relatado por Ramos (1973) é o de duas passagens. Neste método, são feitos dois cortes, paralelos e simultâneos, das costaneiras. Após a retirada das costaneiras, cortam-se as

pranchas ou tábuas com cortes paralelos ao inicial. Este método pode evitar os defeitos que aparecem no desdobro, devidos às tensões de crescimento porém, irá produzir madeira tangencial, que apresenta maiores problemas na secagem e maior instabilidade dimensional durante o seu uso (Galvão, 1976).

Comentando as variações das principais características da madeira de pinus e eucalipto inter e intra árvores, Garcia (1988) afirma que as peças serradas tangencialmente, desde que tenham a largura máxima possível, são melhores do que as radiais, de largura limitada à metade do diâmetro da tora. Observou também existir um gradiente de qualidade acentuado no sentido medula-casca. Em se mantendo este gradiente constante com a altura, o desdobro convencional produziria peças serradas com qualidade progressivamente pior, a partir da extremidade correspondente ao diâmetro mais fino da tora. Este problema seria eliminado no desdobro das toras cilíndricas e parcialmente minimizado por cortes paralelos à casca, conforme salienta o autor.

Já Galvão (1976) cita que nas toras de eucalipto, deve-se procurar obter a maior quantidade possível de madeira radial, que tem menor possibilidade de apresentar defeitos de secagem por se movimentar menos. Menciona ainda que esta prática não é adotada pois, os métodos para obtenção de cortes radiais são mais caros, e, apresentam menor produção e rendimento em madeira serrada, em relação ao método de cortes paralelos. Entretanto, o menor rendimento e produção, seriam largamente compensados por uma redução de defeitos das peças obtidas e seu melhor comportamento em uso.

Em se tratando de eucalipto, o desdobro apropriado é fator importante para a utilização desta madeira (Galvão, 1976).

Ghilardi (1973) estudando o desdobro de toras de *Eucalyptus saligna* com 23 anos de idade, diâmetro à altura do peito (DAP) médio de 34 cm e comprimento de 2,5 m, obteve um rendimento de 64% e um efeito das tensões de crescimento desprezível. O método utilizado compreendeu um esquadrejamento nas quatro faces e, em seguida, o bloco foi desdobrado em serra vertical paralela adaptada para retirar quatro tábuas por corte.

Berengut et al. (1973), em ensaio de desdobro realizado com toras de *Eucalyptus saligna* de 34 anos de idade e DAP médio de 63 cm, compararam quatro métodos de desdobro, obtendo como melhor resultado, aquele em que a tora é esquadrejada em três faces e o bloco resultante é desdobrado em cortes paralelos. Este sistema apresentou as seguintes vantagens: neutralizou as tensões, pela diminuição das partes periféricas, e possibilitou efetuar diversos cortes sem virar a tora.

Montagna et al. (1990), trabalhando com *Eucalyptus punctata* visando diminuir o efeito das tensões de crescimento sob a forma de rachaduras nas tábuas, e comparando dois métodos de desdobro, cortes paralelos e cortes a 1/3 do raio da tora, encontraram maiores índices de rachaduras para o primeiro método, obtendo por conseguinte, um rendimento inferior em madeira serrada.

Procurando comparar esses dois métodos para *E. grandis*, Montagna et al. (1991) obtiveram resultados semelhantes ao estudo mencionado anteriormente, observando também alta variabilidade da intensidade de rachadura entre árvores.

Lisboa (1995) estudando tensões de crescimento em 5 árvores de *Eucalyptus grandis*, provenientes de plantios localizados em Barra Velha, SC, concluiu em seu trabalho que maiores rendimentos qualitativos e quantitativos deverão ser obtidos utilizando-se o processo de desdobro de cortes simultâneos. O autor afirma ainda que na indisponibilidade de equipamentos de serras múltiplas, o desdobro em cortes alternados é indicado.

Segundo Ponce (1995), a solução mais adequada para as indústrias é o corte simultâneo das duas costaneiras, executado primeiramente através de serras duplas de fita ou circulares, alternativas ou canteadoras picadoras (*chipper canter*). Em seguida, o bloco remanescente é desdobrado em serra múltipla. Os rendimentos em madeira serrada obtidos por este método ficam próximos de 50%, para toras entre 15 a 30 cm de diâmetro. É mencionado ainda, o desenvolvimento de novos produtos para o aproveitamento da madeira serrada de menores dimensões originadas de toras de pequeno diâmetro, entre eles, painéis sarrafeados e vigas laminadas.

Novas tecnologias de desdobro, inicialmente desenvolvidas para coníferas de pequeno diâmetro, podem ser adaptadas para o processamento de madeira de eucalipto de pequenas dimensões. Destacam-se o equipamento de varredura (*scanning*) de três dimensões para otimizar decisões de corte, o uso de varredura ótica, a aplicação de serras circulares de pequena espessura, guiadas sobre eixo ranhurado e serras circulares de espessura variável. O sistema de cortes curvos, para serras circulares, desenvolvido na Escandinávia, segue a curvatura natural da tora e resulta em um aproveitamento melhor de cada bloco. Pesquisas desenvolvidas na Suécia demonstram que, aliado ao

maior rendimento volumétrico obtido, o sistema de cortes curvos produz madeira serrada de melhor qualidade em comparação ao corte tradicional (Szymani, 1995).

2.4 Tensões de crescimento

De acordo com a teoria, as tensões de crescimento são geradas dentro do tecido da madeira, nas deposições consecutivas das novas camadas de células a partir do câmbio, durante o desenvolvimento da árvore. Essas novas células tendem a expandir-se lateralmente enquanto, simultaneamente, se contraem no sentido longitudinal. Cada camada de células adicionada ao tronco causa um estado de tensão externa (tração). Como resultado, surgem na parte central do tronco, forças de compressão compensatórias (Kauman et al., 1995; Kubler, 1987; Malan, 1995; Shield, 1995). Esse desenvolvimento compensatório das tensões de compressão pode causar na medula o que se chama de *brittle heart* ou madeira quebradiça, comum em árvores jovens. A tensão de compressão pode ser tão alta que, excedendo a resistência máxima à compressão da madeira, ocasiona o desenvolvimento de grande número de pequenas fraturas de compressão (ou planos de escorregamento) nas paredes das células. No desdobro, estas fraturas apresentam-se na superfície da tábua como regiões de aspecto quebradiço.

Estudos realizados por Jacobs (1945)⁴ citado por Hillis & Brown (1978) demonstraram a existência de um gradiente longitudinal de deformações que ocorre em qualquer seção transversal do tronco. Essas deformações são

---

⁴JACOBS, M.R. The growth stresses of wood stems. Bulletin Commonwealth Forestry Bureau. Camberra, 28:1-67. 1945.

causadas por uma tração longitudinal do tronco, com intensidade crescente na direção da periferia, e uma tensão longitudinal de compressão na parte central do tronco que alcança o valor máximo próximo à medula. À medida que a árvore cresce, estas forças se distribuirão continuamente na área da seção transversal. Consequentemente, a tensão de compressão diminui em magnitude com o aumento de diâmetro. A média da tensão periférica é maior para folhosas do que para coníferas, variando também entre espécies de eucalipto (Nicholson (1973)⁵ citado por Hillis & Brown, 1978).

Após o abate e seccionamento em toras, a zona próxima a casca tende a se retrair longitudinalmente enquanto a zona central da tora sob compressão tende a se expandir. Desta forma, as faces das extremidades da tora tomam a forma côncava e as rachaduras se manifestam.

Segundo Fernandes (1982) as rachaduras e empenamentos que ocorrem na madeira acima do ponto de saturação das fibras, têm origem nas tensões internas de crescimento. Deste modo, as avaliações efetuadas nas toras recém abatidas podem não manifestar o total das tensões de crescimento antes do abate, porém certamente refletem o nível de intensidade dessas forças, sem a presença das tensões de secagem.

A intensidade das tensões de crescimento é altamente variável entre espécies, entre árvores da mesma espécie, e mesmo em diferentes posições dentro da mesma árvore, variando na altura e no sentido medula-casca. Pesquisas realizadas não têm encontrado correlações positivas entre a intensidade das tensões de crescimento e dimensões da árvore, idade, diâmetro do tronco ou taxa de

---

⁵NICHOLSON, J.E. Effects of storage on growth stress in mountain ash logs and trees. Aust. For. 36:114-24. 1973.

crescimento. Entretanto, é geralmente reconhecido que com o crescimento da tora em diâmetro, obtido por desbaste ou ampliação do prazo de rotação, os efeitos das tensões de crescimento são reduzidos (Shield, 1995).

Muitas técnicas têm sido aplicadas na tentativa de reduzir o efeito das tensões de crescimento antes do desdobro. No caso de árvores, as técnicas têm incluído a sua morte antes do abate e desfolhamento parcial através de herbicidas. Para toras, têm incluído a secagem ao ar de toras sem casca, o seu armazenamento na água ou vaporização, o aquecimento das toras, o emprego de selantes nos topos das toras ou de conectores metálicos do tipo *gang-nails*. Não pode ser afirmado que estas técnicas sejam totalmente seguras na minimização dos efeitos das tensões de crescimento (Malan, 1995; Ponce, 1995; Shield, 1995).

Andrade (1961) comentando a tendência natural do eucalipto em rachar, menciona que não é uma questão de secagem perfeita ou não mas sim, um fenómeno intimamente ligado à estrutura da madeira, à disposição de suas fibras e às tensões internas. Na árvore abatida, rompe-se o equilíbrio entre a tensão externa e a compressão interna e são produzidas as rachas.

De Villiers (1973) afirma que o fator responsável pelo baixo aproveitamento em madeira serrada oriunda de *Eucalyptus* spp de rápido crescimento, é a tendência ao rachamento das toras antes e durante a operação de desdobro. As altas tensões de crescimento nas árvores são as principais causas dessas rachaduras, principalmente nas extremidades da tora.

Malan (1979) aludindo aos incrementos propiciados por técnicas silviculturais que visam rápido crescimento, encontrou pequena, porém significativa correlação positiva

entre o incremento médio anual e níveis de rachaduras em *Eucalyptus grandis* de diferentes idades na África do Sul.

Baena (1982) estudando a utilização de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis* jovens na confecção de sarrafos, concluiu que o *E. grandis* apresentou maior proporção de perdas devidas às rachaduras de topo, sugerindo que esta espécie apresentava maiores níveis de tensões de crescimento. Obteve também, como resultado, um melhor desempenho na secagem ao ar livre de *E. saligna* em comparação com o *E. grandis*.

As relações das tensões de crescimento em cinco progênies de *E. urophylla* com variações de densidade da madeira, foram investigadas por Fernandes (1982), obtendo resultados que permitiram concluir a existência de grandes variações das rachaduras nas extremidades dos toretes, sendo as variações dentro de progênies maiores do que entre progênies.

Contrariando os resultados acima, Fernandes et al. (1989) trabalhando com cinco procedências de *Eucalyptus grandis*, não encontraram variações significativas nos níveis de tensões de crescimento medidos através do índice de rachamento, entre as procedências analisadas. No entanto, testando a correlação entre o índice de rachamento e o DAP, encontraram correlações significativas para as três progênies, onde os valores obtidos através da análise de regressão indicam que o índice de rachadura decresce com o aumento do DAP.

Fernandes & Ferreira (1986)⁶, citados por Fernandes et al. (1989), estudaram as relações entre os níveis das tensões de crescimento e os diâmetros das toras de *Eucalyptus saligna* encontrando correlações altamente significativas. As deformações causadas pelas tensões internas de crescimento diminuíram com o aumento do diâmetro das toras.

Galvão (1976) observando o desdobro de toras de *E. saligna* de 15 anos de idade, verificou que o empenamento apareceu como consequência da desigualdade de comprimento nas pranchas, resultante de tensões não balanceadas que se manifestaram no desdobro.

2.5 Secagem

A secagem é reconhecida atualmente como uma etapa importante no processamento de produtos de madeira que visa agregar valor ao produto final, tendo influência nos custos e na qualidade do mesmo. Por ser uma fase fundamental no processamento da madeira, grande ênfase vem sendo dada no melhoramento da qualidade da secagem e na redução de custos, através de pesquisas realizadas por diversas instituições. No entanto, as informações disponíveis são limitadas, em virtude da variação entre os materiais florestais, persistindo a necessidade de conhecimento em detalhe das características e usos de cada material.

---

⁶FERNANDES, P.S. & FERREIRA, M.C. 1986. Tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus saligna* Smith, e suas relações com diâmetros. In: Congresso Florestal Brasileiro, 5, Olinda - PE, nov. 23-28, 1986. Boletim Técnico IF, São Paulo, 40A:639-655. pt. 2 (Edição Especial).

A secagem da madeira possibilita uma considerável diminuição de massa pela retirada de água, com conseqüente redução de custos de transporte. Além do aspecto econômico, a madeira para ser transformada em produtos ou bens de consumo deve ser seca, pois, este procedimento apresenta as seguintes vantagens: reduz a movimentação dimensional a níveis aceitáveis; melhora a atuação dos vernizes e tintas aplicadas sobre a madeira; reduz o risco de ataque de fungos apodrecedores e manchadores; proporciona melhor qualidade de juntas de colagem; propicia melhor impregnação da madeira com líquidos preservativos e ignífugos; e aumenta a resistência mecânica (Galvão & Jankowsky, 1985; Walker *et al.*, 1993).

A madeira proveniente de árvores recém-abatidas, apresenta alto teor de umidade, que tende a reduzir-se espontânea e lentamente à medida que as toras aguardam o desdobro. Após o desdobro, a umidade continua a diminuir com maior ou menor rapidez em função da espécie, das condições ambientais, das dimensões das peças e do empilhamento utilizado (Galvão & Jankowsky, 1985).

Siau (1971) cita que a água perfaz um percentual de até 75% do peso da madeira recém-abatida. Panshin & Zeeuw (1980) mencionam que a madeira contém apreciável quantidade de água, em torno de 100 a 200%, quando considerada em relação ao seu peso seco.

Durante a secagem da madeira, a primeira a sair é a água livre contida nas cavidades celulares. Quando toda a água livre da célula tiver se evaporado, mas sua parede permanecer saturada, terá sido alcançado o Ponto de Saturação das Fibras (PSF). As dimensões de uma peça de madeira até este estágio não se alteram. Entretanto, o processo de secagem continua e, abaixo do PSF, as

contrações acontecem devido à perda da umidade contida nas paredes celulares. A partir deste ponto, é necessária uma quantidade maior de energia para evaporar esta água, visto que a atração entre a madeira e a água precisa ser vencida (Ponce & Watai, 1985).

A taxa de movimentação da água na madeira depende da umidade relativa do ar, do gradiente de umidade contido na peça (interior vs exterior), da temperatura da madeira, da direção da grã, da permeabilidade da madeira e da sua densidade.

Panshin & Zeeuw (1980) reportam que as variações dimensionais durante a secagem são diferentes para várias seções da peça, devido à natureza anisotrópica da madeira.

Galvão (1976) observou menor instabilidade e menor ocorrência de defeitos na secagem das peças com predominância de madeira disposta radialmente, quando comparadas com as peças onde os anéis distribuíam-se tangencialmente. Corroborando esse aspecto, Wallis (1970)⁷ citado por Baena (1982) menciona o uso mais difundido de peças radiais na Austrália, devido ao seu comportamento mais estável quando em uso.

Edwards (1973) destaca que as tensões surgidas durante a secagem são acentuadas nas madeiras de curta rotação, rápido crescimento e pequenas dimensões.

Muitos defeitos podem ser minimizados pela secagem cuidadosa ao ar, e podem ser eliminados pelo controle de secagem em secadores artificiais.

Com respeito à secagem ao ar livre, há uma série de condições não controláveis que interferem na velocidade de secagem, como temperatura, a umidade relativa do ar e a

---

⁷WALLIS, N.K. Australian timber handbook. 2 ed. Wydney, Augus & Robertson. 391p. 1970.

ventilação. Entretanto, a aplicação de técnicas adequadas de construção de pilhas e pátios, possibilita a realização da secagem ao ar em menor prazo e com qualidade melhor, com um mínimo de defeitos. Este método de secagem porém, apresenta uma série de custos como de mão-de-obra, da terra, de investimento, de manutenção de pátio e juros sobre o capital investido e sobre o valor da madeira em secagem no pátio, que podem ser relevantes financeiramente, tornando este método não atrativo.

A secagem ao ar livre é indicada para uma pré-secagem da madeira serrada supersaturada de umidade, sendo posteriormente conduzida à estufa para complementação do processo em condições controladas.

2.5.1 A secagem da madeira de eucalipto

O comportamento da madeira de eucalipto na secagem é variável dependendo da espécie, maturidade da árvore, posição na árvore, dimensões e direção de corte da madeira serrada, como também de fatores ambientais como localização da floresta, clima e latitude. Aparentemente, nenhum destes fatores tem uma maior influência do que outros na qualidade do material seco (Campbell & Hartley, 1978; Vermaas, 1995).

De maneira geral, a madeira de eucalipto apresenta-se como de difícil secagem, pois, a saída da água ocorre lentamente e apresenta elevada propensão a defeitos, demandando longo tempo e programas elaborados de secagem.

Kauman *et al.* (1995) mencionam a importância de estabelecimento de programas de secagem individuais para eucaliptos que crescem em diferentes localidades.

Devido à estrutura anatômica da madeira de eucalipto que prejudica o fluxo de líquidos, a fase inicial da secagem deve ser cuidadosamente conduzida. Isso requer não só um programa de secagem mas também que o secador esteja operando sem criar zonas diferenciadas em seu interior (Jankowsky, 1995).

Santini & Tomazelli (1980) destacam a necessidade de empregar baixas temperaturas nos primeiros estágios de secagem devido aos riscos associados à remoção muito rápida da água capilar a altas temperaturas, o que pode resultar em colapso. Salientam ainda que, executar um programa de secagem com sucesso e rapidez depende da compreensão dos fenômenos relacionados com a movimentação da água no interior da madeira.

A secagem convencional (em estufa) ainda é o processo mais utilizado para madeiras de folhosas. No entanto, para madeiras de secagem problemática, é aconselhável a pré-secagem ao ar ou, preferencialmente, em pré-secadores. Os desumidificadores são uma alternativa tecnicamente adequada para a madeira de eucalipto, porém apresentam algumas desvantagens como o alto custo operacional, o que pode torná-los economicamente não atrativos (Jankowsky, 1995).

Quanto ao eucalipto, a secagem deve ser conduzida cuidadosamente, pois sua madeira apresenta tensões fortes, desenvolvidas durante a eliminação da água, que posteriormente originam defeitos irreversíveis. Para amenizar estes problemas, deve-se utilizar uma combinação de temperaturas baixas e altas umidades relativas dentro dos secadores, tornando a secagem menos drástica (Galvão, 1976; Jankowsky, 1995; Vermaas, 1995).

Por outro lado, na secagem em estufa, o tempo de secagem é consideravelmente reduzido e os defeitos de secagem podem ser minimizados desde que seja utilizado um programa de secagem adequado (Jankowsky, 1995).

De acordo com Neuman (1990)⁸ citado por Jankowsky (1995), o processo de secagem típico para eucalipto emprega baixas temperaturas implicando em longos tempos de secagem.

2.6 Defeitos

2.6.1 Defeitos decorrentes da secagem

As tensões que se desenvolvem na madeira por ocasião da secagem são a causa dos defeitos de secagem. Os defeitos podem resultar na desqualificação do material para o uso pretendido.

Os defeitos típicos que ocorrem no eucalipto durante a secagem são: empenamentos, rachaduras, encruamento, altas contrações, colapso (Hillis & Brown, 1978).

Os empenamentos caracterizam-se como qualquer distorção da peça de madeira em relação aos planos originais de suas superfícies, tendo sua ocorrência determinada não só pelas tensões de secagem, como também pela ação residual das tensões internas de crescimento que se manifestam até o PSF (Fernandes, 1982). Podem ser classificados como encanoamento, arqueamento, encurvamento e torcimento.

---

⁸NEUMANN, R.J. Hacia un secado de madera mas eficiente. In: IUFRO XIX World Congress, Division 5 Proceedings. Montreal, 1990. p.191-203.

Empenamento pode ser entendido como qualquer distorção ocorrida na madeira em relação ao seu plano principal. Os diversos tipos de empenamentos podem ser ocasionados pelas diferenças entre as contrações radiais e tangenciais durante a secagem. Assim como, pela presença de lenho juvenil e grã espiralada, que podem contribuir para o aparecimento de empenamento. Outra importante causa para a ocorrência de empenamentos do tipo encurvamento e arqueamento, está relacionada com a liberação das tensões internas de crescimento por ocasião de desdobro. A madeira proveniente de uma tora que apresente essas tensões, apresentará um desequilíbrio de forças internas ao passar pelas operações sucessivas de corte, promovendo a liberação destas tensões causando os empenamentos referidos (Garcia, 1995; Harris, 1989; Oliveira, 1992; Tiemann, 1925).

Encurvamento (*bow*) é o empenamento longitudinal da face, ou seja, a curvatura ao longo do comprimento da tábua em um plano perpendicular à face.

A literatura cita que este tipo de empenamento está relacionado com as tensões de crescimento (Galvão, 1976; Garcia, 1995) e com a diferença de contração longitudinal entre duas faces opostas de uma tábua, além de possíveis desvios de grã (Oliveira, 1992). O nível de tensões de crescimento é altamente variável entre espécies, entre árvores da mesma espécie, e mesmo em diferentes posições dentro da mesma árvore, variando na altura e no sentido medula-casca (Shield, 1995), como mencionado anteriormente (item 2.4).

Arqueamento (*spring*) é o empenamento longitudinal ao longo do comprimento da peça, em um plano paralelo à espessura da tábua.

O arqueamento, de maneira análoga ao encurvamento, está relacionado com as tensões de crescimento da árvore (Galvão, 1976; Garcia, 1995), bem como com a contração longitudinal da madeira (Oliveira, 1992).

Encanoamento (*cupping*) é o empenamento transversal da face, ou seja, a curvatura através da largura da tábua.

O encanoamento está relacionado principalmente com as diferenças entre as contrações radial e tangencial; quanto maior esta diferença, maior será a tendência a apresentação deste defeito (Oliveira, 1992).

Torcimento (*twist*) é o empenamento helicoidal ou espiral no sentido do eixo longitudinal da peça de madeira (Figura 4.1 - Anexo 1).

As rachas aparecem como consequência da diferença entre as retrações radial e tangencial da madeira e diferenças de umidade entre regiões de uma peça, durante a sua secagem. Essas diferenças levam ao aparecimento de tensões que tornando-se superiores à resistência dos tecidos lenhosos, provocam a ruptura da madeira (Galvão & Jankowsky, 1985). As rachas superficiais ou fendilhado, são pequenas rachas superficiais, geralmente alinhadas longitudinalmente.

O encruamento é definido por McMillen (1963)⁹ citado por Galvão & Jankowsky (1985), como sendo a condição de tensão e deformação permanente da madeira, na qual as fibras externas estão sob compressão e as internas sob tração, quando a madeira está uniformemente seca. O encruamento é causado por secagem rápida e desuniforme.

---

⁹McMILLEN, J.M. Stresses in wood during drying. Madison, Forest Products Laboratory, 1963. 52p.

O colapso é um defeito comum em algumas espécies de eucalipto e algumas espécies nativas (Ponce & Watai, 1985). Diferentemente das contrações lineares manifestadas nas direções tangencial, longitudinal e radial que ocorrem sempre abaixo do PSF, o colapso ocorre durante a movimentação da água capilar, sendo ocasionado por forças geradas no interior das células que as deformam e, portanto, alteram a forma visível da madeira. De maneira simplificada, durante a secagem da madeira a água, ao deixar a cavidade celular, permite que o ar ocupe o seu lugar e este, por sua vez, se expande ocupando todo o volume da cavidade. Nas madeiras impermeáveis, a entrada do ar nas cavidades celulares é realizada através do processo de difusão, o qual é, em geral, muito lento. Por outro lado, a velocidade de escape da água livre é bem maior que a velocidade de entrada do ar pelo processo de difusão. Assim sendo, pode-se dizer, de forma simplificada, que as células da madeira são "puxadas" conjuntamente, sob a ação das forças de capilaridade o que, portanto, resultará no colapso das células da madeira (Oliveira, 1981).

Segundo Tiemann (1942), duas condições são necessárias para a ocorrência de colapso, a célula deve estar completamente saturada de água, sem bolhas de ar maiores do que certo tamanho máximo e, a parede celular deve ser impenetrável, ou seja, não deve apresentar perfurações ou interstícios suficientemente largos para permitir a entrada de ar ou vapor, exceto sob tensão suficientemente forte, para colapsá-la.

O colapso, portanto, geralmente caracteriza-se por ondulações nas superfícies da peça de madeira, que

podem apresentar-se bastante distorcidas (Galvão & Jankowsky, 1985), sugerindo um empeno agravado, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Secção transversal de uma peça antes e após a ocorrência de colapso

Cavalcante (1991) estudando a ocorrência de colapso na madeira de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*, concluiu que o *E. saligna* apresentou maior intensidade de colapso durante a secagem, porém apresentou também, maior recuperação do defeito após o condicionamento. Observou ainda que a intensidade desse defeito varia significativamente entre as duas espécies e também entre árvores da mesma espécie. O autor menciona neste estudo, que o colapso ocorre principalmente em função de características físicas e anatômicas da própria madeira, do que em função do processo de secagem.

Segundo Brahball & Wellwood (1976)¹⁰ citado por Santini & Tomazelli (1980), o colapso também está relacionado com a quantidade de extrativos da madeira, que obstruindo as aberturas das pontoações, aparentemente dificultam o movimento do ar nas células.

¹⁰BRAHBALL, G. & WELWOOD, R.W. Kiln drying of western canadian lumber. Vancouver, Western Forest Products Laboratory, Canadian Forestry Service, VP-X-159, 1976. 112p.

Santini & Tomazelli (1980) relatam ainda que dentro da espécie, o colapso varia frequentemente com a distribuição geográfica, com a idade e com a parte considerada da árvore.

Com relação à intensidade de colapso, Ponce (1995) encontrou em *Eucalyptus grandis* diferenças entre procedências e clones, assim como, entre árvores da mesma espécie de diferentes origens. Em seu trabalho observou que parece haver maior tendência ao colapso nas espécies de média densidade e menor tendência naquelas, de baixa e alta densidade.

Já Cavalcante (1991) testando a interação entre índice de colapso e densidade básica entre árvores de *E. grandis* e *E. saligna*, conclui que para *E. saligna* houve uma correlação negativa e significativa ao nível de 1% de significância.

Um dos métodos para remoção do colapso é o recondicionamento. Este método consiste na exposição da madeira seca, a vapor saturado a 100° C por 2 a 4 horas se a peça for de 25 mm de espessura e, de 3 a 6 horas se a peça apresentar uma espessura de 50 mm, até um teor de umidade médio da madeira de 20%. Este tratamento, usualmente, elimina a maioria do colapso e a recuperação é permanente (Kauman et al., 1995).

