SEMINÁRIO

MATÉRIAS-PRIMAS FIBROSAS PARA A INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL

COMISSÃO TÉCNICA PERMANENTE DE CELULOSE DA ABCP

COMITÊ DE MATÉRIAS PRIMAS FIBROSAS

FORMAÇÃO E VARIAÇÃO DA ESTRUTURA DE MADEIRA DE EUCALYPTUS

MARIO TOMAZELLO FILHO

CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"/USP

PIRACICABA

AGOSTO / 88

FORMAÇÃO E VARIAÇÃO DA ESTRUTURA DE MADEIRA DE EUCALYPTUS

1. Introdução

O gênero *Eucalyptus* possui aproximadamente 700 espécies, variando de árvores a arbustos.

Ocorre em diferentes condições ecológicas do continente australiano e ilhas ao norte. A vasta área de ocorrência confere às espécies do gênero a capacidade de adaptação às diferentes condições edafo-climáticas-topográficas.

As diferenças observadas na morfologia externa (flor, fruto, casca, folhas, etc..) são também verificadas na morfologia interna do lenho (propriedades da madeira).

Na seleção das espécies de eucalipto para programas de reflorestamento procura-se associar os parâmetros de crescimento das árvores (incremento volumétrico e forma) e de qualidade da madeira (características anatômico-físico-químicas).

O presente trabalho tem como objetivos abordar aspectos da formação e da variação da estrutura da madeira de eucaliptos.

2. Estrutura da Madeira dos Eucaliptos

Características gerais - madeira com pouco brilho, textura média a fina, moderamente dura a dura, grã direita e revessa, cheiro e gosto indistintos.

Anéis de Crescimento - geralmente indistintos ou não bem definidos nas espécies de eucaliptos que desenvolvem-se em baixas altitudes e sem déficit hídrico pronunciado, etc... Quando distintos são constituídos por anel de fibras de paredes mais espessas e baixa frequência de vasos.

Alburno - região periférica do tronco, estreita (1,5-4,0 cm), geralmente distinta do cerne, clara, cor branco palha a bege clara a rosado, com função fisiológica de transporte ascendente de seiva mineral

- região de armazenamento de compostos de reserva (amido), apresentando baixa resistência natural ao ataque de insetos e fungos; pode ser impregnada por extrativos por apresentar poros (vasos) abertos.

- a porcentagem de alburno varia em função da altura do tronco e da taxa de crescimento da árvore. Em alguns casos não há variação no sentido base-topo.

Espécie / Idade	Taxa de Crescimento	% de Alburno	
		Base Tronco	Ápice Tronco
E.camaldulensis	rápido	31	47
(18 - 20 anos)	lento	16	26

Cerne - região interna do tronco, de cor variável, do branco-palha ao marron claro, até vermelho-rosado, com função de sustentação do tronco. Os extrativos conferem cor ao cerne, sendo encontrados preenchendo os vasos, o parênquima radial.

O cerne pode ser dividido em 2 partes: externa e interna, com base na cor, estrutura e dureza. Uma região interna (mais clara) e uma externa (mais escura). A região interna torna-se facilmente atacada pelos fungos decompositores da madeira, pela menor % de extrativos.

Estrutura Anatômica Básica da Madeira - a madeira das espécies de eucalipto é formada pelo arranjamento de diferentes elementos anatômicos, que desempenham funções fisiológicas distintas no tronco das árvores.

Elementos	Função
Vasos	Transporte de seiva mineral
Fibras	Sustentação do tronco
Raio	Transporte e Armazenamento de Carboidratos
Parênquima	Armazenamento de Carboidratos

A estrutura anatômica é responsável, em parte, pelas propriedades físico-mecânicas da madeira.

A estrutura anatômica da madeira varia, de forma significativa, em função da:

- espécie (variação entre e dentro)
- árvore (variação base-topo; medula-casca)
- taxa de crescimento das árvores
- tratamentos silviculturais, etc...