Quando a madeira é seca ao ar a recuperação do colapso por recondicionamento é difícil (Ponce, 1995).

As rachaduras internas, do tipo favo de mel (*honeycomb*), estão associadas ao colapso e ao encruamento. Elas ocorrem como consequência das tensões de tração, no interior das peças, terem excedido a resistência da madeira no sentido perpendicular das fibras. Ocorre somente na secagem artificial (Galvão & Jankowsky, 1985), podendo ser

também resultado de fendas, que se fecharam na superfície (Ponce & Watai, 1985).

2.6.2 Outros defeitos

O esmoado ocorre principalmente em peças serradas mais próximas à região da casca e se caracteriza por "ausência de madeira", geralmente casca solta ou quebra na quina da peça (Figura 6.1 - Anexo 1). De acordo com Baena (1982) os percentuais de ocorrência de esmoado decrescem com o aumento dos diâmetros das toras.

As bolsas de resina (*kino veins*) são formações anormais da madeira, geralmente uma descontinuidade no lenho, formando setores anelares, de comprimento e formas variadas. Têm como característica apresentar no seu interior resina; dimensão entre 2 e 3 mm de espessura é a mais encontrada. É um dos defeitos mais freqüentemente mencionados como elemento facilitador da degradação da madeira de eucalipto, na Austrália (Hillis & Brown, 1978). As bolsas de resina se pequenas, podem desclassificar a madeira para determinados usos, se grandes, podem enfraquecer peças estruturais.

Um fator que está presente nas toras de eucalipto hoje disponíveis para desdobro, e que influi na qualidade e no valor da madeira serrada, é a presença de nós. O nó é por definição, a parte do galho remanescente na tora, e que para as finalidades a que se destinavam os plantios de eucalipto (lenha, carvão, fibra) não causava problemas. O manejo desses plantios era realizado sem preocupação com a eliminação de galhos, obtendo-se toras com abundância de nós (Freitas & Brito Neto, 1993). No entanto, para

florestas cuja finalidade é fornecer madeira para serraria ou laminação, maior atenção está sendo dada a este aspecto, onde os investimentos em desrama podem ser altamente compensadores em função da qualidade da madeira a ser obtida (Ponce, 1995).

2.7 Rendimento em madeira serrada

A indústria de processamento primário de madeira deve produzir madeira serrada de qualidade, aproveitando ao máximo a matéria prima, a fim de obter uma maior rentabilidade. Para alcançar esta meta, deve controlar a eficiência do aproveitamento do produto principal, determinada como o rendimento, bem como a capacidade produtiva e os custos de produção da madeira serrada (CORFO/INFOR, 1989).

Um programa de avaliação da eficiência de conversão em uma serraria tem, como objetivo final, determinar que proporção do volume de madeira que se processa, e se transforma em madeira serrada e em resíduos. A madeira serrada é indubitavelmente o produto de maior valor comercial, razão pela qual se deve maximizar sua produção (CORFO/INFOR, 1989).

Rendimento ou porcentagem de aproveitamento, é a relação entre o volume de madeira serrada produzido e o volume de toras desdobradas. Mello (1978), cita em seu trabalho que o rendimento obtido para coníferas está entre 55 a 65 %, enquanto que para folhosas, encontra-se no intervalo de 45 a 55%. O rendimento superior para coníferas deve-se à retidão do seu tronco.

O custo da matéria prima colocada na serraria é o principal componente dos custos totais, por isso, as indústrias de equipamentos, e as indústrias florestais, têm trabalhado para elevar seu aproveitamento. A melhoria do aproveitamento tem como ponto de partida, o controle do rendimento. Isto é obtido através da medição precisa dos volumes das toras e da madeira serrada produzida (Ponce, 1993).

Williston (1981) enumera uma série de fatores que interferem no rendimento, iniciando por práticas anteriores à colheita das toras, que incluem práticas silviculturais como fertilização, espaçamento de plantio, desbastes, entre outras, depois as técnicas de abate, derrubada e transporte das toras; medições nas toras, cuidados no pátio e no descascamento.

O rendimento em serraria é afetado pela interação entre diversos fatores, sendo os mais importantes: o diâmetro, o comprimento, a conicidade e a qualidade das toras; a espessura do corte, o número alternativo de produtos; as decisões pessoais; os tipos e as condições de funcionamento e de manutenção dos equipamentos, além dos métodos de processamento (Steele, 1984). Estes fatores interagem de tal forma que o seu entendimento é muito complexo. Vianna Neto (1984) acrescenta a estes: as tolerâncias e sobremedidas para secagem e o aproveitamento de sub-produtos (costaneiras, cavacos, refilos, destopos, etc).

Os fatores que afetam o rendimento são a seguir apresentados sucintamente, e agrupados por categoria: aqueles inerentes à madeira, aqueles inerentes ao equipamento e aqueles inerentes ao processo.

2.7.1 Fatores inerentes à madeira

O rendimento obtido da transformação das toras em tábuas, varia de uma espécie para outra, dadas às inerentes distinções entre as características das mesmas, apresentando comportamento diferenciado no desdobro. Entre essas características pode-se citar: densidade, disposição dos elementos estruturais, presença de componentes químicos, teor de umidade, etc (Garcia, 1995; Iwakiri, 1984; Peixoto & Iwakiri, 1984).

Outro aspecto que pode influenciar o rendimento é a proporção de madeira adulta e madeira juvenil. Segundo Zobel & Van Buijtenen (1989) a madeira juvenil compreende as primeiras camadas formadas pelo câmbio próximas à região central da árvore (medula) atingindo de 5 a 20 anéis de crescimento. As madeiras adulta e juvenil são produzidas simultaneamente sendo a madeira adulta na base da árvore por um câmbio maduro e a madeira juvenil no topo a despeito da idade da árvore. Todas as propriedades da madeira, tanto físicas como químicas são muito variáveis na madeira juvenil e muito mais constantes na madeira adulta. Além deste aspecto, e ainda segundo os autores, quando se trata de madeiras de folhosas, o ângulo fibrilar na madeira juvenil é baixo, o que pode provocar diversos defeitos acarretando perdas e conseqüente diminuição no rendimento.

A madeira serrada com características dimensionais adequadas, melhora o rendimento através da diminuição das variações e sobremedidas (Kikuti et al., 1996).

Quando se trata de madeira de folhosas, em especial aquela do gênero *Eucalyptus*, a manifestação de tensões internas de crescimento prejudica sobremaneira o

rendimento, através da tendência ao rachamento das toras antes e durante a operação de desdobro. Estudos revelaram que a intensidade destas tensões está relacionada ao crescimento em diâmetro da árvore (Garcia, 1995; Waugh, 1980). Assunto discutido mais extensamente no item 2.4.

A excessiva espiralidade da grã, sendo uma causa natural ou consequência do desdobro, pode ocasionar empenamentos, torcimento e perda da resistência mecânica da madeira, bem como dificuldade no processo de secagem, podendo acarretar perdas no material serrado e conseqüente diminuição no rendimento final (Bindzi & Samson, 1995; Grosser, 1979; Harris, 1989).

O diâmetro da tora é um dos fatores que reconhecidamente influencia no rendimento. O aproveitamento tende a ser maior para as toras de maior diâmetro, principalmente quando sua forma é irregular (CORFO/INFOR, 1989; Leite, 1994; Peixoto & Iwakiri, 1984); Steele, 1984; Vianna Neto, 1984; Waugh, 1980). Maiores diâmetros de toras, por sua vez, podem ser obtidos pela aplicação de práticas silviculturais adequadas como espaçamento de plantio (assunto discutido com maiores detalhes no item 2.2.), desbastes, desbrota ou eliminação de touças (Couto, 1995; Kikuti et al., 1996).

Lhuele & Waugh (1980), estudando produtividade de serrarias de eucalipto de pequenas dimensões, encontraram, para três tipos de serraria, rendimentos em torno de 39%, para 20 cm de diâmetro na ponta mais fina.

O comprimento, na realidade, não tem um efeito significativo no rendimento. Entretanto, se for considerado de forma conjunta com o efeito da conicidade e o diâmetro da tora, ao crescer este último, dificulta-se o desdobro, o qual redundará em maiores perdas de material no primeiro

corte da tora e posterior canteamento da tábua (CORFO/INFOR, 1989; Steele, 1984).

Outro elemento de importância no rendimento é retidão e uniformidade da superfície da tora. Árvores com crescimento irregular originam baixos aproveitamentos quando comparadas com aquelas retas e cilíndricas. A presença de encurvamento na tora reflete-se em peças de menor largura, afetando o volume do material serrado e consequentemente o rendimento (Wagner & Taylor, 1995).

A forma do tronco é por sua vez influenciada por condições do local de crescimento (clima, solo, espaçamento) ou consequência da hereditariedade (Grosser, 1979). A conicidade afeta também o rendimento em madeira serrada. Quanto maior a conicidade menor a porcentagem de recuperação. Isto se deve ao fato de que, à medida que a conicidade cresce, as peças que se obtêm da tora com forma cônica, são mais curtas (CORFO/INFOR, 1989; Vianna Neto, 1984). Segundo Balloni & Simões (1980), a conicidade é uma característica que pode ser influenciada pelo espaçamento, tendo reflexos na produção real.

Com respeito a aspectos relacionados à qualidade das toras, aquelas de qualidade inferior podem afetar o rendimento porque alguns defeitos podem desclassificá-las. Estes se reduzem ou eliminam cortando as partes prejudicadas das tábuas, portanto, o resultado se traduz em uma perda de volume nominal aproveitado (CORFO/INFOR, 1989).

A qualidade da madeira é também afetada por fatores edáficos, como a fertilidade do solo e a disponibilidade de umidade. Por outro lado a idade das árvores; a desrama; a densidade ou número de árvores por unidade de área nos talhões, entendida como o espaçamento

de plantio praticado; competição e desbastes ou outras retiradas para melhoria que podem ser feitas durante a vida do talhão, influenciam os tipos de árvores deixadas ou removidas (Couto, 1995; Kikuti et al., 1996; Obino & Menezes, 1995; Ponce, 1984).

2.7.2 Fatores inerentes ao equipamento

Cada equipamento de desdobro apresenta um conjunto de características que o indica para um certo tipo de madeira e certas características da tora (Mello, 1978).

Segundo Vianna Neto (1984), cada equipamento possui características próprias, de concepção, que devem ser conhecidas e que interferem na produção, produtividade e rendimento volumétrico. O correto posicionamento e orientação da tora para o desdobro são importantes, pois uma abertura de corte inadequada pode significar grandes perdas em volume ou qualidade da madeira. A tora deverá ser fixada firmemente, e com um correto alinhamento durante o transporte e passagem pela serra. O sistema integrado de desdobro deverá estar suficientemente equilibrado para produzir pequenas espessuras de fio de serra, cortes alinhados, com ferramentas bem preparadas e afiadas, visando produzir superfícies planas e com velocidade de alimentação em níveis aceitáveis.

Em estudo sobre produtividade em serraria de eucalipto de pequenos diâmetros, Lhuele & Waugh (1980) encontraram diferenciações nos resultados de rendimento, considerando diâmetro na ponta mais fina da tora no intervalo de 15 a 45 cm e três tipos de serraria. Para o

diâmetro de 20 cm foram obtidos rendimentos de 39,04%, 39,52% e 38,66% respectivamente para cada tipo de serraria.

O que foi posteriormente confirmado por estudo conduzido com *Pinus radiata*, onde observaram-se diferenças entre os rendimentos obtidos para cada tipo de equipamento utilizado e a classe diamétrica da tora. As espessuras consideradas foram de 25 e 30 mm e o volume de toras calculado pela fórmula de Smalian (CORFO/INFOR, 1989). As porcentagens de rendimento são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Porcentagem de rendimento para *Pinus radiata*, por classe diamétrica e tipo de serra.

TIPOS DE SERRAS	CLASSES DIAMÉTRICAS			MÉDIAS
	200mm	300mm	400mm	%
Serra principal fita	44,58%	58,01%	60,94%	57,82%
Serra principal circular dupla	54,51%	55,10%		54,80%
Serra circular dupla	53,68%	57,59%		55,63%
Serra alternativa múltipla	59,07%	60,45%	62,33%	60,61%

Fonte: CORFO/INFOR, 1989

Podem ser observadas as diferenças para um determinado tipo de serra e as classes diamétricas, ou de forma inversa para uma determinada classe diamétrica e os tipos de serra.

Fatores inerentes às condições operacionais da serra também podem influenciar no rendimento obtido, como: tipo de dentes, relação largura da trava/espessura da lâmina; tensão da lâmina; espaçamento entre os dentes da serra (Iwakiri, 1984).

A espessura do corte é outro fator relacionado a equipamento, que afeta o rendimento.

Tem sido demonstrado que não é necessário obter uma maior quantidade de tábuas a partir da porção externa da tora, para aumentar o aproveitamento da madeira. É melhor serrar alguma tábua adicional, que aumenta com a diminuição da espessura do corte. Deve-se pensar em serrar para obter a menor quantidade possível de serragem, com um mínimo de consumo de energia (CORFO/INFOR, 1989).

A espessura de corte varia normalmente entre 2,0 a 6,0 mm e depende por sua vez, de diferentes fatores: velocidade de alimentação (maior velocidade de alimentação, maior canal de corte); espécie de madeira (maior dureza da madeira, menor canal de corte); acondicionamento de lâmina de serra (uma adequada manutenção implica em menor canal de corte) (CORFO/INFOR, 1989).

Estudo de Hallock¹¹ (1962), citado por Steele (1984) apresenta resultados indicando que uma menor espessura de corte utilizada resultou em 7% de acréscimo, em média, na produção.

A condição e manutenção dos equipamentos na serraria é a causa de outros problemas que são sempre discutidos. Equipamentos que não funcionam, ou não operam apropriadamente, são a principal causa de grandes variações na serração (Steele, 1984; Zavala, 1995).

O rendimento aliado à qualidade pressupõe uma manutenção constante (Obino & Menezes, 1995).

---

¹¹ HALLOCK, H.A. A mathematical analysis of effect of kerf width on lumber yield from small logs. Rep. n.2252. Madison : USDepartment of Agriculture, Forestry Service, Forest Products Laboratory, 1962, 8p.

2.7.3 Fatores inerentes ao processo

O método de desdobro (vide item 2.3.) é uma das variáveis que tem especial importância no rendimento da madeira. Está demonstrado que mudanças nas estruturas de corte provocam variações significativas no rendimento (Steele, 1984).

Cada espécie de madeira e tipo de tora requer um desdobro adequado para que se obtenha peças de boa qualidade. O tipo de corte a ser adotado depende do equipamento disponível e também, de alguns fatores que se ignorados, podem ser responsáveis pela produção de má qualidade (Mello, 1978; Vianna Neto, 1985).

Os sistemas de desdobro são inúmeros e podem ser adaptados às mais variadas espécies e formas de toras: 1) corte em função dos anéis de crescimento; 2) corte em relação do eixo longitudinal da tora: a) cortes paralelos ao eixo longitudinal, b) cortes paralelos à casca; 3) desdobro segundo a seqüência de cortes: a) cortes sucessivos, b) cortes simultâneos, c) cortes alternados (Brito Neto, 1985).

Método de desdobro é um assunto altamente complexo com dezenas de pesquisas desenvolvidas mundialmente. O ponto principal é que o método de desdobro é um importante fator no rendimento em madeira serrada (Steele, 1984) e que depende e interage com outros fatores.

O tipo de corte escolhido, por sua vez é influenciado por diversos fatores, por exemplo: comprimento e diâmetro das toras (defeitos e curvaturas da tora, qualidade da madeira ao longo da tora (nós, fungos)); espécie de madeira; qualidade da madeira; contração e empenamento da madeira; dimensões das peças de madeira;

tipo de serra utilizada; o operador deve inspecionar a tora para verificar qual a melhor posição (giro da tora); classificação das peças de madeira serradas (Mello, 1978).

O número alternativo de produtos a serem produzidos afeta substancialmente o rendimento. A determinação dos melhores produtos a cortar, para maximizar a produção, é complexa, requerendo estudos e simulações computacionais, considerando corte, tamanho, espessura do corte, método de desdobro e geometria da tora (CORFO/INFOR, 1989; Leite, 1994; Steele, 1984)

A natureza heterogênea da matéria prima obriga os operadores das diferentes máquinas a tomar decisões rápidas, as quais podem afetar significativamente o rendimento (CORFO/INFOR, 1989).

A presença de toras de diversos tipos e dimensões faz com que o operador tenha de tomar decisões pessoais durante o processamento. Fadiga, desatenção e a falta de conhecimento ou de habilidade, levam a piores decisões e consequentemente a maiores perdas (Leite, 1994). Deve-se considerar uma grande quantidade de variáveis em um curto espaço de tempo e mesmo assim, os melhores operários podem cometer equívocos (CORFO/INFOR, 1989).

2.8 Modelos estimadores

Os modelos estimadores do volume de tábuas a ser obtido em cada tora, podem ser uma ferramenta importante para o planejamento da produção em uma serraria, auxiliando os profissionais da área a estimarem os volumes de madeira serrada verde e seca, a partir de variáveis medidas nas toras.

Patterson & Armstrong (1994) apresentam três equações de regressão para três regras de classificação de toras (Scribner, International 1/4 e Doyle), relacionando diâmetro de topo e comprimento de tora, para estimar o volume de madeira serrada, a partir de toras de pequenos diâmetros. Foi obtido neste estudo um coeficiente de explicação de 0,94 para a regra International 1/4, ou seja, o modelo conseguiu explicar 94% da variação da variável dependente.

Em estudo conduzido por Leite (1994) é salientado que, no processamento de uma tora em serraria, geralmente a estrutura é definida pelo valor do menor diâmetro, sendo o rendimento calculado com base na área transversal equivalente a esse menor diâmetro. É mencionado também, que o rendimento em uma serraria é estreitamente relacionado com o comprimento da tora. Cita ainda que, entre os fatores a serem considerados no desenvolvimento de programação matemática, destacam-se os seguintes: diâmetro mínimo e máximo da tora, comprimento da tora, qualidade da tora, defeitos internos e externos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

O material utilizado neste trabalho foi originado de árvores de *Eucalyptus saligna* Smith com idade de 9 anos, provenientes de um experimento de blocos casualizados (tratamentos de A a F), com dez repetições (1 a 10), onde os tratamentos correspondem a plantios com diferentes espaçamentos. Deste experimento, devido à impossibilidade de estudar todos os tratamentos, foram escolhidos os espaçamentos: 3 x 3m, 3 x 4m e 4 x 4m, denominados respectivamente de tratamentos B, C e D, com quatro repetições (blocos 4, 5, 8 e 9). Cada unidade experimental tem uma área de 0,065 ha.

O experimento foi instalado na Fazenda Banhado, dependência da Estação Experimental de Itapetininga, do Instituto Florestal, em setembro de 1986, com sementes melhoradas provenientes da Estação Experimental de Itatinga ESALQ/USP, Itatinga, SP. A Estação está situada no município de Itapetininga, Estado de São Paulo, a 23° 42' de latitude sul e 47° 57' longitude W. Gr. e a uma altitude média de 645 m.

O solo onde está localizado o referido experimento, segundo Ventura et al. (1966), é do tipo Podzólico Vermelho Amarelo-variação Laras (PV/S) e Solos

Hidromórficos (Ventura et al., 1966).

O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cfa - quente de inverno seco. A precipitação pluviométrica no mês mais seco é de 35,1 mm (em agosto), com média anual de 1217,2 mm, com uma deficiência hídrica anual variando de 0 a 25 mm (Ventura et al., 1966).

O plantio não sofreu nenhum tipo de trato silvicultural como desrama, fertilização ou desbaste.

Aos 9 anos de idade, foi realizado um levantamento de diâmetro à altura do peito (DAP) em todas as árvores e coletadas outras informações do experimento, obtendo-se os dados constantes da Tabela 2.

Tabela 2: Diâmetros médios à altura do peito (DAP) de *E. saligna* aos 9 anos, por bloco.

TRATAMENTO	BLOCO	DAP MÉDIO (cm)	Área BASAL (m ² /ha)	Número de árvores			
				Borda dura	Falhas	Em pé	Total
B (3 x 3m)	4	18,7	17,8	16	9	47	72
	5	18,7	22,7	16	2	54	72
	8	18,2	24,5	8	3	61	72
	9	18,6	24,6	8	5	59	72
	Média	18,5	23,0				
C (3 x 4m)	4	21,0	21,5	8	6	42	56
	5	19,4	18,9	8	5	43	56
	8	22,2	21,8	14	4	38	56
	9	21,5	26,0	8	0	48	56
	Média	21,0	22,1				
D (4 x 4m)	4	21,8	19,4	6	1	35	42
	5	20,8	17,1	6	2	34	42
	8	21,6	17,9	6	2	34	42
	9	21,9	19,1	6	2	34	42
	Média	21,5	18,5				

De cada unidade experimental selecionou-se e identificou-se seis árvores, somando 24 árvores por

tratamento, totalizando 72 árvores.

O cálculo do número mínimo de árvores por unidade experimental foi feito baseado em experiências conduzidas no IPT com o desdobro de *E. saligna*, tendo como variável de cálculo o rendimento em madeira serrada, utilizando-se a Fórmula 1 a seguir, com um nível de significância de 5% (Freese, 1986):

$$n = \frac{t^2 * S^2_y}{E^2} \quad (1)$$

onde:

n = número de amostras

t = valor da estatística t de Student

S^2_y = variância

E = erro em relação à media

3.2 Método

As árvores foram previamente selecionadas de forma a apresentarem um DAP com casca superior a 18 cm, capazes de fornecer, pelo menos, uma tora para serraria com diâmetro de topo mínimo de 15 cm com casca, pequena conicidade e boa retidão de tronco. As árvores de bordadura, por se destacarem das demais em termos de DAP e de outros parâmetros de crescimento, não foram consideradas neste estudo, evitando-se assim seu efeito.

As estatísticas descritivas, por bloco e tratamento, do DAP das árvores selecionadas para o estudo encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3: Estatísticas descritivas para diâmetro à altura do peito das árvores selecionadas para o estudo.

TRATAMENTO	BLOCO	DAP ÁRVORES SELECIONADAS				
		MÉDIA (cm)	MÍNIMO (cm)	MÁXIMO (cm)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	4	25,1	20,0	29,0	3,46	13,76
	5	25,1	22,0	27,0	1,97	7,89
	8	23,6	18,7	29,2	3,64	15,47
	9	23,1	19,5	29,5	3,68	15,94
	Média	24,2	18,7	29,5	3,18	13,14
C (3 x 4m)	4	24,4	20,7	27,6	2,56	10,52
	5	25,0	18,2	30,1	4,68	18,72
	8	25,9	20,3	29,5	3,12	12,05
	9	24,9	20,2	31,7	3,94	15,87
	Média	25,1	18,2	31,7	3,46	13,83
D (4 x 4m)	4	26,6	22,9	31,3	2,77	10,43
	5	25,5	22,0	28,5	2,23	8,76
	8	26,8	25,7	28,6	1,26	4,70
	9	25,7	23,5	28,1	1,70	6,60
	Média	26,2	22,0	31,3	2,01	7,70

* CV = coeficiente de variação

As árvores foram abatidas e os seus troncos seccionados a 8 m de comprimento e identificadas com números sequenciais. Sendo, em seguida, seccionados a 4 m, obtendo-se assim duas toras que foram identificadas com as letras A e B, respectivamente para as toras da base e a superior, e o número sequencial da árvore. Os tratamentos B, C e D foram identificados pelas cores vermelho, verde e azul, respectivamente.

Após o abate, as toras foram transportadas para a serraria para medição e desdobro, o que ocorreu em um período máximo de 72 horas.

No pátio da serraria, foram medidas as seguintes variáveis nas toras: diâmetro das toras e espessura da casca nas extremidades. Em cada extremidade foram realizadas duas medições dos diâmetros, perpendiculares entre si. A média dos valores obtidos foi considerada para o cálculo de volume (Figura 3).

L = comprimento da tora (m)
d1, d2, d3, d4 = diâmetros (cm)

Figura 3: Medições de diâmetros e comprimento da tora

Adicionalmente, foi medido o encurvamento da tora e anotada alguma eventual característica externa da tora julgada de importância, como tortuosidade e excentricidade com relação a posição da medula.

O encurvamento da tora se define como o grau de afastamento da tora de uma linha reta imaginária que une seus extremos. Esta medição foi realizada na metade da tora, esticando-se uma linha fixada nos extremos da mesma, conforme apresentado na Figura 4.

\$L\$ = comprimento da tora (m)
 \$F\$ = encurvamento (cm)

Figura 4 - Medição do encurvamento da tora

Para o cálculo dos volumes com e sem casca das toras foi empregada a fórmula de SMALIAN (Fórmula 2) (Husch et al., 1982):

$$V = L * \frac{(Ab + At)}{2} \quad (2)$$

onde:

\$V\$ = volume da tora (m³)

\$L\$ = comprimento da tora (m)

\$Ab\$ = área da base da tora (m²)

\$At\$ = área do topo da tora (m²)

Foi também calculada a conicidade, que representa o quanto o diâmetro da base da tora está reduzindo, por metro linear de tora, em direção ao topo. É dada através da

relação entre a diferença do diâmetro da base e do topo, com o comprimento da tora, sendo expressa em cm/m. De maneira geral, quanto maior a conicidade menor o rendimento, pois o volume de tábuas obtido de uma tora é diretamente proporcional ao diâmetro do topo. Quanto menor este em relação ao da base, maior a conicidade, menor o volume de tábuas obtido e consequentemente menor rendimento em madeira serrada.

3.2.1 Desdobro

O desdobro das toras foi realizado nas instalações da serraria do Instituto Florestal na Estação Experimental de Itapetininga. A serraria possui maquinário da marca Schiffer, com a seguinte composição: engenho de serras circulares duplas, com dois motores de 75 CV, diâmetro de 900 mm, espessura da lâmina de 5,5 mm, 40 dentes por serra, travas de 1,3 mm; posicionador de toras com carrinho de acionamento manual com duas garras e avanço manual; e engenho de serras circulares múltiplas, com dois motores de 100 CV, dois eixos, 12 discos de serra por eixo, 16 dentes por disco de serra, lâminas de 3,2 mm de espessura, diâmetro de 360 mm; largura de corte de 3,6 cm.

O método de desdobro utilizado foi o de cortes simultâneos onde, primeiramente, foram executados dois cortes simultâneos para a retirada das costaneiras, e em seguida o bloco remanescente foi desdobrado em cortes paralelos (Figura 5). A escolha desse método recaiu na dificuldade de desdobro da madeira de eucalipto, pela facilidade de rachamento, devido às tensões internas existentes nas toras e por resultados obtidos em outros

estudos, evidenciando ser este método mais adequado a este gênero (Montagna *et al.*, 1990; Vianna Neto, 1984). Este método de desdobro é usado normalmente para processamento de toras de coníferas (*Pinus*) com diâmetro de 15 a 35 cm, utilizando-se dois conjuntos de serras.

Figura 5 - Esquema do método de desdobro cortes simultâneos

O desdobro foi executado com ferramentas de corte normalmente utilizadas no desdobro de toras de *Pinus*. O ajuste dos cabeçotes foi feito manualmente pelo operador da serra principal, com base no exame visual de cada tora.

O ajuste na serra circular múltipla foi feito de modo a se obterem tábuas de 27 mm de espessura. Portanto, o número de tábuas produzidas variou em função do diâmetro da tora.

As tábuas originadas do desdobro foram identificadas por cor, em função do tratamento, número da tora que lhes deu origem e o número seqüencial

correspondente à tábua obtida. Em cada tábua foi medido o comprimento das rachas nas extremidades, adotando-se em cada uma delas o comprimento da racha mais longa, quando presente (Figura 6).

O material foi então conduzido para as instalações do IPT/DPF/Jaguaré, em São Paulo, SP, onde foi dada continuidade às avaliações e medições nas tábuas.

ct = comprimento da tábua (m)
cr1, cr2 = comprimento da maior racha (cm)

Figura 6 - Medição das rachas nas extremidades das tábuas

No IPT, as tábuas foram destopadas de modo a serem eliminadas rachas e imperfeições nas extremidades. O destopo foi executado em uma serra circular de braço transversal, tendo como base para o corte, a(s) racha(s) mais comprida(s) encontrada(s) nas extremidades da tábua.

Após o destopo, foram medidos o comprimento, a largura e a espessura das tábuas, bem como computados alguns defeitos observados nas superfícies das mesmas, tais como: madeira quebradiça, bolsas de resina, nós e furos de insetos.

Com as medidas das rachas das extremidades das tábuas, foi possível calcular um índice visando avaliar a maior ou menor tendência ao rachamento das tábuas produzidas, por tora e árvore. Este índice pode fornecer um indicativo do nível das tensões de crescimento presentes na árvore. A Fórmula 3 foi utilizada para calcular o índice:

$$IR = \frac{cr1 + cr2}{ct} * 100 \quad (3)$$

onde:

IR = índice de rachamento (%)

ct = comprimento da tábua antes do destopo (cm).

cr1 = comprimento da racha mais longa em uma extremidade (cm)

cr2 = comprimento da racha mais longa na outra extremidade (cm)

Os valores obtidos nesta etapa permitiram o cálculo das seguintes variáveis: rendimento em madeira serrada na condição verde, isto é, relação entre o volume de madeira serrada e o volume de toras; o índice de rachamento e a distribuição de frequência da largura das tábuas, por bloco e tratamento. No cálculo do volume de madeira serrada após o desdobro, o comprimento considerado foi aquele após o destopo onde foram eliminadas as rachas e imperfeições observadas nas extremidades das tábuas.

3.2.2 Secagem

Grande parte da madeira serrada produzida é total ou parcialmente seca ao ar, complementando-se este processo com secagem em estufa, quando necessário. O processo de secagem ao ar apresenta a vantagem de requerer um mínimo de capital investido, embora a secagem seja controlada por condições ambientais, que podem ser imprevisíveis. O emprego de técnicas corretas, pode reduzir o tempo de secagem, resultando em peças de madeira com umidade mais uniforme e de melhor qualidade, com um mínimo de defeitos (Pratt, 1986; Ponce & Watai, 1985).

Estudos conduzidos pelo IPT demonstraram que tábuas com espessura de 27 mm, submetidas à secagem ao ar, atingiram o teor de umidade de equilíbrio com o ambiente num período de 4 a 6 meses, dependendo das condições climáticas.

Considerando estes aspectos e tendo em vista que o método de desdobro foi escolhido visando amenizar o efeito das tensões de crescimento, optou-se pelo processo de secagem ao ar livre.

As tábuas foram empilhadas, segundo as técnicas e procedimentos de secagem ao ar livre apresentados por Ponce & Watai (1985), até atingirem a umidade de equilíbrio com o meio ambiente, em torno de 14,2%, indicada para a cidade de São Paulo (Galvão, 1975). O controle da secagem foi feito através de medições da umidade das amostras, pelo método de secagem em estufa a 103° C e medidor elétrico. Os teores de umidade médios das amostras no início e término da secagem atingiram 75% e 14%, respectivamente. O tempo de secagem totalizou 4 meses.

A avaliação após a secagem compreendeu a análise e a medição dos defeitos encontrados, tais como: rachas superficiais e nas extremidades da tábua, colapso e empenamentos incluindo: encanoamento, arqueamento, encurvamento e torcimento. Ao mesmo tempo, foram também avaliados outros defeitos como esmoado e presença de medula.

Para avaliar a maior ou menor tendência ao rachamento nas extremidades das tábuas, após a secagem, foi determinado um índice, expresso em porcentagem, que se chamou de índice de rachamento após secagem (IRS). A mesma expressão descrita para o cálculo de índice de rachamento após o desdobro, foi utilizada para o cálculo desse índice.

Em cada tábua foram também medidas as dimensões com o objetivo de cálculo dos volumes individual e por tora, árvore e tratamento, das tábuas após a secagem.

No cálculo do volume de cada tábua nos dois estados higrométricos, ou seja, no estado verde e seco ar ar, foram consideradas as medições livres de rachas e de esmoado. Para efeito de cálculo de volumes de tábuas na condição seca, por tora e árvore, as tábuas desclassificadas tiveram seus volumes excluídos.

3.2.3 Avaliação de defeitos

Os defeitos encontrados nas tábuas, decorrentes da secagem e outros, foram avaliados utilizados nas Normas editadas pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (ABNT, 1986; ABNT, 1991a; ABNT, 1991b), bem como na proposta de norma "Classificação de Madeira Serrada de Eucalipto Proveniente de Florestas Plantadas, para Uso

Geral" (Zenid, 1996). Algumas modificações foram realizadas com o objetivo de adequar as avaliações aos objetivos pretendidos por este estudo, como é o caso dos nós, que apresentou ocorrência extremamente significativa, devido a própria condução do plantio.

3.2.3.1 Rachas superficiais e nas extremidades da tábua

As rachas superficiais foram avaliadas como: ausente, pouca e severa, segundo a sua ocorrência na superfície da tábua.

As rachas nas extremidades das tábuas foram medidas, com o auxílio de uma trena, considerando a racha mais longa encontrada (Figura 6).

3.2.3.2 Empenamentos

Em cada tábua foram medidos os seguintes tipos de empenamentos: encurvamento, arqueamento e encanoamento.

O encurvamento (*bow*) foi medido, com auxílio de uma trena, no local de maior afastamento, esticando-se uma linha que é segura nos extremos da tábua, conforme mostra a Figura 1.1 - Anexo 1. Foi quantificado percentualmente em relação ao comprimento da peça, através da Fórmula 4.

$$E = \frac{x}{L1} * 100 \quad (4)$$

onde:

E = encurvamento da tábua (%)

x = maior flecha (mm)

L1 = comprimento da peça (m)

De maneira análoga ao encurvamento, o arqueamento (*spring*) foi medido esticando-se uma linha ao longo da lateral da tábua e medindo-se o local de maior afastamento, com auxílio de uma trena (Figura 2.1 - Anexo 1). Foi quantificado percentualmente em relação ao comprimento da peça, através da Fórmula 5.

$$A = \frac{y}{L1} * 100 \quad (5)$$

onde:

A = arqueamento da tábua (%)

y = maior flecha (mm)

L1 = comprimento da peça (m)

O encanoamento foi medido com auxílio de uma régua e uma trena e quantificado em termos da diferença entre a espessura nominal e a espessura que se poderá obter após o aplainamento da peça encanoada, com fins à eliminação desse defeito (Figura 3.1 - Anexo 1) .

A constatação visual de torcimento (*twist*) na peça (Figura 4.1 - Anexo 1), acarretou sua exclusão do cálculo do volume total de madeira serrada seca.

O encurvamento complexo, ilustrado na Figura 5.1 do Anexo 1, quando constatado visualmente, foi tratado de maneira semelhante ao torcimento.

3.2.3.3 Colapso

O colapso foi avaliado e classificado como: ausente, leve, moderado e severo, conforme sua extensão e intensidade. Tábuas que apresentaram um nível de colapso

que comprometa a utilização da peça, foram excluídas do cálculo de volume final de madeira serrada seca.

3.2.3.4 Esmoadado

A quantificação do esmoado foi feita percentualmente em relação às dimensões reais da peça, utilizando-se as Fórmulas 6, 7 e 8:

$$e = \frac{e1 - e2}{e1} \quad (6)$$

onde:

e = espessura do esmoado (%)
 e1 = espessura da peça (mm)
 e2 = diferença entre a espessura real da peça e a maior espessura do esmoado (mm)

$$le = \frac{l1 - l2}{l1} \quad (7)$$

onde:

le = largura do esmoado (%)
 l1 = largura da tábua (cm)
 l2 = diferença entre a largura real da peça e a maior largura do esmoado (cm)

$$ce = \frac{L2}{L1} * 100 \quad (8)$$

onde:

ce = comprimento do esmoado (%)
 L1 = comprimento da tábua (cm)
 L2 = comprimento do esmoado (cm)

3.2.3.5 Nós

Os nós foram quantificados utilizando-se o conceito de "pior face", ou seja, no lado da tábua que apresentou a maior incidência, sendo classificados em dois grupos: nós firmes e soltos.

Devido à grande incidência observada de nós firmes e soltos optou-se pela determinação de um índice, a que foi chamado Índice de Incidência de Nós - IN, determinado pela relação entre o número total de nós, na pior face da tábua, e o comprimento da mesma. Portanto, este índice indica a ocorrência do número de nós por metro linear de tábua.

3.2.3.6 Outros defeitos

Complementando o processo de avaliação foram observados a existência ou não dos defeitos: bolsas de resina, medula, furos de inseto, madeira quebradiça e podridão incipiente.

3.2.4 Classificação

O método adotado para classificar as tábuas produzidas, é aquele descrito na proposta de normalização para "Classificação de Madeira Serrada de Eucalipto Proveniente de Florestas Plantadas, para Uso Geral", em elaboração por uma comissão da ABPM - Associação Brasileira dos Produtores de Madeira, e apresentada por Zenid (1996),

o qual tem por base a quantidade e a importância dos defeitos encontrados em cada peça.

Os procedimentos para medição e quantificação dos defeitos basearam-se naqueles apresentados no texto base da proposta de norma. Foram considerados os seguintes defeitos: empenamentos (encurvamento, arqueamento e encanoamento), esmoado (quina morta), rachas, nós, madeira "ardida" ou com indícios de podridão ou podridão incipiente, bolsas de resina, furos de insetos e colapso.

No Anexo 2 é apresentado um resumo das especificações das classes de qualidade (extra, primeira, segunda e terceira).

3.2.5 Análise estatística dos dados

3.2.5.1 Falhas

A ocorrência de falhas em experimentos de campo, dependendo da porcentagem, podem comprometer as análises estatísticas (Veronesi et al. (1995)¹² e Vencovsky & Cruz (1991)¹³ citados por Pimentel-Gomes, 1996).

Falhas em plantios poderiam causar alterações no crescimento em diâmetro das árvores, de modo que aquelas circunvizinhas à falha tenderiam a apresentar um maior crescimento em diâmetro.

No presente estudo ocorreram falhas dentro dos blocos, como pode ser observado na Tabela 2. Embora as

---

¹² VERONESI, J.A., CRUZ, C.D., CORREA, L.A., SCAPIM, C.A. Comparação de métodos de ajuste do rendimento de parcelas com estandes variados. **Pesq. Agrop. Bras.**, 30:169-174. 1995.

¹³ VENCOVSKY, R. & CRUZ, C.D. Comparação de métodos de ajuste do rendimento de parcelas com estandes variados. **Pesq. Agrop. Bras.**, 26:647-657. 1991.

árvores selecionadas não estivessem próximas as falhas, optou-se por avaliar se a presença das mesmas estaria alterando o crescimento em diâmetro das árvores dentro de cada bloco. Deste modo, foi testada, independentemente para cada tratamento, a seguinte hipótese de tendência:

H_0 : O DAP médio das árvores dentro dos blocos, para os tratamentos B, C e D, não sofreu alteração com o número de falhas observadas.

H_1 : O DAP médio das árvores dentro dos blocos, para os tratamentos B, C e D, tendeu a crescer à medida que o número de falhas observadas aumentou.

Esta análise foi feita utilizando-se a variável diâmetro, ao invés de volume, por se tratar de uma variável que inquestionavelmente influencia no rendimento em madeira serrada.

O teste da hipótese H_0 foi feito através da prova não paramétrica de tendência apresentada por Lehmann & D'Abrera (1975). Optou-se por esta prova devido ao pequeno número de observações para cada tratamento.

A prova de tendência foi realizada, para um nível de significância de 5%, mediante o cálculo da estatística D, através da seguinte equação:

$$D = \sum (S_i - R_i)^2$$

onde:

S_i = posto do i-ésimo valor médio do DAP para cada bloco dentro de cada tratamento;

R_i = posto do i -ésimo valor do número de falhas para cada bloco dentro de cada tratamento.

A probabilidade de significância da estatística D foi determinada através da tabela existente em Lehmann & D'Abrera, (1975, p.433).

3.2.5.2 DAP - Diâmetro à altura do peito

Para uma melhor interpretação dos resultados obtidos foi feita uma análise da variância, para um experimento de blocos casualizados, testando a influência dos três tratamentos no diâmetro à altura do peito, considerando-se um nível de significância de 5%.

A hipótese testada foi:

H_0 : As médias dos diâmetros dos tratamentos não diferem entre si.

H_1 : Pelo menos uma igualdade não se verifica.

O modelo para um experimento em blocos casualizados, é apresentado a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

onde:

Y_{ij} = observação do j -ésimo bloco no i -ésimo tratamento

μ = média geral

τ_i = efeito do i -ésimo tratamento ($i = 1, 2, 3$)

β_j = efeito do j -ésimo bloco ($j = 1, \dots, 4$)

ε_{ij} = erro - $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$.

A comparação de médias dos tratamentos foi realizada através do teste de comparação múltipla de Tukey, com um nível de significância de 5% (Steel & Torrie, 1980).

3.2.5.3 Rendimento em madeira serrada

A variável resposta do experimento é o rendimento em madeira serrada verde e seca, expresso em porcentagem.

A experiência tem demonstrado que o rendimento em madeira serrada obtido em eucalipto, encontra-se no intervalo entre 35 e 60%, dependendo do diâmetro das toras e de outros fatores, como as tensões de crescimento, que determinam o rachamento das tábuas e a conseqüente redução no rendimento.

De acordo com Steel & Torrie (1980), no caso de dados expressos em porcentagem no intervalo de 30 a 70%, é discutível a necessidade da transformação dos mesmos para conformá-los às premissas da análise da variância. Sendo assim, esta transformação não foi feita para os valores de rendimento na realização da análise da variância.

A análise de variância foi feita considerando um experimento hierárquico em blocos casualizados, onde foi testada, a um nível de significância de 5%, a seguinte hipótese:

Ho: As médias dos rendimentos em madeira serrada dos tratamentos não diferem entre si.

H1: Pelo menos uma igualdade não se verifica.

Tendo em vista a não rejeição da hipótese H_0 , não foi feito o teste de comparação múltipla entre médias de Tukey, a um nível de significância de 5%.

Os rendimentos médios considerados foram as médias aritméticas dos rendimentos das duas toras obtidas de cada árvore.

O modelo para a análise de variância foi o hierárquico misto com os blocos aleatórios, e os tratamentos fixos, apresentado a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$$

onde:

Y_{ijk} = k-ésima observação do j-ésimo bloco no i-ésimo tratamento ($k=1, \dots, 6$; $j=1, \dots, 4$; $i=1, 2, 3$)

μ = média geral

τ_i = efeito do i-ésimo tratamento

β_j = efeito do j-ésimo bloco

ε_{ij} = erro - $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

δ_{ijk} = erro amostral.

3.2.5.4 Índice de rachamento

No presente estudo foram calculados dois índices de rachamento das tábuas: o primeiro, na etapa após o desdobro (IR), que pode ser considerado como um indicativo do nível de tensões de crescimento presente nas toras, e um segundo, após a secagem (IRS), considerado como indicativo da maior ou menor tendência ao rachamento nas extremidades das tábuas, após a secagem.

Para cada situação, o índice de rachamento foi calculado para cada tábua.

A média desses índices para todas as tábuas de uma mesma tora foi considerado o índice de rachamento da tora.

Para avaliar se a posição da tora na árvore e se o espaçamento de plantio têm influência nos índices de rachamento das tábuas, IR e IRS, foi realizada a análise de variância fatorial em um experimento em bloco casualizado. Tal análise teve como fatores a posição da tora na árvore com dois níveis: primeira e segunda toras (A e B), e o espaçamento em três níveis (tratamentos B, C e D). Foi utilizado um nível de significância de 5% para esta análise.

Foi utilizado o modelo hierárquico misto, apresentado a seguir, tendo-se como fator fixo o espaçamento e como fator aleatório, as toras.

$$Y_{ijkl} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{ijk} + \delta_{ijkl}$$

onde:

Y_{ijkl} = k-ésima observação do j-ésimo tratamento do i-ésimo bloco ($k=1,2$; $j=1,2,3$; $i=1,\dots,4$)

μ = média geral

ρ_i = efeito do bloco

α_j = fator tratamento

β_k = fator tora

$(\alpha\beta)_{jk}$ = interação

ε_{ijk} = erro - $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$

δ_{ijkl} = erro amostral

Os resultados do índice de rachamento obtidos após o desdobro (IR), e após secagem (IRS) foram transformados em respectivamente, $\sqrt{IR+0,5}$ e $\sqrt{IRS+0,5}$ para as análises da variância. Segundo Steel & Torrie, 1980 p.235, quando são obtidos valores numéricos pequenos, abaixo de 10 ou mesmo 15, como neste caso, e que também inclui muitos valores iguais a zero ou próximos dele, esta transformação é a mais apropriada do que a simples raiz quadrada, que tende a sobrecorrigir os valores.

Pela característica do modelo adotado, para as determinações das médias quadráticas esperadas foram seguidos os procedimentos apresentados por Steel & Torrie (1980).

A comparação dos dados de médias de tratamento foi realizada através do teste de comparação múltipla de Tukey (Steel & Torrie, 1980).

3.2.5.5 Associação entre variáveis

Foram analisadas, através da prova não paramétrica de independência, e para cada espaçamento, as associações entre o rendimento em madeira serrada com as seguintes variáveis: encurvamento, conicidade e diâmetro na ponta mais fina das toras. O grau de associação entre estas variáveis foi estimado através de cálculo do coeficiente de correlação não paramétrico de Spearman, conforme procedimentos descritos por Lehmann & D'Abrera (1975).

3.2.6 Modelos de regressão

Em função do diâmetro na ponta mais fina foram desenvolvidos e ajustados modelos lineares simples para os volumes de madeira serrada, nas condições verde e seca.

4 RESULTADOS e DISCUSSÃO

4.1 Falhas

Os resultados da prova não paramétrica de tendência são apresentados na Tabela 4, onde observam-se o valor da estatística D e sua respectiva probabilidade de significância.

Tabela 4: Resultado da prova de tendência para influência de falhas.

TRATAMENTO	VALOR DE D	SIGNIFICÂNCIA
B (3 x 3m)	6	0,3750 ns
C (3 x 4m)	16	0,6250 ns
D (4 x 4m)	10	0,5417 ns
ns = não significante		

Observa-se na Tabela acima, que para todos os tratamentos, a prova de tendência foi não significante. Portanto, há evidências, ao nível de 5% de significância, de que para o presente estudo, as falhas ocorridas nos blocos para os tratamentos avaliados, não contribuíram para alterar os DAP's médios das árvores. Sendo assim, para as análises estatísticas, não foram considerados os efeitos das falhas.

4.2 DAP

As estatísticas descritivas para os DAP's, por tratamento e bloco, são apresentadas na Tabela 1.3 do Anexo 3.

O resultado da análise de variância aplicada aos DAP's, encontra-se na Tabela 5.

Tabela 5: Análise de variância aplicada aos valores de DAP de *Eucalyptus saligna* aos 9 anos.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	PR > F
BLOCO	3	73,7037	24,5689	0,8985	0,444 ns
TRATA	2	924,2618	462,1309	16,9018	0,000 *
ERRO	523	14299,8932	27,3421		
TOTAL	528	15297,8586			

ns = não significativa

* = ao nível de 5% de significância, pelo menos uma igualdade de médias não se verifica

Média = 20,07

Raiz Quad. Qmres = 5,228

Coef. Variação = 26,04

Observa-se na tabela acima, que a análise de variância aplicada aos DAP's, apresentou valor de F significativa. Portanto, há evidências ao nível de 5% de significância de que pelo menos um par de médias difere entre si.

O coeficiente de variação experimental de 26,04%, reflete a alta variação individual, onde os DAP's medidos encontravam-se em um intervalo de 5,0 cm até 33,6 cm. Esta

diferença pode ser explicada pela forma de manejo do plantio.

O resultado do teste de comparação múltipla de Tukey aplicado às médias de DAP, para uma probabilidade de significância de 5%, é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey aplicado as médias de DAP's.

TRATAMENTO	MÉDIAS (cm)	GRUPO (*)
D (4 x 4m)	21,4	a
C (3 x 4m)	21,0	a
B (3 x 3m)	18,5	b

(*)médias ligadas com uma mesma letra não são significativamente diferentes

Pelos resultados do teste de comparação múltipla observa-se que não há diferença significativa, ao nível de 5% de significância, entre as médias de DAP dos tratamentos D e C. No entanto, o tratamento B difere significativamente dos outros dois, apresentando um DAP médio inferior. Este fato pode ser explicado pela ocorrência de árvores de maior diâmetro nos espaçamentos mais abertos, corroborando as informações encontradas na literatura consultada (Coelho et al., 1970; Freitas et. al., 1986; Garcia et al., 1991; Lacerda & Couto, 1993; Obino & Menezes, 1995; Rezende et al., 1981; Shimoyama & Barrichelo, 1989).

As Figuras 7, 8 e 9 mostram para os tratamentos B, C e D, respectivamente, os histogramas de distribuição de frequências para os DAP's das árvores.

Figura 7: Histograma de distribuição de frequências dos DAP's para o tratamento B(3 x 3m).

Figura 9: Histograma de distribuição de freqüências dos DAP's para o tratamento D(4 x 4m).

Observa-se que para o tratamento B, a maior freqüência de diâmetros ocorre na classe 20 cm e para os tratamentos C e D nas classes de 22 cm, mostrando assim a similaridade entre estes dois tratamentos.

Para o tratamento B pode-se notar ainda, uma maior concentração de árvores com DAP entre as classes 14 a 24 cm, com 70% do total das árvores. Ao passo que, para o tratamento C, a maior concentração encontra-se entre as classes de 16 a 24 cm, correspondendo a 76% do total das árvores. No tratamento D, a maior concentração foi observada entre as classes 17,5 a 26,5 cm, com 77% do total de árvores. Outro fato a ser notado é que nos tratamentos C e D, as classes de freqüência de diâmetro com valores acima

de 26 cm, apresentaram, em valores relativos, maiores frequências, com 15% e 20%, respectivamente, ao passo que para o tratamento B esse valor foi de 4,5%.

4.3 Rendimento em madeira serrada

4.3.1 Madeira serrada na condição verde

A Tabela 2.3. do Anexo 3 apresenta as estatísticas descritivas para os valores obtidos de rendimento médio, por árvore, em madeira serrada na condição verde, por tratamento e bloco.

As Figuras 10, 11 e 12 ilustram, para os tratamentos B, C e D respectivamente, os histogramas de distribuição de frequências para os rendimentos médios em madeira serrada obtidos das árvores selecionadas.

Pode-se observar a diferença entre as distribuições dos rendimentos, onde o tratamento C destaca-se dos demais apresentando um maior número de árvores com rendimentos superiores a 40%. Nota-se, ainda que, a distribuição do tratamento B encontra-se concentrada nas classes médias de rendimento de 36,5% a 47,0%. Enquanto que o tratamento D apresenta a maior concentração de árvores com rendimento médio em torno de 39%.

Figura 12: Histograma de distribuição de freqüências dos rendimentos médios para o tratamento D(4 x 4m), na condição verde.

A Tabela 7 apresenta os resultados da análise de variância aplicada ao rendimento médio em madeira serrada, na condição verde.

Tabela 7: Análise de variância aplicada ao rendimento médio em madeira serrada, na condição verde.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	PR > F
BLOCO	3	4,6689	1,5566	0,1175	0,947 ns
TRATA	2	9,1336	4,5668	0,3447	0,722 ns
ARV (TRATA BLOCO)	60	1147,0658	19,1177	1,4432	0,344 ns
ERRO	6	79,4809	13,2468		
TOTAL	71	1240,3503			

ns = não significativa

* = ao nível de 5% de significância, pelo menos uma igualdade de médias não se verifica

Média = 41,27

Raiz Quad. Qmres = 3,63

Coef. Variação = 8,81

Observa-se na última coluna da Tabela, que todos os valores de F foram não significantes. Portanto, há evidências ao nível de 5% de significância de que as médias entre os tratamentos, para os rendimentos médios em madeira serrada, por árvore, na condição verde, não diferem entre si. O baixo valor para o coeficiente de variação (8,81%) indica uma boa precisão para o experimento.

A não significância do teste F da análise da variância pode estar associada à seleção prévia das árvores com características adequadas para serraria, cujos diâmetros encontram-se dentro de um intervalo próximo, como pode ser visto na Tabela 3, e que determinaram um rendimento médio, por tratamento, em torno de 41% (Tabela 2.3 - Anexo 3). Entretanto, pode-se observar na Tabela 3, que as árvores selecionadas do tratamento B apresentaram um diâmetro médio ligeiramente menor o que, de certo modo, poderia influir na obtenção de um rendimento final ligeiramente inferior.

Na tentativa de pesquisar uma causa para a não significância da análise de variância para os rendimentos médios, foi aplicada outra análise de variância, neste caso, aos rendimentos em madeira serrada, na condição verde, obtidos por tora. Os resultados são apresentados na Tabela 8.

A análise da variância aplicada aos dados de rendimento em madeira serrada obtidos por tora, revelou valores de F significativos apenas para o fator tora. Ou seja, a análise acusou significância entre os rendimentos obtidos ao nível de posição de tora A e B (base e superior), e não entre tratamentos nem para a interação.