Tabela 1

Proporção dos elementos anatômicos estruturais - existem variações entre e dentro de espécies quanto às porcentagens de elementos estruturais.

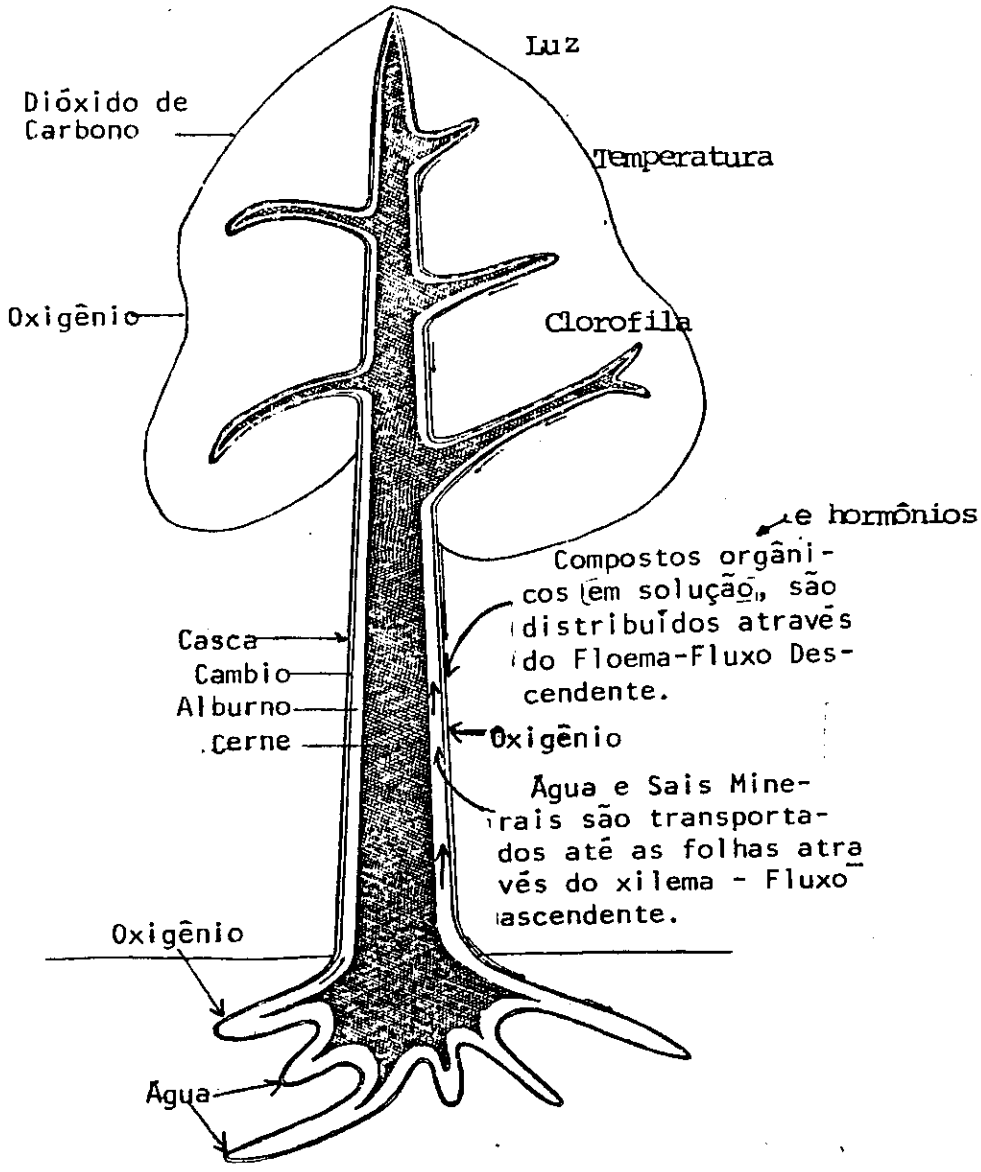
Espécies	Elementos Anatômicos Estruturais (%)			
	Fibra	Vaso	Raio	Parênquima
E.grandis	52-72	9-21	6-14	6-11
E.viminalis	56-81	5-23	9-38	
	51-77	7-11	14-42	
E.camaldulensis	47-62	13-19	24-34	
	39-40	11-17	44-49	
E.deglupta	50,0	28,0	22	

- variação na % de elementos anatômicos estruturais reflete na variação dos valores da densidade básica da madeira.