Tabela 8: Análise de variância aplicada ao rendimento em madeira serrada por tora, na condição verde.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	PR > F
BLOCO	3	9,3397	3,1132	0,1116	0,953 ns
TRATA	2	18,2672	9,1336	0,3989	0,722 ns
TORA	1	136,9879	136,9879	4,9121	0,030 *
TRATA*TORA	2	45,7919	22,8959	0,8210	0,444 ns
ARV (TRATA BLOCO)	60	2294,1317	38,2355	1,3710	0,097 ns
ERRO	75	2091,6064	27,8880		
TOTAL	143	4596,1250			

ns = não significante

* = ao nível de 5% de significância, pelo menos uma igualdade de médias não se verifica

Média = 41,27 Raiz Quad. Qmres = 5,28 Coef. Variação = 12,79

O coeficiente de variação experimental (12,79%) foi superior aquele obtido para os dados de rendimento por árvore (8,81%), indicando uma menor precisão desta análise.

Calculando-se as médias dos rendimentos por tora foram obtidos 42,24% e 40,29%, respectivamente, para as toras da base (A) e superior (B). Estes resultados corroboram a citação em literatura de que maiores diâmetros implicam em maiores rendimentos (CORFO/INFOR, 1989; Leite, 1994; Steele, 1984).

4.3.2 Madeira serrada na condição seca

As estatísticas descritivas para os valores obtidos de rendimento médio, por árvore, em madeira serrada na condição seca, por tratamento e por bloco encontram-se na Tabela 3.3., do Anexo 3.

As médias de rendimento em madeira serrada na condição seca para os três tratamentos, apresentaram valores em torno de 36%. É importante ressaltar que para a

determinação dos rendimentos médios obtidos nesta etapa, foram desconsideradas as perdas por rachas e imperfeições (esmoados) observadas nas tábuas, bem como as tábuas desclassificadas cujos defeitos impedem sua utilização.

A Tabela 9 apresenta os resultados da análise de variância aplicada ao rendimento médio em madeira serrada na condição seca.

Tabela 9: Análise de variância aplicada ao rendimento médio em madeira serrada, na condição seca.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	PR > F
BLOCO	3	10,4173	3,4724	0,4036	0,756 ns
TRATAMENTO	2	9,5885	4,7942	0,5572	0,600 ns
ARV (TRATA BLOCO)	60	1060,3485	17,6724	2,0538	0,184 ns
ERRO	6	51,6274	8,6045		
TOTAL	71	1131,9818			
ns = não significativa			Média = 36,57		
Raiz Quad. Qmres = 2,9333			Coef. Variação = 8,02		

A análise de variância aplicada aos dados de rendimento médio em madeira serrada na condição seca revelou valores de F não significantes. Portanto, há evidências, ao nível de 5% de significância, de que as médias entre os tratamentos, para os rendimentos médios em madeira serrada, por árvore, na condição seca, não diferem entre si.

O coeficiente de variação obtido (8,02%) foi menor que aquele obtido para a condição verde (8,81%), indicando uma melhor precisão do experimento.

A não significância dos testes revelou resultados semelhantes aos obtidos para a condição verde. Podendo sugerir que o comportamento na secagem, das tábuas originadas de toras de cada tratamento, não foi

suficientemente distinto a ponto de diferenciar, na média, os rendimentos obtidos na condição seca.

A análise de variância aplicada ao rendimento em madeira serrada por tora na condição seca, forneceu resultados semelhantes aqueles obtidos para rendimento em madeira serrada por tora na condição verde, conforme é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10: Análise de variância aplicada ao rendimento em madeira serrada por tora, na condição seca.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	PR > F
BLOCO	3	20,8347	6,9449	0,3181	0,812 ns
TRATA	2	19,1770	9,5885	0,4391	0,646 ns
TORA	1	218,5467	218,5467	10,0092	0,002 *
TRATA*TORA	2	70,5738	35,2869	1,6161	0,206 ns
ARV (TRATA BLOCO)	60	2120,6970	35,3449	1,6188	0,024 ns
ERRO	75	1637,5919	21,8345		
TOTAL	143	4087,4213			

ns = não significativo

* = ao nível de 5% de significância, pelo menos uma igualdade de médias não se verifica

Média = 36,56   Raiz Quad. Qmres = 4,67   Coef. Variação = 12,78

A análise da variância aplicada aos dados de rendimento em madeira serrada obtido por tora, na condição seca, revelou valores de F significantes apenas para o fator tora. Ou seja, a análise estatística acusou diferenciação entre os rendimentos obtidos ao nível de posição de tora A e B (base e superior) e não entre tratamentos e nem para a interação.

É interessante notar que o coeficiente de variação experimental encontrado de 12,78%, foi praticamente igual ao obtido na condição verde (12,79%) o que indica a mesma precisão do experimento nas duas condições.

Os resultados obtidos para as médias de rendimento na condição seca, considerando-se o fator posição da tora, revelaram os valores de 37,80% e 35,33%, respectivamente, para as toras superior (B) e da base (A). Indicando comportamento diferenciado na secagem. Como as toras superiores apresentam um menor diâmetro, a explicação para esta diferença pode estar no comportamento diferenciado na secagem. O maior rendimento obtido para as toras B (superior), pode estar associado a um melhor desempenho na secagem sugerindo maior estabilidade desta madeira em relação àquela das toras A (base). Entretanto, deve-se observar estes dados com cautela, visto que a maioria das tábuas excluídas pertenciam a toras A (83,3% ou 10 tábuas) o que poderia estar contribuindo para o maior rendimento das toras B.

A diminuição no rendimento em madeira serrada da condição verde para a seca pode ser explicado pelas contrações da madeira devido a perda de umidade e conseqüente perda de volume serrado, bem como, pela ocorrência de rachas nas extremidades das tábuas e pela exclusão daquelas tábuas, cujos defeitos encontrados impedem sua utilização.

A redução média do rendimento em madeira serrada, por tora, na condição verde em relação ao obtido na condição seca, esteve em torno de 11,3%, com valores de mínimo de 1,3% e máximo de 43,8%, valor este explicado pela exclusão de tábuas desclassificadas. O coeficiente de variação de 55,2% reflete a grande variabilidade valores de de redução de rendimento e portanto a grande variabilidade as toras. Em relação ao total, 75,7% das toras encontram-se no intervalo compreendido por valores de redução de rendimento superiores a 6% até 15%.

4.4 Volumes de toras e de tábuas produzidas

Procurando aprofundar na causa da não significância entre os tratamentos para os rendimentos em madeira serrada, tanto para a condição verde como para a condição seca, foi aplicada a análise de variância às variáveis volume de toras sem casca e volume de tábuas produzidas nas condições verde e seca.

As estatísticas descritivas para volume de toras, volume de tábuas nas condições verde e seca encontram-se respectivamente nas Tabelas 4.3, 5.3 e 6.3 do Anexo 3.

4.4.1 Volumes de toras

Os resultados da análise de variância aplicada aos volumes sem casca das toras desdobradas, são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11: Análise de variância aplicada ao volume sem casca das toras desdobradas.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	PR > F
BLOCO	3	0,0393	0,0013	1,1808	0,323 ns
TRATA	2	0,0114	0,0057	5,1338	0,008 *
ARV (TRATA BLOCO)	60	0,1974	0,0032	2,9622	0,000 *
ERRO	78	0,0866	0,0011		
TOTAL	143	0,2994			

ns = não significante

* = ao nível de 5% de significância, pelo menos uma igualdade de médias não se verifica

Média = 0,162   Raiz Quad. Qmres = 0,033   Coef. Variação = 20,57

Ao contrário, dos resultados obtidos de análise de variância para os rendimentos em madeira serrada,

observa-se na tabela acima, que a análise da variância aplicada aos volumes de toras apresentou valor de F significativa. Portanto, há evidências ao nível de 5% de significância de que pelo menos uma média difere entre si.

A Tabela 12 apresenta o resultado do teste de comparação múltipla de Tukey aplicado às médias dos volumes de toras sem casca.

Tabela 12: Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey aplicado às médias de volume de toras sem casca.

TRATAMENTO	MÉDIAS (m ³)	GRUPO (*)
D(4 x 4m)	0,16987	a
C(3 x 4m)	0,16659	a
B(3 x 3m)	0,14956	b
(*)médias com uma mesma letra não são significativamente diferentes		

A comparação entre as médias dos volumes de toras sem casca pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, revelou que os tratamentos D e C não diferiram entre si. Entretanto, o tratamento B diferiu significativamente dos demais. Na Tabela 4.3 do Anexo 3 pode-se observar a semelhança entre as médias dos tratamentos C e D e a diferença do tratamento B.

Este fato que pode ser explicado pela ocorrência de maiores diâmetros nas árvores selecionadas, nos dois espaçamentos mais abertos, e consequentemente, os maiores volumes obtidos.

4.4.2 Volume de tábuas produzidas

No cálculo do volume de tábuas nos dois estados higrométricos foram consideradas as medições da parte plana das tábuas, livres de rachas e de esmoado. Para a condição seca, os volume das tábuas desclassificadas foram excluídos.

Os resultados da análise de variância aplicada aos volumes de tábuas produzidas totalizados por tora, na condição verde são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13: Análise de variância aplicada ao volume de tábuas produzidas totalizado por tora, na condição verde.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	PR > F
BLOCO	3	0,00042	0,00143	0,6739	0,571 ns
TRATA	2	0,00209	0,00104	4,9220	0,010 *
ARV (TRATA vs TORA)	60	0,05172	0,00086	4,0557	0,000 *
ERRO	78	0,01657	0,00021		
TOTAL	143	0,07082			

ns = não significativa

* = ao nível de 5% de significância, pelo menos uma igualdade de médias não se verifica

Média = 0,06706590

Raiz Quad. Qmres = 0,01457769

Coef. Variação = 21,73

Como ocorreu com volume de toras sem casca, os resultados da análise da variância aplicada aos volumes de tábuas totalizados por tora revelou valores significativos de F. Portanto, existem evidências ao nível de 5% de significância de que pelo menos um par de médias difere entre si.

A Tabela 14 apresenta o resultado do teste de comparação entre médias de Tukey, aplicado às médias dos volumes de tábuas produzidas, totalizado por tora, na condição verde.

Tabela 14: Resultado do teste de comparação múltipla Tukey aplicado às médias dos volumes de tábuas produzidas, totalizados por tora, na condição verde.

TRATAMENTO	MÉDIAS (m ³)	GRUPO
C(3 x 4m)	0,070236	a
D(4 x 4m)	0,069257	a
B(3 x 3m)	0,061705	b
(*)médias com uma mesma letra não são significativamente diferentes		

A comparação entre médias do volume de tábuas produzidas totalizadas por tora, na condição verde, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância revelou que os tratamentos C e D não diferiram entre si. No entanto, o tratamento B diferiu significativamente dos demais. O que era esperado considerando que maiores volumes em toras pressupõe maior volume de madeira serrada.

Com a finalidade de pesquisar possíveis influências do espaçamento no comportamento após secagem, foi avaliada também, a possível influência do comportamento dos volumes das tábuas obtidos, após secagem.

Os resultados da análise de variância aplicada aos volumes de tábuas produzidas totalizados por tora, na condição seca são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15: Análise de variância aplicada ao volume de tábuas produzidas totalizado por tora, na condição seca.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	PR > F
BLOCO	3	0,00069	0,00231	1,5253	0,214 ns
TRATA	2	0,00205	0,00102	6,7641	0,002 *
ARV (TRATA vs TORA)	60	0,03907	0,00065	4,2979	0,000 *
ERRO	78	0,01182	0,00015		
TOTAL	143	0,05364			

ns = não significante

* = ao nível de 5% de significância, pelo menos uma igualdade de médias não se verifica

Média = 0,05930828

Raiz Quad. Qmres = 0,01231045

Coef. Variação = 20,75%

Como esperado, a análise de variância aplicada aos volumes de tábuas totalizados por tora, na condição seca, foi significativa indicando diferença entre as médias dos tratamentos.

A comparação entre médias de volume de tábuas produzidas na condição seca totalizadas por tora, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, apresentada na Tabela 16, revelou que os tratamentos D(4 x 4m) e C(3 x 4m) não diferiram entre si. No entanto, o tratamento B(3 x 3m) diferiu significativamente dos demais. Mesmo considerando a exclusão das tábuas desclassificadas, nota-se que, como era de se esperar, maiores médias de volumes para os tratamentos D e C.

Tabela 16: Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey aplicado às médias dos volumes de tábuas totalizados por tora, na condição seca.

TRATAMENTO	MÉDIAS (m ³)	GRUPO
D(4 x 4m)	0,062094	a
C(3 x 4m)	0,061857	a
B(3 x 3m)	0,053974	b
(*)médias com uma mesma letra não são significativamente diferentes		

Como se observa de todas as análises realizadas envolvendo o volume de toras sem casca e os volumes de tábuas, nas condições verde e seca, houve sempre a influência dos tratamentos. A não influência dos tratamentos nos rendimentos em madeira serrada nas condições verde e seca, foi evidenciada em termos de tora e de árvore. Entretanto, como o rendimento é a relação entre essas duas variáveis, volume de tábuas e volume de toras, fica evidente a diferença entre considerá-las isoladamente e quando estão relacionadas. Indicando que os tratamentos influenciaram em termos dos maiores volumes obtidos, porém o aproveitamento da tora manteve-se inalterado.

4.5 Índice de rachamento das tábuas

4.5.1 Após o desdobro (IR)

O índice de rachamento nas extremidades das tábuas após o desdobro, não manifesta o total das tensões

de crescimento presentes nas toras, visto que o método de desdobro utilizado minimiza os efeitos das mesmas. No entanto, certamente reflete o nível de intensidade dessas forças, sem a presença de tensões de secagem (Fernandes, 1982). É portanto, uma característica interessante para qualificar a aptidão da madeira para serraria.

A análise de variância aplicada aos IR's, expressos em porcentagem, e transformados em $\sqrt{IR+0,5}$ constam na Tabela 17.

Tabela 17: Análise de variância aplicada aos dados de índice de rachamento médio das tábuas, obtido após o desdobro (IR) e transformados em $\sqrt{IR+0,5}$.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	PR > F
BLOCO	3	1,5002	0,5000	2,8034	0,046 *
TRATA	2	1,3488	0,6744	1027,4719	0,000 *
TORA	1	0,9249	0,9249	5,1852	0,026 *
TRATA*TORA	2	0,0013	0,0006	0,0037	0,996 ns
ARV (TRATA BLOCO)	60	31,160	0,5193	2,9113	0,000 *
ERRO	75	13,3788	0,1783		
TOTAL	143	48,3142			

ns = não significativa

* = ao nível de 5% de significância, pelo menos uma igualdade de médias não se verifica

Média = 1,606

Raiz Quad. Qmres = 0,4223

Coef. Variação = 26,28

A análise de variância aplicada aos dados de IR médios obtidos após o desdobro revelou valores de F significantes ao nível de 5% de probabilidade, para os fatores espaçamento e toras. Portanto, há evidências de que as médias entre os tratamentos e entre as toras, para os índices de rachamento das tábuas, após o desdobro, diferem

entre si. Há também evidências, ao nível de 5% de significância, de que não há interação entre os fatores espaçamento e tora.

A comparação entre as médias dos tratamentos para o IR das tábuas por tora, obtidas após o desdobro, pelo teste de comparação múltipla de Tukey, é apresentada na Tabela 18.

Tabela 18: Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey aplicado às médias dos índices de rachamento das tábuas após o desdobro (IR), por tratamento.

TRATAMENTO	MÉDIAS (%)	GRUPO (*)
C(3 x 4m)	2,81	a
B(3 x 3m)	2,29	b
D(4 x 4m)	2,14	b
(*)médias com uma mesma letra não são significativamente diferentes		

A comparação entre as médias, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, para o índice de rachamento das tábuas após o desdobro, revelou que os tratamentos B e D não diferiram entre si. Entretanto, o tratamento C diferiu significativamente dos demais, apresentando valor médio ligeiramente superior, indicando maiores níveis de tensões de crescimento.

Do ponto de vista de desdobro em serraria, valores de índice de rachamento inferiores são mais desejáveis.

Como a análise da variância acusou uma diferença a nível de posição da tora, foram calculadas as médias dos

índices de rachamento de acordo com a posição da tora obtendo-se os valores de 2,78% e 2,05%, respectivamente, para a posição superior e da base, ou seja, as tábuas provenientes das toras B apresentaram média maior. Isto confirma as informações de literatura, de que quanto menor o diâmetro, maiores as tensões de crescimento e maior o rachamento nas extremidades das tábuas, e que nas partes mais altas do fuste existe um maior nível de tensões internas, que se manifesta na forma de rachamentos mais intensos por ocasião do desdobro (Fernandes et al. 1989; Yao, 1979). Além deste aspecto, relacionado com o comportamento das tensões de crescimento, Garcia (1988) cita que a inclinação da grã tende a se acentuar com a altura, o que poderia estar contribuindo para explicar a maior intensidade de rachamento na tora superior.

4.5.2 Após a secagem (IRS)

Todas as rachas que ocorrem na madeira com umidade acima do PSF, têm sua origem nas tensões de crescimento (Fernandes, 1982). Portanto, o índice de rachamento obtido após a secagem reflete não só as tensões de secagem, como também, a ação residual das tensões de crescimento, até este ponto.

A análise de variância aplicada aos valores médios obtidos para o IRS, por tora, expressos em porcentagem e transformados em $\sqrt{IRS+0,5}$, consta na Tabela 19.

Tabela 19: Análise de variância aplicada aos valores de IRS médio das tábuas, por tora, obtidos após a secagem, transformados em $\sqrt{IRS + 0,5}$.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	PR > F
BLOCO	3	0,9795	0,3265	3,8051	0,013 *
TRATA	2	0,5617	0,2808	42,4952	0,000 *
TORA	1	0,0125	0,0125	0,1458	0,704 ns
TRATA*TORA	2	0,0132	0,0066	0,0770	0,926 ns
ARV (TRATA BLOCO)	60	9,9802	0,1663	1,9384	0,003 *
ERRO	75	6,4358	0,0858		
TOTAL	143	17,9831			

ns = não significativa

* = ao nível de 5% de significância, pelo menos uma igualdade de médias não se verifica

Média = 1.99

Raiz Quad. Qmres =0.2929

Coef. Variação =14.70

A análise de variância dos dados de IRS obtidos após a secagem foi significativa, ao nível de 5%, mostrando haver variação para essa característica entre os diferentes tratamentos. Não houve significância da análise para o fator tora, sugerindo que no comportamento da secagem, os IRS mensurados nas toras de base e superior não diferiram significativamente.

O valor do coeficiente de variação experimental foi inferior aquele encontrado no IR medido após o desdobro. Isso significa que para este experimento, as variações entre os valores de IR obtidos nas tábuas após o desdobro são mais amplas no desdobro do que na secagem.

A Tabela 20 apresenta o resultado do teste de comparação múltipla de Tukey para às médias de IRS médio das tábuas por tora, obtidas após a secagem.

Tabela 20: Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey aplicado às médias dos IRS médio das tábuas por tora, após a secagem.

TRATAMENTO	MÉDIAS (%)	GRUPO (*)
B(3 x 3m)	3,99	a
D(4 x 4m)	3,42	b
C(3 x 4m)	3,36	b
(*)médias com uma mesma letra não são significativamente diferentes		

A comparação entre às médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, para o índice de rachamento das tábuas após a secagem, revelou que os tratamentos D e C não diferiram entre si. Entretanto, o tratamento B diferiu significativamente dos demais, apresentando valor médio superior, assim para essa característica este tratamento apresentou os maiores níveis de tensões.

4.6. Características de desdobro da espécie investigada

A caracterização do desdobro inclui a determinação dos atributos da tora, suas dimensões, o rendimento obtido no desdobro e as características físicas da madeira serrada.

Os resultados referem-se ao material analisado, visto que as características do gênero *Eucalyptus* variam de acordo com o material genético, com os fatores do meio ambiente, com o manejo, com a idade, e outros. Portanto, as informações devem ser interpretadas como uma indicação das

propriedades do próprio material utilizado e não como estabelecimento de propriedades da espécie.

4.6.1 Rendimento

A Tabela 21 apresenta, para o conjunto dos três tratamentos, a média, mínimo, máximo, desvio padrão e o coeficiente de variação, para as seguintes variáveis referentes às toras desdobradas: diâmetro de base, diâmetro da ponta mais fina, volumes com e sem casca, conicidade e encurvamento. Essas estatísticas são apresentadas também para as seguintes variáveis das tábuas produzidas: volume, comprimento e largura, bem como para o índice de rachamento após o desdobro e o rendimento em madeira serrada. Os valores detalhados constam das Tabelas 9.3, 10.3 e 11.3, do Anexo 3.

Do desdobro das 144 toras resultaram 842 tábuas, representando em média seis tábuas por tora.

O rendimento em madeira serrada das toras variou de 19,64 % a 59,11 %, apresentando média de 41% para um diâmetro médio na ponta mais fina de 20,9 cm. Este resultado pode ser considerado satisfatório para os diâmetros, as condições de ensaio e as informações obtidas na literatura (pg. 35).

O valor de 19,64% obtido para o rendimento de uma tora do tratamento B, foi causado, principalmente, pela forma da tora, que apresentava encurvamento em 'S', o que comprometeu a largura das tábuas obtidas.

O rendimento, dentro do esperado para *Eucalyptus saligna*, poderia ter sido superior não fossem as perdas representadas pela ocorrência de esmoado nas tábuas mais

próximas à região da casca. Este fato penalizou as dimensões das tábuas.

Tabela 21: Estatísticas para variáveis das toras e das tábuas, para os três tratamentos em conjunto.

VARIÁVEL	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
TORAS **					
. Diâmetro na base (cm)	23,95	16,10	31,75	3,58	14,94
. Diâmetro na ponta mais fina (cm)	20,88	14,75	29,00	2,96	14,20
. Volume de tora sem casca (m ³)	0,1620	0,0749	0,2782	0,0458	28,24
. Volume de tora com casca (m ³)	0,1897	0,0860	0,3261	0,0557	29,33
. Conicidade (cm/m)	0,76	-0,0125	1,80	0,34	44,33
. Encurvamento (cm)	2,76	0	9	1,81	65,46
TÁBUAS ***					
. Volume por tábua (m ³)	0,0115	0,0014	0,0212	0,0040	35,00
. Comprimento (m)	353,37	90,5	402,7	7,34	20,79
. Largura (cm)	12,45	4,7	19,7	3,17	25,48
RENDIMENTO (%)	41,27	19,64	59,11	5,66	13,73
ÍNDICE DE RACHAMENTO APÓS O DESDOBRÓ (%)	2,44	0,0	54,75	3,66	149,94

* CV = coeficiente de variação

** número de toras consideradas = 144

*** número de tábuas consideradas = 842

Apesar do maior encurvamento de tora apresentar um valor de 9 cm, o valor médio para as 144 toras foi de 2,76 cm, considerado baixo. Analisando o valor médio de encurvamento da tora obtido por tratamento (Tabelas 9.3 a 11.3, Anexo 3), observa-se a menor média no tratamento B e

a maior no tratamento D, respectivamente, 2,35 cm e 3,08 cm. Embora estes valores tenham sido pequenos, estão associados com o rendimento obtido (vide item 4.9.). Isto não ocorreu com o tratamento C, com um valor médio de 2,86 cm, situado entre os tratamentos B e D, porém não afetando o rendimento. Em experimentos conduzidos no IPT pode-se observar que à medida que o encurvamento da tora aumenta, o rendimento tende a reduzir-se. Este fato também ocorreu no presente estudo, pelos valores negativos do coeficiente de Spearman, como observado na Tabela 69. Porém, quando se trata de encurvamento, deve-se considerar o comprimento da tora visto que, toras mais longas com maiores encurvamentos apresentarão rendimentos superiores aqueles obtidos por toras mais curtas e que apresentem grande encurvamento. Neste experimento, os resultados obtidos indicam que provavelmente exista outra variável influenciando a associação entre o rendimento e o encurvamento.

A conicidade média das toras foi de 0,76 cm/m, ou seja, o diâmetro diminui em média 0,76 cm cada metro linear, valor considerado baixo. O teste de associação desta variável com o rendimento em madeira serrada obtido para cada tratamento foi não significante, indicando que não há evidências entre a associação da conicidade e o rendimento obtido (item 4.9.).

A conicidade negativa de -0,0125 obtida em uma tora (tratamento B, bloco 4, tora 4A) é explicada pelos valores de diâmetros medidos nas extremidades da tora. No caso, a média obtida dos diâmetros na ponta mais fina foi ligeiramente superior àquela obtida para os diâmetros da base, sendo os valores de medição apresentados a seguir: diâmetros medidos na base: 27 cm e 21 cm; diâmetros medidos

na ponta mais fina: 23,6 cm e 24,5 cm. A tora apresentava a forma elíptica na base e arredondada na ponta mais fina.

Pode-se observar que no método de desdobro utilizado, a largura mínima foi de 4,7 cm e a máxima atingiu 19,7 cm, sendo que na média, a largura das tábuas obtidas foi de 12,45 cm, resultado considerado bom para os diâmetros das toras desdobradas. No entanto, o coeficiente de variação de 25,48% revela grande variação nos valores de largura. Como o método executado foi idêntico para todas as toras, essas variações ocorreram provavelmente devido às diferenças de diâmetros e ao encurvamento observado nas toras, bem como pela presença de esmoado, principalmente nas tábuas mais próximas à região limítrofe à casca.

O índice de rachamento médio nas extremidades das 842 tábuas após o desdobro, apresentou um valor extremamente pequeno, na ordem de 2,6%, resultando em um aproveitamento médio da tábua de 97,4%.

4.6.2 Tendência ao rachamento

Dada a importância da questão do rachamento na madeira de eucalipto optou-se por uma análise conjunta dos índices de rachamento obtidos após o desdobro e após a secagem.

A Tabela 22 apresenta a frequência de tábuas que apresentaram rachas nas extremidades após o desdobro e após a secagem, por tratamento.

Comparando-se as frequências após o desdobro e após a secagem para todas as tábuas, nota-se que este defeito ocorreu com maior intensidade após a secagem.

Tabela 22: Frequência de rachas nas extremidades das tábuas produzidas após o desdobro e após a secagem.

RACHAS NAS	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
EXTREMIDADES DAS TÁBUAS	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
APÓS O DESDOBRO								
Presente	141	51,6	185	64,7	137	48,4	463	55,0
Ausente	132	48,4	101	35,3	146	51,6	379	45,0
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100
APÓS A SECAGEM								
Presente	245	89,7	243	85,0	243	86,0	731	87,0
Ausente	28	10,3	43	15,0	40	14,0	111	13,0
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

O tratamento C apresentou a maior frequência de tábuas com rachamento nas extremidades após o desdobro (64,7%). O tratamento B apresentou 89,5% de tábuas com este defeito, após a secagem.

As estatísticas descritivas por tratamento e bloco, para os valores dos índices de rachamento médios, após o desdobro e após a secagem são apresentadas respectivamente nas Tabelas 7.3 e 8.3 do Anexo 3.

As Tabelas 23 e 24 apresentam as estatísticas descritivas para os valores de rachas encontrados nas extremidades das tábuas, respectivamente nas situações, após o desdobro e após a secagem. Observa-se que estas tabelas quando comparadas as duas citadas anteriormente apresentam pequenas diferenças de valores atribuídas aos arredondamentos.

Tabela 23: Estatísticas descritivas para rachas observadas nas tábuas, após o desdobro.

TRATAMENTO/VARIÁVEL	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
TRATAMENTO B (3 x 3m)					
. Racha na extremidade 1 (cm)	4,41	0	40,0	7,24	164,05
. Racha na extremidade 2 (cm)	4,91	0	39,0	7,72	157,30
. Valor das rachas por tábua (cm)	9,32	0	59,0	12,44	133,48
. Índice de rachamento por tábua (%)	2,33	0	14,75	3,11	133,48
TRATAMENTO C (3 x 4m)					
. Racha na extremidade 1 (cm)	5,60	0	63,0	8,68	155,03
. Racha na extremidade 2 (cm)	6,00	0	54,5	8,10	134,93
. Valor das rachas por tábua (cm)	11,60	0	86,5	13,79	118,86
. Índice de rachamento por tábua (%)	2,90	0	21,6	3,44	118,87
TRATAMENTO D (4 x 4m)					
. Racha na extremidade 1 (cm)	3,11	0	198,0	12,87	413,52
. Racha na extremidade 2 (cm)	5,21	0	90,0	8,43	161,80
. Valor das rachas por tábua (cm)	8,32	0	219,0	17,08	205,15
. Índice de rachamento por tábua (%)	2,08	0	54,75	4,27	205,15
TOTAL B + C + D					
. Racha na extremidade 1 (cm)	4,38	0	198,0	9,95	227,33
. Racha na extremidade 2 (cm)	5,38	0	90,0	8,09	150,45
. Valor das rachas por tábua (cm)	9,76	0	219,0	14,64	149,94
. Índice de rachamento por tábua (%)	2,44	0	54,75	3,66	149,94

* CV = coeficiente de variação

Analisando-se esta tabela, verifica-se que o tratamento D apresentou o menor valor médio de IR (2,08%) sugerindo que as árvores deste tratamento foram as melhores para o propósito de desdobro, ou que apresentaram a menor perda de madeira devido ao rachamento nas tábuas produzidas. Com índices crescentes de IR, aparecem os tratamentos B e C. O valor mínimo do índice de rachamento, está indicando que em pelo menos uma tábua, não houve rachamento tábuas.

Os coeficientes de variação do IR são elevados, demonstrando grande variabilidade desse índice entre as tábuas originadas das toras provenientes de cada tratamento. Um aspecto interessante a ser notado é que os tratamentos com menores valores médios de IR, apresentaram os maiores coeficientes de variação.

Tabela 24: Estatísticas descritivas para rachas observadas nas tábuas, após a secagem.

TRATAMENTO/VARIÁVEL	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
TRATAMENTO B (3 x 3m)					
. Racha na extremidade 1 (cm)	8,33	0	46,0	7,66	91,99
. Racha na extremidade 2 (cm)	6,22	0	58,0	8,38	134,64
. Valor das rachas por tábua (cm)	14,56	0	90	13,31	91,47
. Índice de rachamento por tábua (%)	4,12	0	24,89	3,61	87,76
TRATAMENTO C (3 x 4m)					
. Racha na extremidade 1 (cm)	6,83	0	35	5,98	87,57
. Racha na extremidade 2 (cm)	5,35	0	72	7,79	145,40
. Valor das rachas por tábua (cm)	12,19	0	83	11,29	92,61
. Índice de rachamento por tábua (%)	3,41	0	20,75	3,00	88,12
TRATAMENTO D (4 x 4m)					
. Racha na extremidade 1 (cm)	7,87	0	42,0	6,48	82,32
. Racha na extremidade 2 (cm)	5,07	0	75,0	7,64	150,68
. Valor das rachas por tábua (cm)	12,95	0	86,5	11,36	87,73
. Índice de rachamento por tábua (%)	3,44	0	22,4	2,96	86,13
TOTAL B + C + D					
. Racha na extremidade 1 (cm)	7,67	0	46,0	6,75	88,07
. Racha na extremidade 2 (cm)	5,54	0	75,0	7,94	143,32
. Valor das rachas por tábua (cm)	13,21	0	90,0	12,03	91,07
. Índice de rachamento por tábua (%)	3,65	0	24,89	3,21	88,08

* CV = coeficiente de variação

Verifica-se nesta tabela que as tábuas originadas de toras do tratamento C apresentaram o menor valor médio de IRS, com 3,41%, sugerindo menores níveis de tensões, sendo portanto, o melhor resultado em termos de desempenho na secagem, ou seja, as menores perdas devido ao rachamento nas extremidades das tábuas. Em ordem crescente, observam-se os valores para as tábuas dos tratamentos D e B, com respectivamente, 3,44% e 4,12%.

Os coeficientes de variação foram elevados porém inferiores aos obtidos para IR, em cerca de 50%, sugerindo uma menor variabilidade do índice de rachamento encontrado após a secagem.

Da análise conjunta das duas condições nota-se que tábuas originadas de toras do tratamento D embora com o menor índice de rachamento médio após o desdobro (2,08%), apresentaram maior tendência para o rachamento após a secagem (3,44%).

Pode-se observar que tanto para os três tratamentos individualmente, como para o conjunto, os valores do índice de rachamento após a secagem foram superiores aqueles encontrados após o desdobro. Este resultado já era esperado, considerando que o método de desdobro escolhido ameniza os efeitos das tensões internas de crescimento manifestadas por ocasião do desdobro, na forma de rachas.

As tábuas originadas do tratamento C apresentaram valores médios para os índices de rachamento após o desdobro e após a secagem, respectivamente de 2,90% e 3,41%, portanto bem próximos, sugerindo um comportamento mais estável da madeira. As tábuas originadas de toras do tratamento B apresentaram uma tendência maior de rachamento após a secagem.

As Tabelas 25 e 26 apresentam as classes de frequência, respectivamente, para os valores de índices de rachamento obtidos após o desdobro e após a secagem.

Tabela 25: Classes de frequência para índice de rachamento obtido por tábua, após o desdobro.

CLASSES			TRATAMENTO							
DE ÍNDICE DE			B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
RACHAMENTO APÓS			nº de	%	nº de	%	nº de	%	nº de	%
O DESDOBR O (%)			tábuas		tábuas		tábuas		tábuas	
0	—	1,5	146	53,5	118	41,3	153	54,0	417	49,5
1,5	—	3,0	44	16,1	60	21,0	50	17,7	154	18,3
3,0	—	4,5	23	8,4	31	10,9	40	14,1	94	11,2
4,5	—	6,0	18	6,6	35	12,3	22	7,8	75	8,9
6,0	—	7,5	16	5,8	17	5,9	7	2,5	40	4,8
7,5	—	9,0	14	5,1	11	3,9	4	1,4	29	3,5
9,0	—	10,5	7	2,6	4	1,4	2	0,7	13	1,6
10,5	—	12,0	1	0,4	3	1,1	1	0,4	5	0,6
12,0	—	13,5	3	1,1	1	0,3	2	0,7	6	0,7
13,5	—	15,0	1	0,4	1	0,3	-	-	2	0,2
15,0	—	16,5	-	-	2	0,7	-	-	2	0,2
16,5	—	18,0	-	-	1	0,3	-	-	1	0,1
18,0	—	19,5	-	-	1	0,3	-	-	1	0,1
19,5	—	21,0	-	-	-	-	-	-	-	-
21,0	—	22,5	-	-	1	0,3	-	-	1	0,1
22,5	—	24,0	-	-	-	-	-	-	-	-
>24,0			--	-	-	-	2	0,7	2	0,2
TOTAL			273	100	286	100	283	100	842	100

As tábuas que apresentaram um índice de rachamento após o desdobro, entre 0 e 1,5%, corresponderam a 49,5% do total, ou seja 417 tábuas. As tábuas produzidas a partir das toras do tratamento D, quando comparadas com aquelas dos tratamentos B e C, apresentaram o melhor desempenho, com 54,0% ou 153 tábuas, na primeira classe de frequência. No total das tábuas observadas apenas 3,8%

apresentaram índices de rachamento superiores a 9%. As classes compreendidas entre 1,5 a 6,0% representaram 38,4%.

Tabela 26: Classes de frequência para índice de rachamento obtido por tábua, após a secagem.

CLASSES			TRATAMENTO							
DE ÍNDICE DE			B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
RACHAMENTO APÓS			nº de	%	nº de	%	nº de	%	nº de	%
A SECAGEM (%)			tábuas		tábuas		tábuas		tábuas	
0	—	1,5	59	21,6	78	27,2	76	26,7	213	25,3
1,5	—	3,0	52	19,0	75	26,2	72	25,4	199	23,6
3,0	—	4,5	69	25,3	55	19,2	54	19,1	178	21,2
4,5	—	6,0	35	12,8	33	11,5	35	12,4	103	12,2
6,0	—	7,5	29	10,6	20	7,0	25	8,8	74	8,8
7,5	—	9,0	10	3,6	10	3,5	8	2,8	28	3,3
9,0	—	10,5	4	1,5	6	2,1	6	2,1	16	1,9
10,5	—	12,0	6	2,2	4	1,4	3	1,1	13	1,6
12,0	—	13,5	2	0,7	2	0,7	2	0,8	6	0,7
13,5	—	15,0	1	0,4	1	0,4	—	—	2	0,2
15,0	—	16,5	1	0,4	1	0,4	1	0,4	3	0,4
16,5	—	18,0	3	1,1	—	—	—	—	3	0,4
18,0	—	19,5	—	—	—	—	—	—	—	—
19,5	—	21,0	—	—	1	0,4	—	—	1	0,1
21,0	—	22,5	—	—	—	—	1	0,4	1	0,1
22,5	—	24,0	1	0,4	—	—	—	—	1	0,1
≥ 24,0			1	0,4	—	—	—	—	1	0,1
TOTAL			273	100	286	100	283	100	842	100

O índice de rachamento após a secagem apresentou, no primeiro intervalo de frequência, apenas 25,3% do total, ou seja 213 tábuas. Pode-se observar, no entanto, que houve um comportamento diferenciado no que diz respeito as frequências nas classes de 1,5 a 6%, sugerindo uma maior tendência ao rachamento após a secagem.

Foram observadas em apenas quatro tábuas, índices de rachamento iguais ou superiores a 19%.

As considerações apresentadas devem ser analisadas com cuidado porque, além do fator espaçamento, outras variáveis podem estar influenciando os resultados obtidos, como o diâmetro das toras e o tipo de grã, entre outros.

Nas condições em que foi conduzido este experimento, os resultados obtidos para os índices de rachamentos apresentaram valores em média pequenos, com um aproveitamento da tábua em média de 97% e 96%, respectivamente, após o desdobro e após a secagem.

4.6.3 Dimensão das peças produzidas

As toras foram convertidas em tábuas de 27 mm de espessura, com largura e comprimento de acordo com suas limitações físicas, através do método de desdobro de duas passagens. As características das tábuas assim obtidas são apresentadas a seguir.

4.6.3.1 Largura das tábuas

As estatísticas descritivas, por tratamento, para a largura das tábuas na condição verde, encontram-se na Tabela 27. Os valores obtidos por bloco constam da Tabela 12.3, do Anexo 3.

Pode-se observar que o tratamento C apresentou na média, a maior largura com 12,86 cm, assim como o maior valor máximo, de 19,7 cm. Entretanto, nota-se que os valores obtidos para os outros tratamentos, não se apresentam muito diferenciados. Como largura de tábua é uma

variável dependente do diâmetro da tora e como não houve grandes diferenciações entre os diâmetros das toras desdobradas, a semelhança entre as larguras médias era esperada. Os elevados coeficientes de variação refletem as variações em termos das larguras das peças individuais. Isto não inviabiliza o uso de tábuas de menor largura, tendo em vista, que há tecnologia disponível para a produção de painéis de tábuas de madeira de pequena largura. Tais painéis podem ser então utilizados na produção de móveis e outros produtos, como estrados de madeira.

Tabela 27: Estatísticas descritivas para a largura das tábuas obtidas na condição verde, por tratamento.

TRATAMENTO	LARGURA DAS TÁBUAS, CONDIÇÃO VERDE				
	MÉDIA (cm)	MÍNIMO (cm)	MÁXIMO (cm)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	12,05	4,7	19,0	3,19	26,53
C (3 x 4m)	12,86	5,5	19,7	3,22	25,06
D (4 x 4m)	12,39	5,0	19,5	3,07	24,80

* CV = coeficiente de variação

Para melhor caracterizar a largura das tábuas originadas de toras dos tratamentos B, C e D, separadamente e para o conjunto dos três, são apresentadas na Tabela 28 as classes de frequência.

A Figura 13 ilustra a distribuição de frequências das tábuas, por classe de largura, por tratamento.

Tabela 28: Classes de frequência de largura das tábuas, por tratamento.

CLASSES DE LARGURA (cm)	TRATAMENTO							
	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
< 6,0	2	0,7	2	0,7	4	1,4	8	1,0
6,0 7,5	12	4,4	12	4,1	10	3,5	34	4,0
7,5 9,0	33	12,1	18	6,3	20	7,1	71	8,4
9,0 10,5	34	12,5	23	8,0	34	12,0	91	10,8
10,5 12,0	58	21,2	74	25,8	53	18,7	185	22,0
12,0 13,5	31	11,4	20	7,0	31	11,0	82	9,7
13,5 15,0	58	21,2	65	22,6	85	30,0	208	24,7
15,0 16,5	12	4,4	16	5,6	12	4,2	40	4,8
16,5 18,0	20	7,3	38	14,0	28	9,9	86	10,2
18,0 19,5	13	4,8	15	4,9	6	2,1	34	4,0
19,5 21,0	-	-	3	1,0	-	-	3	0,4
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

Figura 13: Histograma de distribuição de frequências de largura de tábuas.

Nota-se, que a maior frequência de tábuas encontra-se entre as classes de 10,5 a 15,0 cm, com 56,4% do total correspondendo a 475 tábuas. Para o tratamento D pode-se observar uma porcentagem maior de largura das tábuas na classe de 13,5 a 15,0 cm, correspondendo a 30% do total. Entretanto, o tratamento C é o que apresenta nas classes acima de 15 cm, a maior frequência de tábuas.

4.6.3.2 Comprimento

Os comprimentos apresentados referem-se aqueles obtidos das tábuas após o destopo, onde foram consideradas as partes planas da tábua, livres de rachas nas extremidades e de esmoado.

A Tabela 29 apresenta as estatísticas descritivas para comprimento das tábuas, por tratamento. Os valores obtidos por bloco constam da Tabela 13.3, do Anexo 3.

Tabela 29: Estatísticas descritivas para o comprimento das tábuas obtido após o destopo, por tratamento.

TRATAMENTO	COMPRIMENTO DAS TÁBUAS, CONDIÇÃO VERDE				
	MÉDIA (m)	MÍNIMO (m)	MÁXIMO (m)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	3,44	1,00	4,01	0,80	23,29
C (3 x 4m)	3,48	0,90	4,01	0,79	22,70
D (4 x 4m)	3,67	1,00	4,02	0,57	15,59
TOTAL	3,53	0,90	4,02	0,73	20,79

* CV = coeficiente de variação

A média de comprimento obtido após o destopo foi de 3,53 m. O tratamento D apresentou o maior valor médio, bem como o menor coeficiente de variação (15,59%).

Para melhor caracterizar o comprimento das tábuas obtido após o destopo, são apresentadas na Tabela 30, as classes de frequência por tratamento e para o conjunto dos três tratamentos.

Tabela 30: Classes de frequência de comprimento das tábuas obtido após o destopo, por tratamento.

CLASSES DE COMPRIMENTO (m)		TRATAMENTO							
		B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
		nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
0,8	1,2	12	4,4	12	4,2	3	1,1	27	3,2
1,2	1,6	8	2,9	6	2,1	2	0,7	16	1,9
1,6	2,0	7	2,6	8	2,8	4	1,4	19	2,2
2,0	2,4	7	2,6	9	3,1	9	3,2	25	3,0
2,4	2,8	11	4,0	8	2,8	6	2,1	25	3,0
2,8	3,2	12	4,4	10	3,5	16	5,7	38	4,5
3,2	3,6	30	11,0	24	8,4	12	4,2	66	7,8
3,6	4,0	183	67,0	203	71,0	210	74,2	596	70,8
> 4,0		3	1.1	6	2,1	21	7,4	30	3,6
TOTAL		273	100	286	100	283	100	842	100

Das 842 tábuas, 70% estão concentradas na classe de 3,60 a 4,00m. As tábuas originadas de toras do tratamento D apresentaram a maior frequência nessa classe de comprimento, com 74,2%, quando comparadas com as dos tratamentos C e B.

4.7 Avaliação de defeitos decorrentes da secagem e outros

4.7.1 Rachas superficiais e nas extremidades das tábuas

A freqüência de rachas superficiais observadas nas tábuas produzidas podem ser observadas na Tabela 31.

Tabela 31: Freqüência de rachas superficiais observadas nas tábuas.

RACHAS	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
SUPERFICIAIS	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
Ausente	187	68,5	197	68,9	189	66,8	573	68,0
Poucas	41	15,0	64	22,4	64	22,6	169	20,1
Inúmeras	45	16,5	25	8,7	30	10,6	100	11,9
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

Pode-se observar que em 68% do total de tábuas produzidas, houve ausência deste defeito e que, entre os tratamentos, em termos percentuais, não foram observadas grandes variações na freqüência. No entanto, tábuas provenientes do tratamento B apresentaram maior freqüência relativa (16,5%) para a ocorrência de inúmeras rachas superficiais.

A freqüência de tábuas que apresentarm rachas nas extremidades após o desdobro e após a secagem, foram tratadas com maior detalhe no item 4.6.2.

4.7.2 Empenamentos

4.7.2.1 Encurvamento

Na Tabela 32 pode ser observada a frequência de encurvamento. Nota-se que de um total de 842 tábuas, apenas 97 não apresentaram este defeito correspondendo a 11,5% do total. Observa-se também que o tratamento C apresentou o maior número de tábuas livres deste defeito e que tábuas provenientes do tratamento D apresentaram a maior ocorrência, com apenas 7,8% das tábuas isentas de encurvamento.

Tabela 32: Frequência de encurvamento.

ENCURVAMENTO	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
Ausente	31	11,4	44	15,4	22	7,8	97	11,5
Presente	242	88,6	242	84,6	261	92,2	745	88,5
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

Na Tabela 33 observa-se que, em média o valor de encurvamento para as tábuas provenientes dos três tratamentos foi de 3,94 mm/m. As tábuas provenientes de toras do tratamento C apresentaram o menor valor de média e o maior valor de máximo, respectivamente 3,34 mm/m e 21,16 mm/m, bem como o maior coeficiente de variação (83,4%) indicando as grandes diferenças ocorridas em termos dos valores e suas frequências.

Tabela 33: Estatísticas descritivas para encurvamento.

TRATAMENTO	MÉDIA (mm/m)	MÍNIMO (mm/m)	MÁXIMO (mm/m)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	4,16	0	15,50	2,7534	66,13
C (3 x 4m)	3,34	0	21,16	2,7926	83,36
D (4 x 4m)	4,33	0	11,33	2,3305	53,79
TOTAL B + C + D	3,94	0	21,16	2,6605	67,57

* CV = coeficiente de variação

A Tabela 34 apresenta, para cada classe de frequência de encurvamento após a secagem, o número de tábuas com esse defeito, e suas frequências.

Tabela 34: Classes de frequência para encurvamento.

CLASSES DE ENCURVAMENTO (mm/m)	TRATAMENTO							
	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
≤ 1,0	33	12,1	63	22,0	27	9,5	123	14,6
1,0 — 2,5	33	12,1	57	19,9	36	12,7	126	15,0
1,5 — 4,0	78	28,6	61	21,3	52	18,4	191	22,7
3,0 — 5,5	53	19,4	51	17,8	73	25,8	177	21,0
4,5 — 7,0	41	15,0	25	8,8	64	22,6	130	15,5
6,0 — 8,5	18	6,6	17	5,9	22	7,7	57	6,8
7,5 — 10,0	7	2,5	7	2,5	6	2,2	20	2,4
9,0 — 11,5	6	2,2	2	0,7	3	1,1	11	1,3
11,5 — 13,0	1	0,4	2	0,7	-	-	3	0,4
13,0 — 14,5	2	0,7	-	-	-	-	2	0,2
14,5 — 16,0	1	0,4	-	-	-	-	1	0,1
> 16	-	-	1	0,4	-	-	1	0,1
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

Analisando esta tabela, pode-se notar que o tratamento C apresentou a maior frequência de tábuas com valores de encurvamento inferiores ou iguais a 2,5 mm/m. No total, a classe de encurvamento de 1,5 a 4,0 mm/m apresentou a maior frequência.

O encurvamento é um defeito que não determina perdas do material serrado, visto que as tábuas com este tipo de defeito, quando em uso que requeira pregação, tende a ser corrigido, deixando a superfície plana podendo portanto ser corrigido no momento da utilização das tábuas.

4.7.2.2 Arqueamento

A ocorrência do arqueamento nas tábuas provenientes de cada tratamento e para o conjunto dos três é apresentada na Tabela 35.

Tabela 35: Frequência de arqueamento.

ARQUEAMENTO	TRATAMENTO							
	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
Ausente	69	25,3	55	19,2	80	28,3	204	24,2
Presente	204	74,7	231	80,8	203	71,7	638	75,8
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

De um total de 842 tábuas, 638 apresentaram arqueamento correspondendo a 75,8%. O tratamento C apresentou a maior ocorrência de tábuas com este defeito,

representando de seu total, 80,8%. O tratamento D, por outro lado, apresentou a menor frequência com 28,3%.

A Tabela 36 apresenta os resultados das estatísticas descritivas para os valores de arqueamento obtidos.

Tabela 36: Estatísticas descritivas para arqueamento, por tratamento.

TRATAMENTO	MÉDIA (mm/m)	MÍNIMO (mm/m)	MÁXIMO (mm/m)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	2,44	0	10,00	2,24	91,72
C (3 x 4m)	2,48	0	9,02	2,04	82,33
D (4 x 4m)	2,18	0	9,86	1,98	91,02
TOTAL B + C + D	2,37	0	10,00	2,09	88,36

* CV = coeficiente de variação

Nota-se que o valor médio para arqueamento foi de 2,37 mm/m. Tábuas originadas das toras do tratamento D apresentaram o melhor desempenho, em termos de arqueamento médio obtido, igual a 2,18 mm/m, mas todos os tratamentos apresentaram elevados coeficientes de variação.

Na Tabela 37 observa-se que a maior frequência encontra-se na classe de 0 a 1 mm/m, com 244 tábuas, representando 29% do total. Os valores de arqueamento originados dos três tratamentos, estão concentrados nas quatro primeiras somando 76%, 79% e 83%, respectivamente para os tratamentos B, C e D. O arqueamento mais acentuado foi observado no tratamento B, nas classes de 6 a 7mm/m; 7 a 8mm/m; 8 a 9mm/m e 9 a 10mm/m, com ocorrência em 22 tábuas. Nota-se também que o tratamento D apresentou melhor

comportamento, com uma maior concentração de tábuas nas menores classes.

Tabela 37: Classes de frequência para arqueamento.

CLASSES DE ARQUEAMENTO (mm/m)			TRATAMENTO							
			B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
			nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
0	—	1	77	28,2	78	27,3	89	31,5	244	29,0
1	—	2	53	19,4	47	16,4	46	16,2	146	17,3
2	—	3	51	18,7	64	22,4	71	25,1	186	22,1
3	—	4	28	10,2	38	13,3	28	9,9	94	11,2
4	—	5	27	9,9	26	9,1	21	7,4	74	8,8
5	—	6	15	5,5	15	5,3	17	6,0	47	5,6
6	—	7	12	4,4	6	2,1	4	1,4	22	2,6
7	—	8	4	1,5	10	3,5	3	1,1	17	2,0
8	—	9	3	1,1	1	0,3	3	1,1	7	0,8
9	—	10	3	1,1	1	0,3	1	0,3	5	0,6
TOTAL			273	100	286	100	283	100	842	100

A correção do arqueamento, conforme sua intensidade, leva a perdas substanciais no volume serrado, na medida em que se reduzem a largura e o comprimento das tábuas.

4.7.2.3 Encanoamento

A Tabela 38 apresenta a ocorrência de encanoamento nas tábuas após a secagem. Pode-se observar que 33% das tábuas não apresentaram encanoamento, sendo que

no tratamento D, foi observada a maior frequência de tábuas que não apresentaram este defeito (37,1%). As tábuas originadas do tratamento B apresentaram a maior frequência deste defeito com 74,4%.

Tabela 38: Frequência de encanoamento.

ENCANOAMENTO	TRATAMENTO							
	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
Ausente	70	25,6	105	36,7	105	37,1	280	33,3
Presente	203	74,4	181	63,3	178	62,9	562	66,7
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

Os resultados apresentados na Tabela 39 mostram que para o total das tábuas medidas, foi encontrado um encanoamento médio de 1,22 mm. E que o menor valor de 1,12 mm foi obtido nas tábuas originadas do tratamento D. Pode-se observar os elevados coeficientes de variação, revelando a dispersão dos valores medidos.

Tabela 39: Estatísticas descritivas para encanoamento, por tratamento.

TRATAMENTO	MÉDIA (mm)	MÍNIMO (mm)	MÁXIMO (mm)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	1,32	0	6	1,15	87,04
C (3 x 4m)	1,23	0	5	1,20	98,25
D (4 x 4m)	1,12	0	7	1,18	105,01
TOTAL B + C + D	1,22	0	7	1,18	96,53

* CV = coeficiente de variação

A Tabela 40 apresenta as frequências para encanoamento. A maioria das tábuas, correspondendo a 63,5%, está contida na primeira classe de frequência, de 0 a 1 mm, ou seja, apresentaram ou não encanoamento. O encanoamento mais severo, classes de 3 a 4mm e acima, ocorreu em 42 tábuas sendo que o maior valor, foi encontrado em uma tábua do tratamento D. Contudo, a maior concentração de tábuas nessas classes ocorre no tratamento C.

Tabela 40: Classes de frequência para encanoamento.

CLASSES DE ENCANOAMENTO (mm)			TRATAMENTO							
			B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
			nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
0	—	1	169	61,9	175	61,2	191	67,5	535	63,5
1	—	2	68	24,9	68	23,8	62	21,9	198	23,5
2	—	3	21	7,7	27	9,4	19	6,7	67	8,0
3	—	4	11	4,0	15	5,2	6	2,1	32	3,8
4	—	5	3	1,1	1	0,4	4	1,4	8	1,0
5	—	6	1	0,4	-	-	-	-	1	0,1
6	—	7	-	-	-	-	1	0,4	1	0,1
TOTAL			273	100	286	100	283	100	842	100

As perdas de volume relativas a este defeito limitam-se à diminuição da espessura das tábuas, o que poderia ser avaliado através da diferença entre a espessura nominal e a espessura aplainada final.