- aumentos na % e espessura da parede das fibras refletem aumentos na densidade básica; aumentos na % de parênquima refletem diminuições na densidade básica.

FIGURA 1

COMPONENTES DE UMA ÁRVORE E FLUXO DE SEIVA BRUTA E ELABORADA



3. Formação da madeira

O crescimento em diâmetro das árvores é proporcionado pela atividade do câmbio; o crescimento em altura é proporcionado pela atividade do meristema apical.

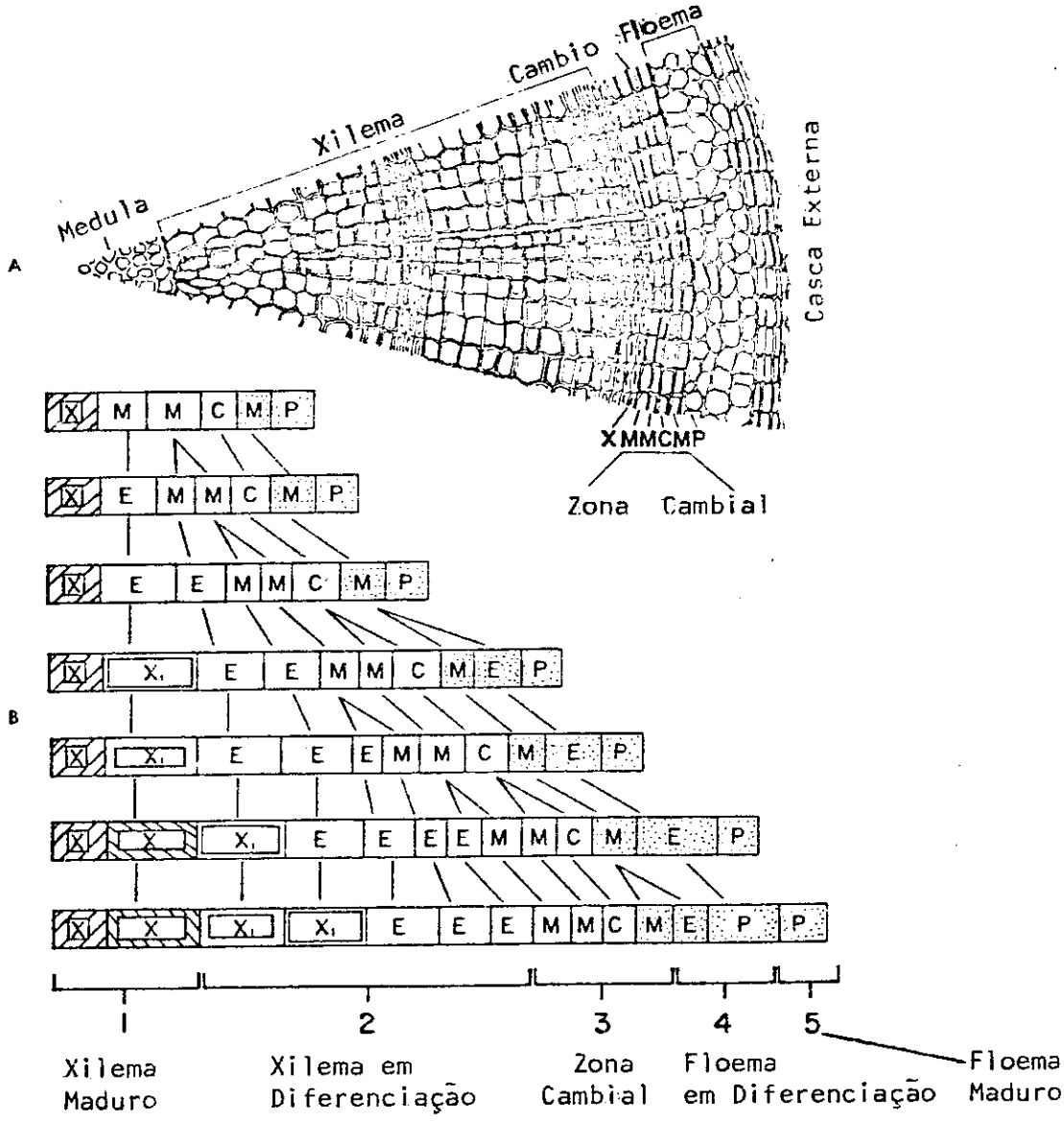
O câmbio (meristema lateral) produz, através de divisões longitudinais-radiais, o xilema (lenho) para o interior e o floema para o exterior.