4.7.2.4 Torcimento

O torcimento, como consequência natural da grã espiralada (Harris, 1989), foi observado em apenas uma tábua, correspondendo a 0,1% do total, sendo sua ocorrência não significativa.

4.7.2.5 Encurvamento complexo

Não foi observado encurvamento complexo em nenhuma tábua.

4.7.3 Colapso

Como pode ser observado na Tabela 41, o colapso foi observado em 234 tábuas, correspondendo a 27,8% do total de tábuas. As tábuas originadas do tratamento B, apresentaram a maior ocorrência deste defeito, quando comparadas com aquelas originadas dos tratamentos D e C, respectivamente, 34,8%, 29,7% e 19,2%.

Tabela 41: Frequência de colapso avaliado nas tábuas após secagem.

COLAPSO	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
Ausente	178	65,2	231	80,8	199	70,3	608	72,2
Leve	79	28,9	44	15,4	71	25,1	194	23,0
Moderado	12	4,4	11	3,8	9	3,2	32	3,8
Severo	4	1,5	-	-	4	1,4	8	1,0
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

Tábuas que apresentaram colapso severo, comprometendo seu uso, corresponderam a 1% do total, não sendo este um valor significativo, em termos do total de tábuas.

Isto corrobora citação de Haslett (1990) que menciona o *E. saligna* como espécie menos propensa ao colapso do que *E. regnans*, *E. delegatensis* e *E. fastigata*. Entretanto, é importante considerar que estes resultados foram obtidos a partir de uma condição amena de secagem.

4.7.4 Esmoadado

O esmoado não foi observado em 486 tábuas, ou seja, 57,7% do total (Tabela 42). Tábuas originadas de toras do tratamento C apresentaram a maior porcentagem de ausência de esmoado (61,9%), enquanto que para os tratamentos D e B, obteve-se 56,9% e 54,2%, respectivamente.

Tabela 42: Frequência de esmoado.

ESMOADO	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
Ausente	148	54,2	177	61,9	161	56,9	486	57,7
Presente	125	45,8	109	38,1	122	43,1	356	42,3
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

A presença significativa de tábuas com esmoado pode ser explicada pelo intervalo de diâmetros de tora

amostrados, considerados pequenos, com média de 23,95 cm, mínimo de 16,10 cm e máximo de 31,75cm (Tabela 21).

O esmoado foi quantificado em termos percentuais em relação ao comprimento, largura e espessura da tábua (item 3.2.3.4).

Pode-se observar na Tabela 43, que na média, as tábuas apresentaram 27,81% de esmoado em relação ao seu comprimento. A menor média, 24,97%, foi obtida no tratamento C. Os coeficientes de variação são muito elevados, indicando uma variação muito grande dos dados.

Tabela 43: Estatísticas descritivas para comprimento do esmoado, por tratamento.

TRATAMENTO	MÉDIA (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	30,63	0	100	40,54	132,35
C (3 x 4m)	24,97	0	100	37,42	149,81
D (4 x 4m)	27,96	0	100	38,62	138,15
TOTAL	27,81	0	100	38,88	139,79

* CV = coeficiente de variação

A Tabela 44 apresenta as classes de frequência de comprimento de esmoado. Observa-se que, a maioria das tábuas apresentaram uma porcentagem do comprimento de esmoado, na classe de 0 a 10%. Foi encontrada uma concentração de 16,5% de tábuas na classe compreendida entre os valores de 90 a 100%, explicada pelas tábuas obtidas da região mais próxima à casca.

Tabela 44: Classes de frequência para comprimento do esmoado por tábua, expresso em porcentagem.

CLASSES DE COMPRIMENTO DE ESMOADO (%)			TRATAMENTO							
			B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
			nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
0	—	10	156	57,1	178	62,2	169	59,7	503	59,7
10	—	20	9	3,3	10	3,5	5	1,8	24	2,9
20	—	30	7	2,6	10	3,5	10	3,5	27	3,2
30	—	40	9	3,3	9	3,2	11	3,9	29	3,5
40	—	50	10	3,7	7	2,5	11	3,9	28	3,3
50	—	60	11	4,0	10	3,5	13	4,6	34	4,0
60	—	70	8	2,9	12	4,2	5	1,8	25	3,0
70	—	80	4	1,5	4	1,4	9	3,2	17	2,0
80	—	90	5	1,8	7	2,4	4	1,4	16	1,9
90	—	100	54	19,8	39	13,6	46	16,2	139	16,5
TOTAL			273	100	286	100	283	100	842	100

A Tabela 45 apresenta as estatísticas para a percentagem de largura do esmoado.

Tabela 45: Estatísticas descritivas para largura do esmoado, por tratamento.

TRATAMENTO	MÉDIA (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	11,87	0	60,60	16,15	136,10
C (3 x 4m)	10,05	0	56,66	15,25	151,69
D (4 x 4m)	12,92	0	82,14	18,13	140,36
TOTAL	11,60	0	82,14	16,58	142,86

* CV = coeficiente de variação

Na média, as tábuas apresentaram 11,60% de esmoado na sua largura. A menor média, de 10,05%, foi obtida no tratamento C. Os elevados coeficientes de variação obtidos refletem a dispersão dos dados.

Em relação ao total de tábuas, pode ser observado na Tabela 46, que 58,8% apresentaram largura de esmoado de até 5% da largura da tábua. As tábuas originadas do tratamento C apresentaram a maior freqüência de tábuas nesta classe, quando comparadas com os demais tratamentos. A distribuição das tábuas, entre as outras classes, revelou valores de freqüências mais ou menos próximas, sem mostrar grandes concentrações em alguma classe em especial.

Tabela 46: Classes de freqüência para largura do esmoado por tábua, expresso em porcentagem.

CLASSES DE LARGURA DE ESMOADO (%)			TRATAMENTO							
			B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
			nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
0	—	5	152	55,7	179	62,6	164	58,0	495	58,8
5	—	10	13	4,8	9	3,1	7	2,5	29	3,4
10	—	15	12	4,4	19	6,7	13	4,6	44	5,2
15	—	20	27	9,9	12	4,2	17	6,0	56	6,7
20	—	25	17	6,2	14	4,9	12	4,2	43	5,1
25	—	30	11	4,0	13	4,5	10	3,5	34	4,0
30	—	35	7	2,6	14	4,9	18	6,3	39	4,6
35	—	40	10	3,7	8	2,8	12	4,2	30	3,6
40	—	45	8	2,9	6	2,1	7	2,5	21	2,5
45	—	50	9	3,3	4	1,4	13	4,6	26	3,1
50	—	55	2	0,7	7	2,5	2	0,7	11	1,3
55	—	60	4	1,5	1	0,3	3	1,1	8	1,0
> 60			1	0,3	-	-	5	1,8	6	0,7
TOTAL			273	100	286	100	283	100	842	100

Nota-se na Tabela 47, que na média obteve-se um valor de 38,57% de percentagem de esmoado, em relação a espessura da tábua. Os altos coeficientes de variação obtidos revelam a grande variação dos valores medidos. O tratamento C apresentou a menor média, com 33,20% e o maior

coeficiente de variação (135,22%). Foram observadas tábuas que apresentaram esmoado em 100% de sua espessura.

Tabela 47: Estatísticas descritivas para espessura do esmoado, por tratamento.

TRATAMENTO	MÉDIA (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	43,17	0	100	48,75	112,90
C (3 x 4m)	33,20	0	100	44,89	135,22
D (4 x 4m)	39,57	0	100	47,44	119,88
TOTAL	38,57	0	100	47,15	122,23

* CV = coeficiente de variação

A Tabela 48 apresenta as classes de frequência para espessura do esmoado, o número de tábuas com esse defeito e as respectivas frequências.

Tabela 48: Classes de frequência para espessura do esmoado por tábua, expresso em porcentagem.

CLASSES DE ESPESSURA DE ESMOADO (%)		TRATAMENTO							
		B (3 x 3)		C (3 x 4)		D (4 x 4)		TOTAL	
		nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
0 — 10		150	54,9	180	63,0	164	58,0	494	58,7
10 — 20		2	0,7	-	-	-	-	2	0,2
20 — 30		-	-	1	0,3	2	0,7	3	0,4
30 — 40		2	0,7	4	1,4	2	0,7	8	1,0
40 — 50		1	0,4	2	0,7	-	-	3	0,4
50 — 60		4	1,5	13	4,6	6	2,1	23	2,7
60 — 70		1	0,4	3	1,1	3	1,1	7	0,8
70 — 80		-	-	1	0,3	6	2,1	7	0,8
80 — 90		-	-	1	0,3	-	-	1	0,1
90 — 100		113	41,4	81	28,3	100	35,3	294	34,9
TOTAL		273	100	286	100	283	100	842	100

Observa-se que o maior número de tábuas concentra-se na primeira e na última classes, 0 a 10% e 90 a 100%, com respectivamente, 58,79% e 24,9% do total de tábuas. O tratamento que apresentou a maior incidência de esmoado na classe de 90 a 100% foi o B com 41,4%, seguido pelos tratamentos D e C, com respectivamente, 35,3% e 28,3%.

4.7.5 Bolsas de resina

De acordo com os dados apresentados na Tabela 49, nota-se que apenas 13 tábuas apresentaram bolsa de resina, correspondendo a 1,5% do total, número considerado insignificante. A maior ocorrência foi observada em tábuas originadas de toras do tratamento D.

Tabela 49: Freqüência de bolsas de resina.

BOLSAS DE RESINA	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
Ausente	270	98,9	285	99,6	274	96,8	829	98,5
Presente	3	1,1	1	0,4	9	3,2	13	1,5
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

4.7.6 Nós

Os nós foram avaliados, como firmes e soltos, na superfície da tábua que apresentava maior incidência. Em alguns casos, os nós mostravam-se deteriorados e/ou associados com resina.

Na Tabela 50 pode-se observar que a média do número total de nós presentes na superfície das tábuas é alta, cerca de 15 nós por tábua. Nas 842 tábuas, em média, foram observados 4 nós por metro linear de tábua, sendo que o valor máximo encontrado foi de 12 nós por metro.

Tabela 50: Estatísticas descritivas para nós observados na pior face de cada tábua, por tratamento.

TRATAMENTO/VARIÁVEL	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
TRATAMENTO B (3 x 3m)					
. nós soltos (n°)	6,52	0	26	4,49	68,87
. nós firmes (n°)	7,72	0	31	6,39	82,78
. total de nós (n°)	14,25	0	49	8,03	56,36
. total nós/comp. da tábua (nós/m)	4,01	0	12,32	1,94	48,56
TRATAMENTO C (3 x 4m)					
. nós soltos (n°)	6,76	0	22	4,48	66,28
. nós firmes (n°)	7,04	0	22	5,57	79,06
. total de nós (n°)	13,81	0	31	7,08	51,32
. total nós/comp. da tábua (nós/m)	3,87	0	8,17	1,72	44,56
TRATAMENTO D (4 x 4m)					
. nós soltos (n°)	6,75	0	19	4,23	62,58
. nós firmes (n°)	8,64	0	24	6,09	70,53
. total de nós (n°)	15,40	0	37	7,34	47,66
. total nós/comp. da tábua (nós/m)	4,12	0	10	1,84	44,65
TOTAL B + C + D					
. nós soltos (n°)	6,68	0	26	4,39	65,81
. nós firmes (n°)	7,80	0	31	6,05	77,57
. total de nós (n°)	14,49	0	49	7,51	51,84
. total nós/comp. da tábua (nós/m)	4,0	0	12,3	1,84	45,97

* CV = coeficiente de variação

O valor zero, significa que pelo menos uma tábua não apresentou nó solto ou firme, em qualquer dos três

tratamentos. No tratamento B, foi observada a presença de 49 nós. Os nós firmes ocorreram, em média, em maior quantidade do que os nós soltos. Na avaliação dos nós soltos, observou-se que em torno de 50% apresentavam-se associados com resina.

Comparando-se a avaliação realizada em cada tratamento, pode-se observar que no tratamento D, ocorreram, em média, 15,4 nós, valor ligeiramente superior aos demais tratamentos. O maior índice de ocorrência, 4,12 nós por metro linear de tábua foi também observado neste tratamento. As tábuas do tratamento C apresentaram, em média, o menor número de nós.

Deve-se observar que a presença de nós pode ser minimizada através da desrama realizada nos primeiros anos de plantio. O investimento feito nesta operação é plenamente compensado pelas tábuas de melhor qualidade e portanto, de maior preço de mercado.

A Tabela 51 apresenta as classes de frequência do índice de nós, bem como as porcentagens em relação ao total de tábuas, por tratamento e para o total.

Tabela 51: Classes de frequência para índice de nós.

CLASSES DE		TRATAMENTO							
		B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
ÍNDICE DE NÓS (nº de nós/m)		nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
0 —	1	12	4,4	10	3,5	6	2,1	28	3,3
1 —	2	21	7,7	35	12,2	26	9,2	82	9,7
2 —	3	53	19,4	51	17,8	57	16,6	161	19,1
3 —	4	56	20,5	50	17,5	69	24,4	175	20,8
4 —	5	63	23,1	64	22,4	47	16,6	174	20,7
5 —	6	27	9,9	43	15,0	38	13,4	108	12,8
6 —	7	18	6,6	22	7,7	19	10,5	59	7,0
7 —	8	13	4,8	10	3,5	13	4,6	36	4,3
8 —	9	6	2,2	1	0,4	6	2,1	13	1,5
9 —	10	2	0,7	—	—	2	0,7	4	0,5
> 10		2	0,7	—	—	—	—	2	0,3
TOTAL		273	100	286	100	283	100	842	100

Observa-se que a maioria das tábuas avaliadas apresentou índices de nós nas classes de 2 a 3 , 3 a 4; 4 a 5 e 5 a 6 nós por metro linear de tábua. Nota-se a frequência reduzida de tábuas que apresentaram índice de nós inferior a 1 por metro linear, com 28 tábuas, correspondendo a 3,3% total. Este resultado era esperado devido ao fato de não ter havido a operação de desrama.

4.7.7 Outros defeitos

Neste trabalho foram avaliados também outros defeitos como: a presença de medula, de madeira quebradiça e de furos de insetos. Os resultados são apresentados a seguir.

A Tabela 52 mostra que das 842 tábuas avaliadas 28,3%, ou seja, 238 tábuas apresentaram ocorrência de medula. O tratamento C apresentou a menor ocorrência de tábuas com este defeito 19,6%, em relação ao seu total.

Tabela 52: Ocorrência de medula.

Nível	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
Ausente	181	66,3	230	80,4	193	68,2	604	71,7
Presente	92	33,7	56	19,6	90	31,8	238	28,3
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

Na Tabela 53 é apresentada a ocorrência de madeira quebradiça. Pode-se observar que 40% do total de tábuas apresentaram este defeito com alguma intensidade. O melhor comportamento, em termos da ocorrência, foi

observado nas tábuas do tratamento C, com a menor presença (30,4%). Ao contrário, o tratamento B apresentou a maior ocorrência de tábuas com este defeito (50,2%).

Tabela 53: Ocorrência de madeira quebradiça.

Nível	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
Ausente	136	49,8	199	69,6	173	61,1	508	60,3
Presente	137	50,2	87	30,4	110	38,9	334	39,7
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

A ocorrência de furos de insetos na superfície das tábuas é apresentada na Tabela 54. De um total de 842 tábuas, cerca de 20% apresentaram furos de insetos. As tábuas originadas dos tratamentos C e D apresentaram ocorrência expressiva de furos de insetos na superfície, enquanto que a menor incidência foi observada em tábuas do tratamento B, com 9,5%. Os furos de insetos apresentaram-se isolados, com menos de um furo por metro linear de tábua, ou em sequência.

Tabela 54: Ocorrência de furos de insetos.

Nível	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
Ausente	247	90,5	222	77,6	210	74,2	679	80,6
Presente	26	9,5	64	32,4	73	25,8	163	19,4
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

Não foram encontrados indícios de podridão incipiente em nenhuma tábua.

4.8 Classificação de madeira serrada

A Tabela 55 apresenta os resultados da classificação das tábuas. Observa-se que 92,5% das tábuas enquadraram-se na terceira classe. Comparando-se os três tratamentos, as tábuas originadas de toras do tratamento C apresentaram a melhor classificação. Em qualquer dos tratamentos as tábuas classificadas como primeira apresentaram-se em percentagem pouco significativa em relação ao total.

Tabela 55: Resultado da classificação das tábuas.

CLASSES	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
DE QUALIDADE	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
Primeira	2	0,7	2	0,7	1	0,3	5	0,6
Segunda	13	4,8	19	6,6	14	5,0	46	5,5
Terceira	251	91,9	264	92,3	264	93,3	779	92,5
Desclassificada	7	2,6	1	0,4	4	1,4	12	1,4
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

As tábuas desclassificadas corresponderam a 1,4% do total, por apresentarem: torcimento acentuado, colapso severo, extensa racha lateral e excessivo número de nós, associados com resina. O tratamento B apresentou a maior percentagem de desclassificação, 2,6%, correspondendo a 7

tábuas, na sua maioria, excluídas por apresentarem colapso severo.

A identificação das tábuas e a causa principal da sua desclassificação é apresentada na Tabela 56.

Tabela 56: Desclassificação das tábuas.

Tratamento	Tábua	Causa Principal
B (3 x 3m)	56A5	Torcimento acentuado
	82B5	Colapso severo
	86A8	Colapso severo
	94A5	Extensa racha lateral comprometendo o uso
	94B1	Colapso severo
	95A6	Grande número de nós associados com resina
	96A1	Colapso severo
C (3 x 4m)	92A1	Extensa racha lateral comprometendo o uso
D (4 x 4m)	46A2	Colapso severo
	46A6	Colapso severo
	54A6	Colapso severo
	94A3	Colapso severo

O critério de classificação correspondente a nós, penalizou, a classificação das tábuas o que era esperado, pela ausência de desrama. Por este motivo, e a título de ilustração, foi realizada uma segunda classificação, desconsiderando-se esse critério, cujos resultados são apresentados na Tabela 57.

Tabela 57: Resultados da reclassificação das tábuas, desconsiderando-se o critério de nós.

CLASSES DE QUALIDADE	B (3 x 3m)		C (3 x 4m)		D (4 x 4m)		TOTAL	
	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%	nº de tábuas	%
Primeira	38	13,9	114	39,8	76	26,9	228	27,1
Segunda	57	20,9	14	4,9	6	2,1	77	9,1
Terceira	171	62,6	157	54,9	197	69,6	525	62,4
Desclassificada	7	2,6	1	0,4	4	1,4	12	1,4
TOTAL	273	100	286	100	283	100	842	100

Nota-se que desconsiderando-se o critério de nós, 254 tábuas foram classificadas nas classes superiores, representando um acréscimo de 30,1%. As tábuas classificadas como de primeira, aumentaram sensivelmente para 27,1% contra 0,6% da avaliação anterior.

Observa-se no entanto, que a maioria das tábuas permaneceu classificada como terceira, 62,4% do total. Este fato deveu-se principalmente, à presença de defeitos como medula e esmoado, acima dos limites especificados na norma, que contribuíram para a permanência das tábuas nesta classe. Outros defeitos, como empenamentos e furos de insetos, contribuíram em menor grau para as mudanças de classes.

4.9 Associação entre variáveis

Os resultados da prova não paramétrica de independência entre o rendimento em madeira serrada verde e

as variáveis encurvamento, diâmetro na ponta mais fina e conicidade das toras são apresentados na Tabela 58.

Tabela 58: Resultados da prova não paramétrica de independência.

TRATAMENTO	RENDIMENTO x ENCURVAMENTO DA TORA	RENDIMENTO x DIAM. NA PONTA MAIS FINA	RENDIMENTO x CONICIDADE
B (3 x 3m)	D = 3109,5 $\alpha = 0,0437 *$ Rs = -0,352	D = 1620 $\alpha = 0,0790$ ns Rs = 0,296	D = 2714,5 $\alpha = 0,1937$ ns Rs = -0,180
C (3 x 4m)	D = 2637 $\alpha = 0,2405$ ns Rs = -0,146	D = 1336 $\alpha = 0,0222 *$ Rs = 0,419	D = 2642,5 $\alpha = 0,2375$ ns Rs = -0,149
D (4 x 4m)	D = 3760 $\alpha = 0,0011 *$ Rs = -0,635	D = 1612 $\alpha = 0,0754$ ns Rs = 0,299	D = 2937 $\alpha = 0,0903$ ns Rs = -0,277

ns = não significativa; * = significativa a 5%

D = valor da estatística D ; α = probabilidade de significância

Rs = coeficiente de Spearman

Observa-se que na associação entre o rendimento e o encurvamento da tora, houve significância da prova para os tratamentos D e B. Portanto, há evidência ao nível de 5% de significância, de que o rendimento em madeira serrada verde está associado com o encurvamento das toras, para os espaçamentos de 4 x 4m e 3 x 3m.

Por outro lado, há evidência ao nível de 5% de significância, de que o rendimento em madeira serrada não está associado com o encurvamento das toras, para o espaçamento de 3 x 4m. Nota-se ainda, que para os dois tratamentos onde a associação foi significativa, os valores dos coeficientes de correlação de Spearman são negativos, indicando que à medida que o encurvamento da tora aumenta,

o rendimento em madeira serrada diminui, o que é de se esperar, pois com o aumento do encurvamento, haverá uma maior produção de resíduos.

Para o caso do diâmetro na ponta mais fina, a prova de independência foi significativa apenas para o tratamento C. Portanto, há evidência ao nível de significância de 5%, de que o rendimento em madeira serrada é dependente do diâmetro na ponta mais fina. O valor do coeficiente de correlação de Spearman é positivo, indicando que à medida em que o diâmetro na ponta mais fina da tora aumenta, o rendimento em madeira serrada também aumenta. Para os tratamentos D e B, a prova de independência não foi significativa, havendo portanto, evidência ao nível de 5% de significância, de que o rendimento em madeira serrada independe do diâmetro na ponta mais fina.

No caso da conicidade, observa-se que para todos os tratamentos, a prova de independência foi não significativa. Portanto, há evidência ao nível de 5% de significância, de que o rendimento em madeira serrada obtido nas condições deste experimento, é independente da conicidade das toras.

É citado na literatura que o rendimento é influenciado, entre outros fatores, pelo diâmetro, conicidade e encurvamento da tora (CORFO/INFOR, 1989; Steele, 1984; Vianna Neto, 1984; Waugh, 1980). Neste experimento, entretanto, pode-se observar que em determinados tratamentos e para determinadas variáveis não foi encontrada associação, o que poderia ser explicado pelo intervalo de diâmetros, características das toras

selecionadas e outras variáveis ainda não claramente esclarecidas.

Deve-se ainda ressaltar que o valor de correlação estatisticamente significativo pode não implicar em qualquer relação de causa e efeito mas simplesmente, a tendência que as variáveis apresentam quanto a sua variação conjunta (Costa Neto, 1977).

4.10 Modelos estatísticos estimadores da produção de madeira serrada de eucalipto

As Figuras 14 e 15 apresentam os gráficos de dispersão entre o volume líquido de madeira serrada e o diâmetro na ponta mais fina, para respectivamente, as condições verde e seca. Pode-se observar que, em ambas situações, a dispersão dos pontos sugere uma correlação linear positiva.

Figura 14: Gráfico de dispersão entre volume de madeira serrada na condição verde e o diâmetro da ponta mais fina

Figura 15: Gráfico de dispersão entre volume de madeira serrada na condição seca e o diâmetro da ponta mais fina

Para o ajuste de uma reta aos conjuntos de dados, aplicou-se a análise de regressão simples ($Y = a + bX$), onde a variável dependente considerada foi o volume de madeira serrada obtido para cada uma das 144 toras, em cada condição, e como variável independente, o diâmetro na ponta mais fina.

O coeficiente de correlação de Pearson entre as duas variáveis foi de 0,902 para a condição verde e 0,890 para condição seca. Para ambas situações, os coeficientes indicam uma boa associação entre a variável dependente e a independente.

A análise de variância aplicada à regressão foi altamente significativa para cada uma das condições verde e seca, como pode ser observado na Tabela 59.

Tabela 59: Análise da variância aplicada às regressões, para volume de madeira serrada nas condições verde e seca.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Condição verde		Condição seca	
		Valor de F	PR > F	Valor de F	PR > F
Modelo	1	619,5665	0,000*	541,7970	0,000*
Erro	142				
Total	143				

ns = não significativa; * = ao nível de 5% de significância

PR = probabilidade

Na Tabela 60 observa-se que as estimativas dos parâmetros dos modelos desenvolvidos para estimar o volume de madeira serrada nas condições verde e seca, a partir do diâmetro na ponta mais fina, foram também altamente significantes, com probabilidades de significância para o teste t inferiores a 0,001, indicando que há evidências ao nível de 5% de significância, de que os modelos são viáveis.

Tabela 60: Estimativa dos parâmetros dos modelos para estimar o volume de madeira serrada nas condições verde e seca.

COEFICIENTE	CONDIÇÃO VERDE			CONDIÇÃO SECA		
	ESTIMATIVA	VALOR t	PR > t	ESTIMATIVA	VALOR t	PR > t
a	-0,0742862	12,9522	0,000*	-0,0620970	11,7882	0,000*
b	0,0067671	24,8911	0,000*	0,0058139	23,2765	0,000*

* significativa ao nível de 5%

t = valor da estatística t de Student

PR = probabilidade

Os coeficientes de determinação ajustados dos modelos foram de 0,812 e 0,791, respectivamente para as condições verde e seca, indicando que os modelos explicam

81% e 79% da variação total do volume serrado para ambas condições. Portanto, os modelos apresentados são apropriados para se estimar o volume líquido de madeira serrada de eucalipto nas condições verde e seca. Estes modelos são válidos dentro dos limites de dados obtidos experimentalmente, ou seja, dentro do intervalo amostrado de diâmetro na ponta mais fina e nas condições deste experimento.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, pôde-se concluir que:

a) os espaçamentos de plantio mais abertos não levaram a aumento de rendimento de madeira serrada nas condições verde e seca, dentro do intervalo de diâmetros amostrados;

b) os espaçamentos mais abertos produziram maior volume de toras e de tábuas;

c) não foi possível estabelecer relação entre espaçamento de plantio praticado e rachamento nas tábuas após o desdobro ou após a secagem. Pode-se afirmar que outros fatores não claramente esclarecidos podem estar afetando a diferenciação encontrada nos diversos espaçamentos;

d) o melhor desempenho cumulativo com a menor perda de material serrado, ocasionado por rachamento foi observado no espaçamento mais aberto (4 x 4m);

e) os índices de rachamento após a secagem foram superiores aqueles determinados após o desdobro;

f) o espaçamento 4 x 4m, considerando-se o índice de rachamento, apresentou o melhor desempenho cumulativo com a menor perda de material serrado;.

g) o material estudado apresentou grande variabilidade de intensidade de rachamento entre as tábuas independente do espaçamento de plantio praticado;

h) o método de desdobro utilizado mostrou-se eficiente na redução dos efeitos das tensões de crescimento avaliada através do índice de rachamento;

i) não foi possível estabelecer nenhum tipo de associação entre espaçamento de plantio praticado e diâmetro na ponta mais fina e encurvamento da tora

j) a conicidade não está associada ao espaçamento de plantio praticado;

k) os modelos desenvolvidos neste estudo constituem ferramenta importante de suporte, podendo auxiliar os profissionais da área a estimar os volumes de madeira serrada verde e seca;

l) nas condições deste estudo, pode-se concluir que os resultados obtidos para os diversos empenamentos foram satisfatórios, mesmo tendo-se utilizado o método de cortes simultâneos, que produz madeira tangencial que apresenta maiores problemas de secagem e maior instabilidade dimensional; que produz madeira jovem, tida como material que contrai e empena excessivamente e sendo a espécie de *Eucalyptus saligna* citada como adversamente afetada pelas tensões de crescimento;

m) reafirma-se a necessidade de práticas silviculturais apropriadas (desbastes, desramas, etc) que certamente levarão a uma maior produção de madeira serrada, de melhor qualidade, com características físicas desejáveis e com um mínimo de defeitos. O melhoramento genético e técnicas de propagação vegetativa aplicadas a esta espécie de eucalipto, possibilitarão a criação de florestas altamente produtivas, gerando madeira mais uniforme e de alto rendimento. Estes aspectos relacionados à matéria prima, aliados ao processamento em equipamentos adequados,

certamente elevarão a qualidade e o aproveitamento desta madeira.

Finalizando, recomenda-se estudar as possíveis causas do aparente comportamento diferenciado das tábuas em relação à ocorrência de empenamentos, utilizando-se diferentes espaçamentos, em plantios manejados com objetivo de produção de material adequado para serraria.

ANEXOS

ANEXO 1

Avaliação de Defeitos

AVALIAÇÃO DE DEFEITOS

A) Encurvamento

$$E = \frac{x}{L1} * 100$$

E = encurvamento da tábua (%)

x = maior flecha (mm)

L1 = comprimento da peça (mm)

Figura 1.1 - Medição do encurvamento (bow)

B) Arqueamento

$$A = \frac{y}{L1} * 100$$

A = arqueamento da tábua (%)

y = maior flecha (mm)

L1 = comprimento real da tábua (mm)

Figura 2.1 - Medição do arqueamento (spring)

C) Encanoamento

e = espessura da tábua
 e_e = encanoamento (mm)

Figura 3.1 - Medição do encanoamento (*cupping*)

D) Torcimento

Figura 4.1 - Torcimento (*twist*)

E) Encurvamento complexo

Figura 5.1 - Encurvamento Complexo

F) Esmoado

$$e = \frac{e1 - e2}{e1} \quad (1)$$

e = espessura do esmoado (%)
 e1 = espessura da peça (mm)
 e2 = diferença entre a espessura real da peça e a maior espessura do esmoado (mm)

$$le = \frac{l1 - l2}{l1} \quad (2)$$

le = largura do esmoado (%)
 l1 = largura da tábua (cm)
 l2 = diferença entre a largura real da peça e a maior largura do esmoado (cm)

$$ce = \frac{L2}{L1} * 100 \quad (3)$$

ce = comprimento do esmoado (%)
 L1 = comprimento da tábua (cm)
 L2 = comprimento do esmoado (cm)

Figura 6.1 - Esmoado

ANEXO 2**Resumo das especificações das classes de qualidade**

**RESUMO DAS ESPECIFICAÇÕES DAS CLASSES DE QUALIDADE ADOTADAS
PELA PROPOSTA DE NORMA DE CLASSIFICAÇÃO DE MADEIRA SERRADA
DE EUCALIPTO**

DEFEITOS	CLASSES DE QUALIDADE			
	EXTRA	PRIMEIRA	SEGUNDA	TERCEIRA
furos de insetos inativos	não	1 furo/m	4 furos/m	sim *
furos de insetos ativos	não	não	não	não
madeira ardida	não	não	10% da área da peça	sim*
podridão	não	não	não	sim*
arqueamento	5 mm/m	5 mm/m	10 mm/m	sim*
encanoamento	4 mm	4 mm	4 mm	sim*
encurvamento	5 mm/m	10 mm/m	10 mm/m	sim*
encurvamento complexo	não	não	não	não
torcimento	não	não	não	não
colapso	não	removido no aparelhamento	removido no aparelhamento	sim*
bolsa goma/resina	não	não	comp. < 10% do comp. da peça; e largura < 10% da largura da peça	sim*
esmoado	não	e ≤ 20% 1 ≤ 5% L ≤ 30% em 1 quina	e ≤ 30% 1 ≤ 20% L ≤ 50% em 2 quinas	sim*
fendilhado	não	removido no aparelhamento	removido no aparelhamento	sim*
fissura de compressão	não	não	não	não
medula	não	não	não	sim*
nós	não	d ≤ 20mm e espaçamento de > 1m	d ≤ 30 mm/m e espaçamento > 0,3 m	sim*
rachas	não	50 mm/m	200mm/m	sim*

* desde que não impeça a utilização da peça

Fonte: Proposta de normalização para "Classificação de Madeira Serrada de Eucalipto Proveniente de Florestas Plantadas" apresentada por Zenid, 1996.

ANEXO 3

Estatísticas descritivas, por tratamento e bloco

Tabela 1.3: Estatísticas descritivas para DAPs, por tratamento e bloco.

TRATAMENTO	BLOCO	DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO				
		MÉDIA (cm)	MÍNIMO (cm)	MÁXIMO (cm)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	4	18,72	5,0	29,3	5,18	27,70
	5	18,68	5,0	31,8	6,13	32,84
	8	18,20	8,5	29,2	4,43	24,36
	9	18,58	5,3	29,5	5,19	27,94
	MÉDIA	18,52	5,0	31,8	5,21	28,15
C (3 x 4m)	4	20,95	7,00	32,00	4,84	23,13
	5	19,37	5,60	32,20	6,83	35,27
	8	22,18	9,50	33,10	5,12	23,09
	9	21,53	7,80	33,60	5,63	26,16
	MÉDIA	20,99	5,6	33,6	5,72	27,26
D (4 x 4m)	4	21,78	10,50	31,30	4,33	19,89
	5	20,77	9,00	28,50	4,55	21,95
	8	21,25	11,20	29,20	5,27	24,80
	9	21,90	14,00	32,00	4,08	18,62
		21,43	9,0	32,5	4,55	21,24

* CV = coeficiente de variação

Tabela 2.3: Estatísticas descritivas para rendimento médio em madeira serrada na condição verde, por tratamento e bloco.

TRATAMENTO	BLOCO	RENDIMENTO MÉDIO DAS ÁRVORES - CONDIÇÃO VERDE				
		MÉDIA (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	4	39,36	32,32	47,41	4,89	12,44
	5	41,43	33,51	46,45	5,42	13,09
	8	41,98	38,56	45,40	2,51	5,98
	9	41,77	35,64	49,37	5,85	14,00
	MÉDIA	41,14	32,32	49,37	4,64	11,28
C (3 x 4m)	4	42,44	38,71	46,97	3,33	7,85
	5	39,98	35,29	46,31	3,91	9,78
	8	43,26	37,76	47,43	3,47	8,04
	9	41,34	29,81	46,56	6,01	14,55
	MÉDIA	41,76	29,81	47,43	4,22	10,11
D (4 x 4m)	4	41,44	34,20	49,65	6,17	14,90
	5	41,45	37,11	45,50	3,05	7,37
	8	39,27	37,82	40,64	0,99	2,54
	9	41,50	37,61	46,35	3,48	8,39
	MÉDIA	40,92	34,20	49,65	3,75	9,18

* CV = coeficiente de variação

Tabela 3.3: Estatísticas descritivas para rendimento médio em madeira serrada na condição seca, por tratamento e bloco.

TRATAMENTO	BLOCO	RENDIMENTO MÉDIO DAS ÁRVORES - CONDIÇÃO SECA				
		MÉDIA (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	4	35,52	29,66	41,40	3,85	10,86
	5	36,94	30,30	42,33	4,36	11,80
	8	36,59	34,39	40,18	2,15	5,89
	9	35,16	23,40	43,19	7,49	21,32
	MÉDIA	36,05	23,40	43,19	4,60	12,75
C (3 x 4m)	4	37,75	35,90	39,68	1,63	4,31
	5	36,04	32,39	41,51	3,38	9,39
	8	38,33	33,05	42,52	3,51	9,17
	9	35,40	27,17	40,37	4,44	12,56
	MÉDIA	36,88	27,17	42,52	3,40	9,22
D (4 x 4m)	4	36,55	26,18	44,78	6,65	18,21
	5	37,66	34,24	43,30	3,13	8,31
	8	35,60	32,64	38,32	1,84	5,17
	9	37,23	33,47	42,21	3,67	9,86
	MÉDIA	36,76	26,18	44,78	4,00	10,90

* CV = coeficiente de variação

Tabela 4.3: Estatísticas descritivas para o volume de toras sem casca na condição verde por tratamento e bloco.

TRATAMENTO	BLOCO	VOLUME DAS TORAS SEM CASCA				
		MÉDIA (m ³)	MÍNIMO (m ³)	MÁXIMO (m ³)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	4	0,1515	0,0859	0,2190	0,0450	29,70
	5	0,1643	0,1139	0,2156	0,0305	18,58
	8	0,1490	0,0852	0,2597	0,0509	34,18
	9	0,1334	0,0749	0,2433	0,0492	36,91
	MÉDIA	0,1496	0,0749	0,2597	0,0446	29,83
C (3 x 4m)	4	0,1576	0,0805	0,2658	0,0518	32,86
	5	0,1611	0,0904	0,2501	0,0514	31,90
	8	0,1765	0,0862	0,2744	0,0525	29,77
	9	0,1712	0,0798	0,2782	0,0624	36,46
	MÉDIA	0,1666	0,0798	0,2782	0,0535	32,11
D (4 x 4m)	4	0,1782	0,1058	0,2540	0,0405	22,71
	5	0,1656	0,1075	0,2311	0,0348	21,00
	8	0,1790	0,1344	0,2389	0,0356	19,90
	9	0,1566	0,1137	0,2089	0,0308	19,67
	MÉDIA	0,1699	0,1058	0,2540	0,0357	21,01

* CV = coeficiente de variação

Tabela 5.3: Estatísticas descritivas para o volume de tábuas produzidas, na condição verde, por tratamento e bloco.

TRATAMENTO	BLOCO	VOLUME DAS TÁBUAS POR TORA - CONDIÇÃO VERDE				
		MÉDIA (m ³)	MÍNIMO (m ³)	MÁXIMO (m ³)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	4	0,0588	0,0329	0,0978	0,021	35,66
	5	0,0681	0,0445	0,0938	0,015	22,88
	8	0,0628	0,0370	0,1185	0,023	37,56
	9	0,0572	0,0287	0,1175	0,027	48,12
	MÉDIA	0,0617	0,0287	0,1185	0,022	35,69
C (3 x 4m)	4	0,0668	0,0357	0,1187	0,023	35,05
	5	0,0653	0,0346	0,1203	0,025	39,36
	8	0,0761	0,0427	0,1274	0,025	33,04
	9	0,0727	0,0232	0,1363	0,033	45,78
	MÉDIA	0,0702	0,0232	0,1363	0,026	37,93
D (4 x 4m)	4	0,0750	0,0394	0,1279	0,024	32,63
	5	0,0683	0,0513	0,0981	0,014	21,08
	8	0,0697	0,0441	0,0975	0,013	19,05
	9	0,0641	0,0494	0,0752	0,009	15,05
	MÉDIA	0,0693	0,0394	0,1279	0,016	23,60

* CV = coeficiente de variação

Tabela 6.3: Estatísticas descritivas para o volume de tábuas, na condição seca, por tratamento e bloco.

TRATAMENTO	BLOCO	VOLUME DAS TÁBUAS POR TORA- CONDIÇÃO SECA				
		MÉDIA (m ³)	MÍNIMO (m ³)	MÁXIMO (m ³)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	4	0,0529	0,0314	0,0865	0,0182	34.41
	5	0,0605	0,0406	0,0839	0,0134	22.18
	8	0,0521	0,0325	0,0867	0,0178	32.79
	9	0,0484	0,0228	0,1022	0,0252	52.11
	MÉDIA	0,0540	0,0228	0,1022	0,0190	35.22
C (3 x 4m)	4	0,0592	0,0310	0,1005	0,0191	32.29
	5	0,0589	0,0313	0,1089	0,0232	39.45
	8	0,0676	0,0387	0,1136	0,0231	34.20
	9	0,0617	0,0222	0,1043	0,0263	42.58
	MÉDIA	0,0619	0,0222	0,1136	0,0226	36.54
D (4 x 4m)	4	0,0659	0,0369	0,1158	0,0232	35.27
	5	0,0618	0,0477	0,0868	0,0116	18.71
	8	0,0633	0,0382	0,0885	0,0129	20.41
	9	0,0573	0,0445	0,0705	0,0089	15.49
	MÉDIA	0,0621	0,0369	0,1158	0,0150	24.17

* CV = coeficiente de variação

Tabela 7.3: Estatísticas descritivas, por bloco, para o índice de rachamento após o desdobro (IR), por tratamento e bloco.

TRATAMENTO	BLOCO	ÍNDICE DE RACHAMENTO MÉDIO DAS TÁBUAS APÓS O DESDOBRIO				
		MÉDIA (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	4	2,31	0,00	10,30	3,12	135,07
	5	2,11	0,00	3,95	1,16	54,82
	8	1,68	0,50	3,87	1,11	66,19
	9	3,07	0,42	8,37	2,77	90,34
	MÉDIA	2,29	0,00	10,30	2,22	96,89
C (3 x 4m)	4	2,52	0,70	8,25	2,09	82,79
	5	2,07	0,78	3,03	0,69	33,37
	8	3,19	0,46	6,47	1,59	49,97
	9	3,45	0,21	13,35	3,66	106,09
	MÉDIA	2,81	0,21	13,35	2,27	80,91
D (4 x 4m)	4	1,74	0,50	3,75	1,06	60,89
	5	1,14	0,50	2,72	0,61	53,40
	8	3,40	0,25	17,82	4,83	131,77
	9	2,28	0,00	7,00	1,99	87,09
	MÉDIA	2,14	0,00	17,82	2,73	127,17

* CV = coeficiente de variação

Tabela 8.3: Estatísticas descritivas para o índice de rachamento após a secagem (IRS), por tratamento e bloco.

TRATAMENTO	BLOCO	ÍNDICE DE RACHAMENTO MÉDIO DAS TÁBUAS, POR TORA - APÓS A SECAGEM				
		MÉDIA (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	4	3,37	1,00	6,22	1,68	49,98
	5	4,00	1,59	8,63	2,01	50,42
	8	4,21	1,53	8,36	2,00	47,41
	9	4,37	2,79	7,74	1,48	34,00
	MÉDIA	3,99	1,00	8,63	1,79	44,94
C (3 x 4m)	4	2,86	1,35	4,30	0,75	26,36
	5	2,75	1,41	4,30	1,05	38,24
	8	3,76	2,11	6,99	1,34	35,78
	9	4,08	1,80	7,42	1,45	35,52
	MÉDIA	3,36	1,35	7,42	1,28	38,07
D (4 x 4m)	4	3,67	2,04	7,29	1,48	40,43
	5	2,99	1,72	5,18	1,07	36,04
	8	3,41	1,94	5,80	1,17	34,28
	9	3,60	1,55	5,97	1,42	39,51
	MÉDIA	3,42	1,55	7,29	1,28	37,61

* CV = coeficiente de variação

Tabela 9.3: Estatísticas descritivas, para as variáveis de toras e de tábuas, para o tratamento B(3 x 3m)

VARIÁVEL	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
TORAS **					
. Diâmetro na base (cm)	22,98	16,10	30,40	3,52	15,32
. Diâmetro na ponta mais fina (cm)	20,05	14,75	27,00	3,05	15,24
. Volume de tora sem casca (m ³)	0,1496	0,0749	0,2597	0,0446	29,83
. Volume de tora com casca (m ³)	0,1748	0,0860	0,3180	0,0542	31,00
. Conicidade (cm/m)	0,73	-0,0125	1,41	0,29	40,30
. Encurvamento (cm)	2,35	0,00	6,50	1,47	62,71
TÁBUAS ***					
. Volume por tábua (m ³)	0,0108	0,0014	0,0189	0,0040	37,27
. Comprimento (m)	344,77	100,0	401,5	80,30	23,29
. Largura (cm)	12,06	4,7	19,0	3,1999	26,53
RENDIMENTO (%)	41,14	19,64	50,47	6,19	15,05
ÍNDICE DE RACHAMENTO APÓS O DESDOBRÓ (%)	2,33	0,0	14,75	3,11	133,48

* CV = coeficiente de variação

** número de toras consideradas = 48

*** número de tábuas consideradas = 273

Tabela 10.3: Estatísticas descritivas para as variáveis de toras e de tábuas, para o tratamento C(3 x 4m).

VARIÁVEL	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
TORAS **					
. Diâmetro na base (cm)	24,14	16,40	31,75	4,0581	16,80
. Diâmetro na ponta mais fina (cm)	21,19	14,75	27,00	3,4937	16,48
. Volume de tora sem casca (m ³)	0,1666	0,798	0,2782	0,0535	32,11
. Volume de tora com casca (m ³)	0,1940	0,0908	0,3261	0,0634	32,66
. Conicidade (cm/m)	0,73	0,20	1,62	0,3440	46,68
. Encurvamento (cm)	2,86	0	7,70	1,7527	61,14
TÁBUAS ***					
. Volume por tábua (m ³)	0,0118	0,0018	0,0212	0,0043	36,30
. Comprimento (m)	348,01	90,5	401,5	79,02	22,70
. Largura (cm)	12,86	5,5	19,7	3,225	25,06
RENDIMENTO (%)	41,76	21,84	59,11	5,6959	13,63
ÍNDICE DE RACHAMENTO APÓS O DESDOBRIO (%)	2,90	0	21,60	3,44	118,87

* CV = coeficiente de variação

** número de toras consideradas = 48

*** número de tábuas consideradas = 286

Tabela 11.3: Estatísticas descritivas para as variáveis de toras e de tábuas, para o tratamento D(4 x 4m)

VARIÁVEL	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
TORAS **					
. Diâmetro na base (cm)	24,73	19,30	31,50	2,9192	11,80
. Diâmetro na ponta mais fina (cm)	21,38	16,75	25,25	2,0342	9,51
. Volume de tora sem casca (m ³)	0,1699	0,1058	0,2540	0,0357	21,01
. Volume de tora com casca (m ³)	0,2004	0,1178	0,3030	0,0460	22,92
. Conicidade (cm/m)	0,83	0,27	1,80	0,3750	44,89
. Encurvamento (cm)	3,08	0	9,0	2,1085	68,43
TÁBUAS ***					
. Volume por tábua (m ³)					
. Comprimento (m)	367,08	100,0	402,7	57,23	36,30
. Largura (cm)	12,41	5,0	19,5	3,054	24,59
RENDIMENTO (%)	40,92	31,93	51,27	5,15	12,60
ÍNDICE DE RACHAMENTO APÓS O DESDOBRIO (%)	2,08	0,0	54,75	4,27	205,15

* CV = coeficiente de variação

** número de toras consideradas = 48

*** número de tábuas consideradas = 283

Tabela 12.3: Estatísticas descritivas para largura das tábuas, por tratamento e bloco

TRATAMENTO	BLOCO	LARGURA DAS TÁBUAS NA CONDIÇÃO VERDE				
		MÉDIA (cm)	MÍNIMO (cm)	MÁXIMO (cm)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	4	11,41	5,0	18,0	3,04	26,66
	5	12,30	6,0	18,5	3,28	26,67
	8	12,18	4,7	19,0	3,20	26,32
	9	12,30	7,3	19,0	3,23	26,29
	MÉDIA	12,05	4,7	19,0	3,19	26,53
C (3 x 4m)	4	12,19	5,5	17,5	2,95	24,20
	5	12,32	6,5	17,5	3,04	24,68
	8	13,35	6,5	19,0	3,11	23,33
	9	13,55	7,0	19,7	3,58	26,45
	MÉDIA	12,86	5,5	19,7	3,22	25,06
D (4 x 4m)	4	12,94	5,0	19,5	3,62	28,00
	5	12,02	5,	17,5	3,07	25,56
	8	12,55	6,5	17,0	2,53	20,19
	9	12,05	6,0	17,5	2,92	24,28
	MÉDIA	12,39	5,0	19,5	3,07	24,80

* CV = coeficiente de variação

Tabela 13.3: Estatísticas descritivas para comprimento das tábuas obtido após o destopo, por tratamento e bloco

TRATAMENTO	BLOCO	COMPRIMENTO DAS TÁBUAS NA CONDIÇÃO VERDE				
		MÉDIA (m)	MÍNIMO (m)	MÁXIMO (m)	DESVIO PADRÃO	CV (%) *
B (3 x 3m)	4	3,5284	1,00	3,99	0,7538	21,36
	5	3,2590	1,00	3,995	0,9654	29,62
	8	3,5651	1,00	4,005	0,7027	19,71
	9	3,4681	1,04	4,015	0,7051	20,33
	MÉDIA	3,4477	1,00	4,015	0,803	23,29
C (3 x 4m)	4	3,4636	0,925	4,015	0,8540	24,65
	5	3,5028	1,030	4,000	0,7895	22,54
	8	3,5659	0,905	4,005	0,6897	19,34
	9	3,3874	1,02	4,005	0,8259	24,38
	MÉDIA	3,4801	0,905	4,015	0,7902	22,70
D (4 x 4m)	4	3,7424	1,14	4,027	0,5043	13,47
	5	3,7235	2,08	4,015	0,4678	12,56
	8	3,6496	1,21	4,015	0,5995	15,60
	9	3,5636	1,00	4,015	0,7164	20,10
	MÉDIA	3,6708	1,00	4,027	0,5723	15,59

* CV = coeficiente de variação

ANEXO 4

**Rendimento em madeira serrada nas condições verde
e seca, por tora**

Tabela 1.4: Dados de volumes de toras e de madeira serrada, rendimentos nas condições verde e seca, para o tratamento B(3 x 3m)

TRATAMENTO	BLOCO	ÁRVORE	TORA	VOLUME TORAS SEM CASCA (m3)	VOLUME SERRADO		RENDIMENTO		REDUÇÃO (%)
					VERDE	SECA	VERDE	SECO	
					(m3)	(m3)	(%)	(%)	
B	4	1	1	0,1955	0,0633	0,0560	32,37	28,64	11,54
B	4	1	2	0,1517	0,0736	0,0664	48,51	43,78	9,75
B	4	2	1	0,1233	0,0581	0,0498	47,11	40,39	14,27
B	4	2	2	0,0859	0,0410	0,0364	47,72	42,42	11,10
B	4	3	1	0,2190	0,0978	0,0865	44,66	39,48	11,60
B	4	3	2	0,1589	0,0537	0,0459	33,78	28,88	14,52
B	4	4	1	0,1813	0,0629	0,0572	34,69	31,52	9,13
B	4	4	2	0,1049	0,0418	0,0395	39,80	37,67	5,35
B	4	5	1	0,1300	0,0470	0,0440	36,16	33,81	6,51
B	4	5	2	0,0915	0,0393	0,0369	42,94	40,37	5,98
B	4	6	1	0,2085	0,0939	0,0846	45,02	40,56	9,90
B	4	6	2	0,1675	0,0329	0,0314	19,64	18,78	4,40
B	5	1	1	0,1942	0,0657	0,0600	33,86	30,92	8,68
B	5	1	2	0,1409	0,0468	0,0418	33,18	29,69	10,52
B	5	2	1	0,1819	0,0859	0,0788	47,22	43,33	8,24
B	5	2	2	0,1565	0,0715	0,0647	45,69	41,34	9,51
B	5	3	1	0,2156	0,0938	0,0839	43,52	38,90	10,62
B	5	3	2	0,1588	0,0666	0,0601	41,97	37,86	9,81
B	5	4	1	0,1978	0,0826	0,0699	41,77	35,34	15,40
B	5	4	2	0,1417	0,0698	0,0617	49,25	43,56	11,56
B	5	5	1	0,1460	0,0476	0,0454	32,61	31,12	4,58
B	5	5	2	0,1139	0,0445	0,0406	39,09	35,63	8,84
B	5	6	1	0,1874	0,0732	0,0564	39,07	30,11	22,93
B	5	6	2	0,1370	0,0686	0,0625	50,05	45,59	8,90
B	8	1	1	0,1668	0,0634	0,0570	37,98	34,15	10,07
B	8	1	2	0,1204	0,0532	0,0476	44,21	39,53	10,57
B	8	2	1	0,1812	0,0754	0,0708	41,64	39,10	6,12
B	8	2	2	0,1356	0,0568	0,0409	41,91	30,14	28,09
B	8	3	1	0,1086	0,0413	0,0403	38,02	37,12	2,37
B	8	3	2	0,0852	0,0370	0,0325	43,42	38,12	12,19
B	8	4	1	0,1319	0,0604	0,0540	45,80	40,93	10,62
B	8	4	2	0,0932	0,0420	0,0368	45,02	39,43	12,40
B	8	5	1	0,1698	0,0699	0,0609	41,18	35,88	12,88
B	8	5	2	0,1251	0,0450	0,0412	35,94	32,90	8,46
B	8	6	1	0,2597	0,1185	0,0867	45,65	33,40	26,83
B	8	6	2	0,2110	0,0910	0,0810	43,11	38,40	10,93
B	9	1	1	0,0913	0,0402	0,0369	44,07	40,45	8,22
B	9	1	2	0,0749	0,0287	0,0264	38,32	35,28	7,93
B	9	2	1	0,2433	0,1175	0,1022	48,28	42,02	12,97
B	9	2	2	0,1987	0,1003	0,0882	50,47	44,38	12,06
B	9	3	1	0,1629	0,0535	0,0498	32,86	30,59	6,89
B	9	3	2	0,1276	0,0569	0,0526	44,56	41,18	7,59
B	9	4	1	0,1227	0,0439	0,0291	35,73	23,73	33,59
B	9	4	2	0,0988	0,0351	0,0228	35,56	23,09	35,07
B	9	5	1	0,1522	0,0720	0,0601	47,29	39,49	16,49
B	9	5	2	0,1216	0,0605	0,0523	49,72	43,03	13,46
B	9	6	1	0,1204	0,0474	0,0333	39,36	27,64	29,78
B	9	6	2	0,0860	0,0301	0,0268	35,04	31,12	11,20

Tabela 2.4: Dados de volumes de toras e de madeira serrada, rendimentos nas condições verde e seca, para o tratamento C(3 x 4m)