A atividade cambial é afetada pela taxa fotossintética (carboidratos) e hormônios. Em consequência, toda "alteração" do meio ambiente afeta a produção de madeira. Considera-se como "alteração" o conjunto de variáveis, como variações edafo-climáticas, práticas de manejo, incidência de pragas e doenças, poluição , fogo, etc...

As mudanças no câmbio em função da idade das árvores induzem a formação de 2 tipos básicos de madeira: juvenil e adulta. A madeira adulta é produzida em torno do 10º ano de vida das árvores de eucalipto, com referências na literatura de idades mais avançadas (20º ano).

Figura 2

Formação da madeira - atividade cambial promovendo crescimento em diâmetro.



C - CÂMBIO

M - CÉLULAS MÃES DO XILEMA OU FLOEMA

E - CÉLULAS EM FASE DE CRESCIMENTO

X_1 - CÉLULAS DE XILEMA EM FASE DE ESPESSAMENTO

X - CÉLULAS MADURAS DE XILEMA

P - CÉLULAS MADURAS DE FLOEMA

4. Elementos Anatômicos Estruturais

Poros (vasos) - elementos anatômicos largos, parede fina e com pontuações, abertos em suas extremidades; importantes nos processos fisiológicos no alburno, promovendo o fluxo ascendente de seiva mineral. Importantes nos processos de transformação e uso da madeira (impregnação, colagem, secagem, pintura, etc..).

Nos eucaliptos são encontradas variações:

- diâmetro: muito pequenos a médios
- comprimento: muito curtos a muito longos
- forma: ovalada a circular
- frequência: poucos a muito numerosos
- distribuição: difusa, geralmente solitários, ocorrendo múltiplos, em disposição oblíqua, radial ou em cachos
- placa de perfuração: simples
- apêndices: presentes a ausentes
- pontuações nas paredes: intervasculares e radio-vasculares
- obstruídos: tiloses (no cerne)

Tabela 2

Variação da frequência e dimensões dos vasos em espécies de eucalipto.

Espécies	Frequência (nº/mm^2)	Diâmetro Tangencial (µm)	Comprimento (µm)
E. citriodora	11(6-18)	125(75-173)	462(238-710)
E.maculata	9(3-15)	119(79-170)	474(239-749)
E.grandis	15(11-21)	128(88-164)	670(374-984)
E.saligna	8(4-13)	147(110-186)	520(276-813)
E.robusta	9(5-14)	123(87-161)	539(308-848)
E.tereticornis	13(7-19)	96(65-130)	463(260-732)
E.camaldulensis	15(10-22)	105(73-134)	408(201-634)
E.urophylla	11(6-15)	116(84-148)	477(217-800)
E.paniculata	12(8-17)	118(90-147)	522(242-824)
E.siderophora	11(13-19)	106(58-153)	511(280-850)

Fibras - elementos anatômicos estreitos, parede espessa e com pontuações, fechados em suas extremidades; importantes no processo de sustentação do tronco. Importantes nos processos de transformação e uso da madeira (fonte de celulose e papel; energia; etc..).