TRATAMENTO	BLOCO	ÁRVORE	TORA	VOLUME TORAS SEM CASCA (m3)	VOLUME SERRADO		RENDIMENTO		REDUÇÃO (%)
					VERDE	SECA	VERDE	SECO	
					(m3)	(m3)	(%)	(%)	
C	4	1	1	0,2123	0,0741	0,0696	34,90	32,78	6,07
C	4	1	2	0,1505	0,0649	0,0587	43,13	39,03	9,51
C	4	2	1	0,2658	0,1187	0,1005	44,66	37,83	15,31
C	4	2	2	0,1947	0,0960	0,0787	49,29	40,41	18,03
C	4	3	1	0,1724	0,0758	0,0689	43,98	39,98	9,11
C	4	3	2	0,1488	0,0689	0,0586	46,33	39,39	14,97
C	4	4	1	0,1065	0,0452	0,0414	42,43	38,84	8,46
C	4	4	2	0,0805	0,0357	0,0310	44,36	38,49	13,23
C	4	5	1	0,1546	0,0669	0,0597	43,26	38,59	10,78
C	4	5	2	0,1009	0,0400	0,0361	39,60	35,80	9,60
C	4	6	1	0,1768	0,0627	0,0580	35,46	32,78	7,53
C	4	6	2	0,1271	0,0533	0,0498	41,97	39,17	6,66
C	5	1	1	0,1130	0,0346	0,0313	30,65	27,67	9,71
C	5	1	2	0,0904	0,0384	0,0338	42,46	37,40	11,92
C	5	2	1	0,1297	0,0467	0,0433	35,97	33,40	7,15
C	5	2	2	0,0919	0,0397	0,0352	43,14	38,34	11,14
C	5	3	1	0,2283	0,0842	0,0761	36,88	33,33	9,63
C	5	3	2	0,1819	0,0826	0,0744	45,41	40,90	9,94
C	5	4	1	0,1936	0,0797	0,0721	41,15	37,23	9,53
C	5	4	2	0,1420	0,0582	0,0517	40,98	36,43	11,11
C	5	5	1	0,1884	0,0705	0,0646	37,44	34,31	8,37
C	5	5	2	0,1402	0,0465	0,0427	33,14	30,48	8,01
C	5	6	1	0,2501	0,1203	0,1089	48,09	43,56	9,42
C	5	6	2	0,1840	0,0819	0,0726	44,54	39,47	11,40
C	8	1	1	0,1193	0,0427	0,0387	35,74	32,43	9,27
C	8	1	2	0,0882	0,0522	0,0443	59,12	50,18	15,12
C	8	2	1	0,1987	0,0735	0,0645	36,99	32,44	12,30
C	8	2	2	0,1397	0,0538	0,0470	38,53	33,66	12,63
C	8	3	1	0,1688	0,0717	0,0619	42,48	36,68	13,66
C	8	3	2	0,1285	0,0528	0,0464	41,09	36,15	12,01
C	8	4	1	0,2209	0,1048	0,0941	47,43	42,58	10,22
C	8	4	2	0,1757	0,0737	0,0648	41,94	36,89	12,04
C	8	5	1	0,2219	0,0924	0,0776	41,63	34,95	16,03
C	8	5	2	0,1675	0,0710	0,0652	42,41	38,96	8,14
C	8	6	1	0,2744	0,1274	0,1136	46,45	41,41	10,84
C	8	6	2	0,2139	0,0971	0,0933	45,42	43,64	3,93
C	9	1	1	0,1383	0,0522	0,0463	37,79	33,49	11,39
C	9	1	2	0,1064	0,0232	0,0222	21,85	20,86	4,50
C	9	2	1	0,1614	0,0713	0,0516	44,14	31,97	27,58
C	9	2	2	0,1487	0,0603	0,0566	40,55	38,07	6,11
C	9	3	1	0,1025	0,0469	0,0408	45,79	39,83	13,02
C	9	3	2	0,0798	0,0325	0,0285	40,75	35,65	12,50
C	9	4	1	0,1974	0,0782	0,0669	39,63	33,92	14,41
C	9	4	2	0,1547	0,0647	0,0585	41,81	37,82	9,55
C	9	5	1	0,2535	0,1114	0,0992	43,96	39,12	11,00
C	9	5	2	0,1998	0,0982	0,0832	49,17	41,63	15,34
C	9	6	1	0,2782	0,1363	0,1043	48,98	37,47	23,49
C	9	6	2	0,2338	0,0974	0,0818	41,68	35,01	16,02

Tabela 3.4: Dados de volumes de toras e de madeira serrada, rendimentos nas condições verde e seca, para o tratamento D(4 x 4m)

TRATAMENTO	BLOCO	ÁRVORE	TORA	VOLUME TORAS SEM CASCA (m3)	VOLUME SERRADO		RENDIMENTO		REDUÇÃO (%)
					VERDE	SECA	VERDE	SECO	
					(m3)	(m3)	(%)	(%)	
D	4	1	1	0,2002	0,0913	0,0813	45,59	40,62	10,90
D	4	1	2	0,1557	0,0689	0,0623	44,21	40,01	9,52
D	4	2	1	0,2540	0,1279	0,1158	50,36	45,58	9,50
D	4	2	2	0,1796	0,0879	0,0790	48,95	43,99	10,13
D	4	3	1	0,2337	0,0938	0,0859	40,13	36,77	8,39
D	4	3	2	0,1754	0,0667	0,0604	38,00	34,43	9,39
D	4	4	1	0,1937	0,0898	0,0787	46,35	40,60	12,40
D	4	4	2	0,1501	0,0670	0,0596	44,61	39,72	10,96
D	4	5	1	0,1703	0,0570	0,0492	33,49	28,87	13,80
D	4	5	2	0,1058	0,0394	0,0377	37,22	35,67	4,16
D	4	6	1	0,1845	0,0656	0,0369	35,56	19,97	43,83
D	4	6	2	0,1355	0,0445	0,0439	32,84	32,40	1,34
D	5	1	1	0,2311	0,0987	0,0868	42,71	37,57	12,05
D	5	1	2	0,1866	0,0806	0,0726	43,20	38,92	9,89
D	5	2	1	0,2143	0,0797	0,0757	37,21	35,34	5,03
D	5	2	2	0,1590	0,0723	0,0648	45,47	40,72	10,44
D	5	3	1	0,1389	0,0601	0,0587	43,25	42,27	2,28
D	5	3	2	0,1075	0,0513	0,0477	47,75	44,35	7,13
D	5	4	1	0,1756	0,0825	0,0622	47,00	35,43	24,63
D	5	4	2	0,1480	0,0577	0,0542	39,00	36,66	6,00
D	5	5	1	0,1803	0,0619	0,0556	34,34	30,87	10,12
D	5	5	2	0,1381	0,0551	0,0519	39,88	37,61	5,68
D	5	6	1	0,1691	0,0631	0,0608	37,32	35,94	3,71
D	5	6	2	0,1393	0,0562	0,0506	40,36	36,33	9,98
D	8	1	1	0,1762	0,0604	0,0537	34,27	30,46	11,13
D	8	1	2	0,1395	0,0623	0,0559	44,63	40,05	10,27
D	8	2	1	0,1962	0,0627	0,0571	31,94	29,11	8,87
D	8	2	2	0,1526	0,0690	0,0635	45,23	41,57	8,09
D	8	3	1	0,2389	0,0975	0,0885	40,80	37,06	9,17
D	8	3	2	0,1824	0,0738	0,0722	40,49	39,58	2,24
D	8	4	1	0,1725	0,0738	0,0636	42,81	36,89	13,81
D	8	4	2	0,1344	0,0441	0,0382	32,83	28,39	13,55
D	8	5	1	0,2155	0,0724	0,0675	33,57	31,30	6,76
D	8	5	2	0,1409	0,0632	0,0566	44,82	40,13	10,46
D	8	6	1	0,2323	0,0849	0,0788	36,57	33,91	7,26
D	8	6	2	0,1665	0,0722	0,0647	43,34	38,85	10,37
D	9	1	1	0,1860	0,0752	0,0705	40,43	37,92	6,21
D	9	1	2	0,1400	0,0700	0,0630	50,01	45,00	10,03
D	9	2	1	0,1443	0,0494	0,0448	34,25	31,07	9,28
D	9	2	2	0,1137	0,0509	0,0457	44,74	40,21	10,14
D	9	3	1	0,2089	0,0735	0,0680	35,16	32,55	7,42
D	9	3	2	0,1570	0,0691	0,0617	44,05	39,33	10,70
D	9	4	1	0,1991	0,0746	0,0550	37,48	27,61	26,32
D	9	4	2	0,1522	0,0669	0,0636	43,97	41,79	4,95
D	9	5	1	0,1820	0,0686	0,0612	37,70	33,65	10,75
D	9	5	2	0,1337	0,0502	0,0445	37,53	33,30	11,27
D	9	6	1	0,1438	0,0596	0,0543	41,43	37,75	8,88
D	9	6	2	0,1189	0,0610	0,0555	51,28	46,68	8,95

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E.N. **O eucalipto.** 2. ed. Jundiaí : Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 1961. 667 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.

Classificação de madeira serrada de folhosas : NBR 9487. São Paulo, 1986. 53 p.

_____. **Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento para uso geral** : medição e quantificação de defeitos. Rio de Janeiro, 1991a. 6 p.

_____. **Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento para uso geral - terminologia** : TB 397. Rio de Janeiro, 1991b. 9 p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE - ANFPC. **Relatório estatístico 1993.** São Paulo, 1993. 54 p.

BAENA, E.S. **A utilização de *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus grandis* Hill jovens na confecção de sarrafos.** Piracicaba, 1982. 74 p. Tese. (Mest.) USP - ESALQ. Piracicaba, 1982.

BALLONI, E.A., SIMÕES, J.W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 1-16, 1980.

- BERENGUT, G., PONCE, R.H., FREITAS, A.R. Ensaio de desdobro de *Eucalyptus saligna* Smith. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 8, p. 81-98, 1973.
- BERTOLANI, F., NICOLIELO, N., CHAVES, R. Manejo de *Eucalyptus* sp para serraria : a experiência da Duratex. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, IPT. **Anais...** São Paulo : IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. 165 p. p. 31-40.
- BINDZI, I., SAMSON, M. A new method of grading lumber of spiral grain. **Forest Products Journal**, Madison, v. 45, n. 2, p. 63-66, Feb. 1995.
- BRASIL, M.A.M., FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *E. alba* Reinw, *E. saligna* Smith e *E. grandis* Hill ex Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e espaçamento. **IPEF**, Piracicaba, n. 2/3, p. 129-149. 1971.
- BRITO NETO, O. Desdobro : equipamentos e métodos. In: Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada. **Boletim ABPM**, São Paulo, n. 36. 189 p. p. 80-90. Out. 1985.
- CAMPBELL, G.S., HARTLEY, J. Drying and dried wood. In: Hillis, W.E., BROWN, A.G. (Ed.). **Eucalypts for wood production**. Melbourne : CSIRO, 1978. p. 328-336.
- CAVALCANTE, A. de A. **Ocorrência de colapso na secagem da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*.**

Piracicaba, 1991. 76 p. Diss. (Mest.) USP - ESALQ. Piracicaba, 1991.

CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA - CATIE. **Silvicultura de especies promisoras para producción de leña en America Central** : resultados de cinco años de investigación. Turrialba, 1986. (Série Técnica. Informe Técnico, 86).

COELHO, A.S.R., MELLO, H.A., SIMÕES, J.W. Comportamento de espécies de eucalipto face ao espaçamento. **IPEF**, Piracicaba, n. 1, p. 29-55, 1970.

CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN, INSTITUTO FORESTAL - COFOR/INFOR. **Principios de organización y operación del aserradero**. Concepción, 1989. p. 217

COSTA NETO, P.L.O. **Estatística**. São Paulo : Edgard Blücher, 1977. 264 p.

COUTO, H.T.Z. Manejo de florestas e sua utilização em serraria. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo : IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. 165 p. p. 20-30.

DE VILLIERS, A.M. Utilization problems with some eucalypts in South Africa. In: IUFRO MEETING DIVISION, 5., 1973, Pretoria. **Proceedings...** Pretoria, v. 2, p. 238-55, 1973.

EDWARDS, D.W. Defects of fast grown eucalypts in New South Wales. In: IUFRO MEETING DIVISION, 5., 1973,

Pretoria. **Proceedings...** Pretoria, v. 2, p. 256-70, 1973.

FERNANDES, P.S. **Variações de densidade da madeira e suas relações com as tensões de crescimento em progênie de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake.** Piracicaba, 1982. 85 p. Tese. (Mest.) USP - ESALQ. Piracicaba, 1982.

FERNANDES, P.S., FLORHEIM, S.M.B., ROCHA, F.T. et alii. Tensões de crescimento em procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, n. 1, p. 215-234, 1989.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **Eucalypts for planting.** Rome, 1981. 677 p.

_____. **Yearbook of forest products : 1983-1994.** Rome, 1996. 378 p. (FAO Forestry Series, 29; FAO Statistics Series, 129).

FREESE, F. **Elementary forest sampling.** Oregon, USDA, 1986. 91 p. (Agricultural Handbook, 232)

FREITAS, A.J.P., GONZAGA, J.V., FRANÇA, F.W.S. et alii. Influência do espaçamento na produção de madeira de *Eucalyptus saligna*. 26 p. Trabalho apresentado ao CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5., 1986, Olinda.

FREITAS, A.R., BRITO NETO, O. Os avanços tecnológicos no processamento e uso de produtos florestais : produção de madeira serrada de eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL

- BRASILEIRO, 7. CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo : SBS/SBEF, 1993. 3 v. v. 2, p. 293-295.
- GAIOTTO, M.R. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* para produção de lâminas.** Piracicaba, 1993. 119 p. Diss. (Mest.) USP - ESALQ. Piracicaba, 1993.
- GALVÃO, A.P.M. Aspectos da utilização da madeira de eucalipto no Brasil : seu aproveitamento em serraria. **Boletim Informativo**, Piracicaba, v. 4, n. 12, p. 1-23, jul. 1976.
- GALVÃO, A.P.M. Estimativas de umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil. **IPEF**, Piracicaba, n. 11, p. 53-65, 1975.
- GALVÃO, A.P.M., JANKOWSKY, I.P. **Secagem racional da madeira.** São Paulo : Nobel, 1985. 111 p.
- GARCIA, C.H., CORRADINE, L., ALVARENGA, S.F. Comportamento florestal de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos. Piracicaba : IPEF, 1991. 8 p. (Circular Técnica, 179)
- GARCIA, C. H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. Piracicaba : IPEF, 1989. 11 p. (Circular Técnica, 171)
- GARCIA, J.N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...**

São Paulo : IPEF/IPT/IUFRO/ESALQ-USP, 1995. 165 p.
p. 59-67.

GARCIA, J.N. **Processamento mecânico de pinus e eucalipto.**
Piracicaba : LCF/ESALQ/USP, 1988. 20 p.

GHILARDI, E. **Desdobro de *Eucalyptus saligna*.** São Paulo,
1973. (IPT, Relatório interno)

GOLFARI, L., CASER, R.L., MOURA, V.P.G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil (2a. aproximação).** Belo Horizonte : PRODEPEF, 1978. 66 p.
(Série Técnica, 11).

GOLFARI, L., PINHEIRO NETO, F.A. Escolha de espécies de eucalipto potencialmente aptas para diferentes regiões do Brasil. **Separata de Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, v. v. 1, n. 3, p. 23, 1970.

GROSSER, D. Defeitos da madeira. **Série Técnica FUPEF**, Curitiba, 1979. 62 p.

HARRIS, J.M. **Spiral grain and wave phenomena in wood formation.** Berlin : Springer-Verlag, 1989. 213 p.
p.58-60.

HASLETT, A.N. **Properties and utilization of exotic speciality timber grow in New Zealand.** Part VI - Eastern bleu gums and stringy barks. *Eucalyptus botryoides* Sm. *Eucalyptus saligna* Sm. *Eucalyptus globoides* Blakey. *Eucalyptus muellerana* Howitt. *Eucalyptus pilularis*. Rotorua : Forest Research Institute, 1990. 21 p. (FRI Bulletin, 119)

- HILLIS, W.E., BROWN, A.G. **Eucalypts for wood production.**
Melbourne : CSIRO, 1978. 434 p.
- HUSCH, B., MILLER, C.I., BEERS, T.W. **Forest mensuration.**
3. ed. New York : John Wiley & Sons, 1982. 402 p.
- IWAKIRI, S. **Rendimento e condições de desdobro de algumas espécies de madeira da amazônia.** Manaus : INPA/INPA, 1984. 14 p. (Série Técnica, 1)
- JANKOWSKY, I.P. Equipamentos e processos para secagem de madeiras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo : IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. 165 p. p. 109-118.
- KAUMAN, W.G., GERARD, J., JIQING, H., et alii. Processing of eucalypts. **Commonwealth Forestry Review**, Oxford, v. 7, n. 2, p. 147-154, 1995.
- KIKUTI, P., FIER, I.S.N., CALORI, J.V. Produção de madeiras de reflorestamento de alta qualidade. In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba : ABPM/SBS, 1996. 161 p. p. 53-58.
- KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forest Products Abstracts**, Oxford, v. 10, n. 3, p. 61-119, Mar. 1987.
- LACERDA, J.S., COUTO, H.T.Z. **O uso da lei do autodesbaste na definição do espaçamento para plantios de *Eucalyptus*.** Piracicaba : IPEF, 1993. 7 p. (Circular Técnica, 182)

- LEHMANN, E.L., D'ABRERA, H.J.M. **Nonparametrics :**
statistical methods based on ranks. California :
Holden-Day, 1975. 457 p.
- LEITE, H.L. **Conversão de troncos em multiprodutos da**
madeira utilizando programação dinâmica. Viçosa, 1994.
230 p. Tese (Dr Sci.) UFV Viçosa, 1994.
- LHUELE, E.P., WAUGH, G. **Productivity of sawmills**
utilizing small diameter eucalypts. Melbourne :
CSIRO/DBR, 1980. 17 p.
- LISBOA, C.D.J. Estudo das tensões de crescimento em toras
de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Floresta,**
Curitiba, v. 23, n. 1/2, p. 82-83, jun/dez. 1995.
- MALAN, F.S. Eucalyptus improvement for lumber production.
In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE
EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São
Paulo : IPEF/IPT/IUFRO/ESALQ-USP, 1995. 165 p. p. 1-19
- MALAN, F.S. The control of end splitting in sawlogs : a
hort literature review. **South African Forestry Journal,**
Pretoria, v. 109, p. 14-28, 1979.
- MELLO, G.R. **Processamento mecânico da madeira.**
Piracicaba, 1978. 88 p.
- MELLO, H.A. et alii. Influência do espaçamento na
produção de madeira de eucalipto em solo de cerrado.
IPEF, Piracicaba, n. 2/3, p. 3-30, 1971.

- MELLO, H.A. et alii. Influência do espaçamento e da idade de corte na produção de madeira de eucalipto em solo de cerrado. **IPEF**, Piracicaba, n. 13, p. 143-161, 1976.
- MONTAGNA, R.G. et alii. Estudo sobre o crescimento e a densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* em função do espaçamento. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 8, p. 33-52, 1973.
- MONTAGNA, R.G., ASSINI, J.L., PONCE, R.H. Desdobro de eucalipto visando a diminuir o efeito das tensões de crescimento. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos de Jordão. **Anais...** São Paulo : SBS/SBEF, 1990. 801 p. p. 712-714.
- MONTAGNA, R.G., PONCE, R.H., FERNANDES, P. de S. et alii Desdobro de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden visando a diminuir o efeito das tensões de crescimento. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 181-190, 1991.
- NOGUEIRA, M.C.J.A. **Indicações para o emprego de dezesseis espécies de eucalipto na construção civil.** São Carlos, 1991. 116 p. Diss. (Mest.) USP - Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 1991.
- OBINO, C.R., MENEZES, L.F. Manejo de florestas para serraria nas empresas nacionais : algumas experiências de manejo de eucalipto para serraria. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo : IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. 165 p. p. 140-146.

- OLIVEIRA, L.C.S. **Empenamento da madeira** : causas e métodos de prevenção. In: COMPÊNDIO DA INFORMAÇÃO TÉCNICA PARA INDÚSTRIA DO MOBILIÁRIO. Bento Gonçalves : Alternativa Editorial. 1. ed. 1992. p:175-176.
- OLIVEIRA, L.C.S. **Curso sobre tecnologia de secagem de madeiras**. São Paulo : IPT. 1981. 33 p. (Relatório, 16.194).
- PANSHIN, A.J., ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4 ed. New York : McGraw-Hill, 1980. 705 p.
- PATTERSON, D.W., ARMSTRONG, J.P. Predictions equations for determining board foot recovery from bolter saw bolts. **Forest Products Journal**, Madison, v. 44, n. 4, p. 40-42, Apr. 1994.
- PEIXOTO, R.C.D., IWAKIRI, S. **Dados e índices da indústria madeireira do estado do Amazonas**. Manaus : INPA/CPPF, 1984. 31 p. (Série Técnica, 4).
- PENFOLD, A.R., WILLIS, J.L. **The eucalypts**. London : Leonard Hill, 1961. 551 p.
- PIMENTEL-GOMES, F. O problema de falhas nos experimentos de campo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 71, n. 2, p. 153-155, set. 1996.
- PONCE, R.H. Madeira serrada de eucalipto : desafios e perspectivas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo : IPEF/IPT/IUFRO/ESALQ-USP, 1995, 165 p. p. 50-58.

- PONCE, R.H. Novas tecnologias de desdobro e beneficiamento de madeira: a busca da competitividade. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7./CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo : SBS/SBEF, 1993. 3 v. v. 3, p. 310-314.
- PONCE, R.H. Produção de madeira de qualidade para processamento mecânico. **Silvicultura**, São Paulo, v. 9, n. 34, p. 9-13, 1984.
- PONCE, R.H., WATAI, L.T. **Manual de secagem da madeira**. Brasília : STI/IPT, 1985. 70 p.
- PRADO, A.C. **Diagnóstico e avaliação do setor florestal brasileiro** : exploração florestal madeireira. [S.D.] : FUNATURA/IBAMA/ITTO, 1995. 114 p.
- PRATT, G. H. **Timber drying manual**. London : BRE. Department of the Environment, 1986. 122 p.
- RAMOS, A.A. Perspectivas qualitativas e econômicas da produção florestal em sucessivas rotações. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7. CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo : SBS/SBEF, 1993. 3 v. v. 3, p. 177-189.
- RAMOS, I. **África do Sul horizonte florestal no Brasil. O eucalipto, madeira de serraria na África do Sul**. São Paulo : Joruês, 1973. 81 p.
- REZENDE, G.C., SUITER FILHO, W., MENDES, C.J. *et alii* Novas técnicas de espaçamento para *Eucalyptus* spp. São Paulo : IPEF, 1981. 9 p. (Circular Técnica, 130)

- SANTINI, E.J., TOMASELLI, I. Colapso na madeira e algumas experiências brasileiras. Curitiba : FUPEF, 1980. 21 p. (Série Técnica, 3)
- SHIELD, E.D. Plantation grown eucalypts : utilization for lumber and rotary veneers - primary conversion. In: SEMINÁRIO INTERNATIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo : IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. 165 p. p. 133-139.
- SHIMOYAMA, V.R.S., BARRICHELO, L.E.G. Densidade básica da madeira, melhoramento e manejo florestal. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 6, n. 20, p. 1-22, ago. 1989.
- SIAU, J.F. **Flow in wood**. Syracuse : Syracuse University Press, 1971. 131 p.
- SIMÕES, J.W., BRANDI, R.M., MALINOVSKY, J.R. **Formação de florestas com espécies de rápido crescimento**. Brasília : IBDF/PNUD/FAO, 1976. 74 p. (PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, Série Divulgação, 6)
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS. **A sociedade brasileira e seu patrimônio florestal**. São Paulo, 1990. 20 p.
- STAPE, J.L., BALLONI, E.A., ZANI FILHO, J. Planejamento técnico em plantios florestais na RIPASA. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 6, n. 18, p. 1-41, fev. 1989.
- STEEL, R.G.F., TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics** : a biometrical approach. 2. ed. New York : McGraw-Hill Book, 1980. 633 p.

- STEELE, P.H. **Factors determining lumber recovery in sawmilling.** Madison : USDA. Forest Science, 1984. 8 p. (Gen. Tec. Rep., GTR-FLP-39)
- SZYMANI, R. Latest advances in sawmilling. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo : IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. 165 p. p. 68-73.
- TIEMANN, H.D. Collapse, its cause and its significance. In: _____. **Wood technology** : constitution, properties and uses. New York : Pitman, 1942. 316 p. Cap. 10, p. 159-166.
- TIEMANN, H.D. **Eucalyptus lumber.** Abstract of report by Forest Products Laboratory, Madison, USDA. Reprint from Hardwood Record Chicago, sep. 25 and oct. 10. 1925
- VENTURA, A. et alii. Características edafo-climáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 4/5, p. 57-140, 1966.
- VERMAAS, H.F. Drying eucalypts for quality : material characteristics, pre-drying treatments, drying methods, schedules and optimization of drying quality. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo : IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. 165 p. p. 119-132.

- VIANNA NETO, J.A.A. Considerações básicas sobre o desdobro de *Pinus* spp. **Silvicultura**, São Paulo, v. 9, n. 34, p. 15-23, 1984.
- VIANNA NETO, J.A.A. Exportação de produtos florestais : a experiência brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7. CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo : SBS/SBEF, 1993. 3 v. p. 73-75.
- WAGNER, F.G., TAYLOR, F.W. Impact of log sweep on warp in southern pine structural lumber. **Forest Products Journal**, Madison, v. 45, n. 2, p. 59-62, 1995.
- WALKER, J.C.F. et alii. **Primary wood processing : principles and practice.** 1. ed. London : Chapman & Hall, 1993. 595 p.
- WAUGH, G. **The potential of plantation eucalypts for sawlog production.** Apresentado ao AUSTRALIA AND NEW ZEALAND INSTITUTES OF FORESTERS CONFERENCE, 1980, Rotorua. 12 p. (DBR Reprint 1001)
- WILLISTON, E.M. **Small log sawmills : profitable product selection, process design and operation.** San Francisco : Miller Freeman, 1981. 367 p.
- YAO, J. Relationship between height and growth stresses within and among White Ash, White Oak and Shagbark Hickory. **Wood Science**, Madison, v. 11, n. 4, p. 246-251, Apr. 1979.
- ZAVALA, D.Z. The effect of log lenght and lumber thickness over-allowance on lumber recovery. **Forest**

Products Journal, Madison, v. 45, n. 2, p. 41-45, Feb. 1995.

ZENID, G.J. Classificação de madeira serrada de eucalipto - proposta ABPM/IPT. In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba : ABPM/SBS, 1996. 161 p. p. 91-96.

ZOBEL, B.J. & Van BUIJTENEN, J.P. Wood variability: its causes and control. Springer-Verlag : Berlin, 1989. 363p.