Nos eucaliptos são encontradas variações:

- tipos: fibrotraqueídeos e fibras libriformes
- comprimento: extremamente curtas a curtas
- largura: estreitas a médias
- espessura da parede: delgadas a muito espessas

Tabela 3

Variação das dimensões das fibras e da densidade básica da madeira de espécies de eucalipto.

Espécies	Comprimento (mm)	Diâmetro (µm)	Espessura Parede (µm)	Diâmetro Lúmen (µm)	Densidade Básica g/cm^3
E.citriodora	0,96 (0,59-1,49)	16(11-22)	6(3-14)	4(2-7)	0,75
E.maculata	0,99 (0,64-1,36)	16(11-22)	5(4-7)	5(3-10)	0,68
E.grandis	1,04 (0,67-1,46)	19(14-25)	5(2-7)	10(6-15)	0,44
E.saligna	1,01 (0,57-1,35)	18(12-24)	5(4-7)	8(9-13)	0,50
E.robusta	0,99 (0,88-1,33)	18(12-23)	5(3-7)	9(4-13)	0,55
E.tereticornis	1,08 (0,81-1,36)	14(11-17)	5(3-7)	4(3-7)	0,75
E.camaldulensis	0,88 (0,63-1,15)	15(10-20)	5(3-6)	6(3-10)	0,55
E.urophylla	1,08 (0,67-1,49)	19(13-25)	6(3-7)	8(3-14)	0,65
E.paniculata	1,05 (0,66-1,38)	18(12-22)	7(4-10)	5(1-10)	0,82
E.siderophoia	1,09 (0,60-1,53)	17(9-22)	7(4-10)	3(2-5)	0,93

Tabela 4 Variação do comprimento das fibras, em porcentagem e em mm.

Espécie	Variação do comprimento (em % e mm)
Eucalyptus gummifera	15,7% ads fibras: 0,54 - 0,84 mm 73,0% das fibras: 0,84 - 1,44 mm 11,3% das fibras: 1,44 - 1,74 mm
Eucalyptus microcorys	13,8% das fibras: 0,51 - 0,71 mm 78,0% das fibras: 0,71 - 1,51 mm 8,2% das fibras: 1,51 - 1,91 mm
Eucalyptus pilularis	1,6% das fibras: 0,54 - 0,64 mm 83,6% das fibras: 0,64 - 1,24 mm 14,8% das fibras: 1,24 - 1,54 mm

Tabela 5 - Variação do comprimento das fibras, em mm e em porcentagem.

Espécie	Variação do comprimento (em mm e %)
Eucalyptus grandis	2,6 % das fibras: 0,50 - 0,60 mm 90,4 % das fibras: 0,60 - 1,40 mm 7,5 % das fibras: 1,40 - 1,70 mm
Eucalyptus saligna (Austrália)	1,1 % das fibras: 0,48 - 0,58 mm 89,2 % das fibras: 0,58 - 1,38 mm 9,7 % das fibras: 1,38 - 1,72 mm
Eucalyptus saligna (Mairinque)	2,6 % das fibras: 0,48 - 0,58 mm 89,2 % das fibras: 0,58 - 1,38 mm 9,7 % das fibras: 1,38 - 1,72 mm

Parênquima - o parênquima apresenta-se em 2 tipos: o radial (raios) e o longitudinal.

O parênquima longitudinal pode ser abundante a esparso; vasicêntrico formando confluências curtas e oblíquas eventualmente aliformes; apotraqueal difuso esparso. A quantidade de parênquima varia entre e dentro de espécies.

Raios são finos a extremamente finos; pouco a muito numerosos, extremamente baixos.

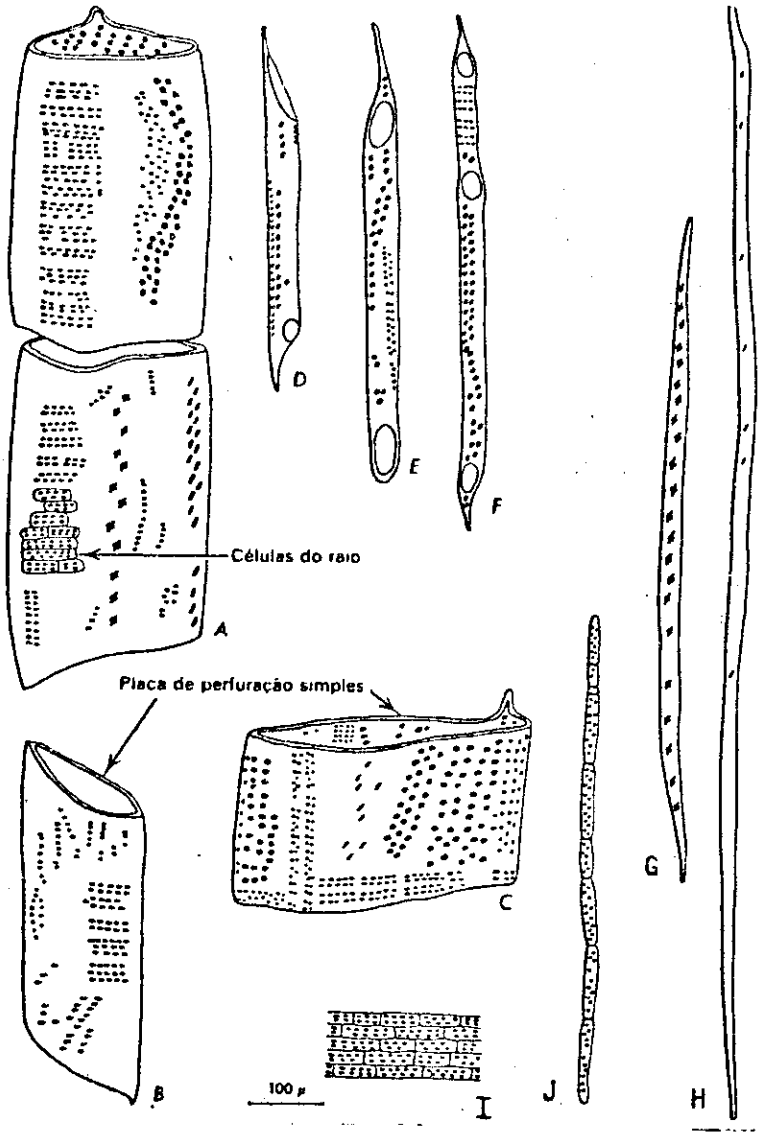
Tabela 6

Variação da frequência e das dimensões dos raios em espécies de eucalipto.

Espécies	Frequência (nº/mm)	Altura		Largura	
		nº de células	mm	nº de células	µm
E.citriodora	13(8-18)	13(5-22)	0,26(0,15-0,51)	2	21(12-34)
E.maculata	11(7-14)	10(4-19)	0,22(0,11-0,39)	1	15(9-25)
E.grandis	9(5-14)	13(4-23)	0,29(0,12-0,45)	1	13(8-22)
E.saligna	11(7-15)	12(4-23)	0,32(0,16-0,42)	1	21(13-33)
E.robusta	12(7-16)	12(3-26)	0,33(0,16-0,50)	1	16(13-26)
E.tereticornis	16(11-21)	11(4-24)	0,24(0,11-0,51)	1	14(9-25)
E.camaldulensis	14(9-20)	11(5-24)	0,25(0,14-0,54)	1	15(9-23)
E.urophylla	11(7-15)	10(4-18)	0,25(0,13-0,42)	1	16(10-28)
E.paniculata	11(7-16)	10(4-19)	0,20(0,11-0,34)	1	14(8-21)
E.siderophoia	15(11-19)	9(3-17)	0,19(0,11-0,41)	1	17(9-26)

FIGURA 3

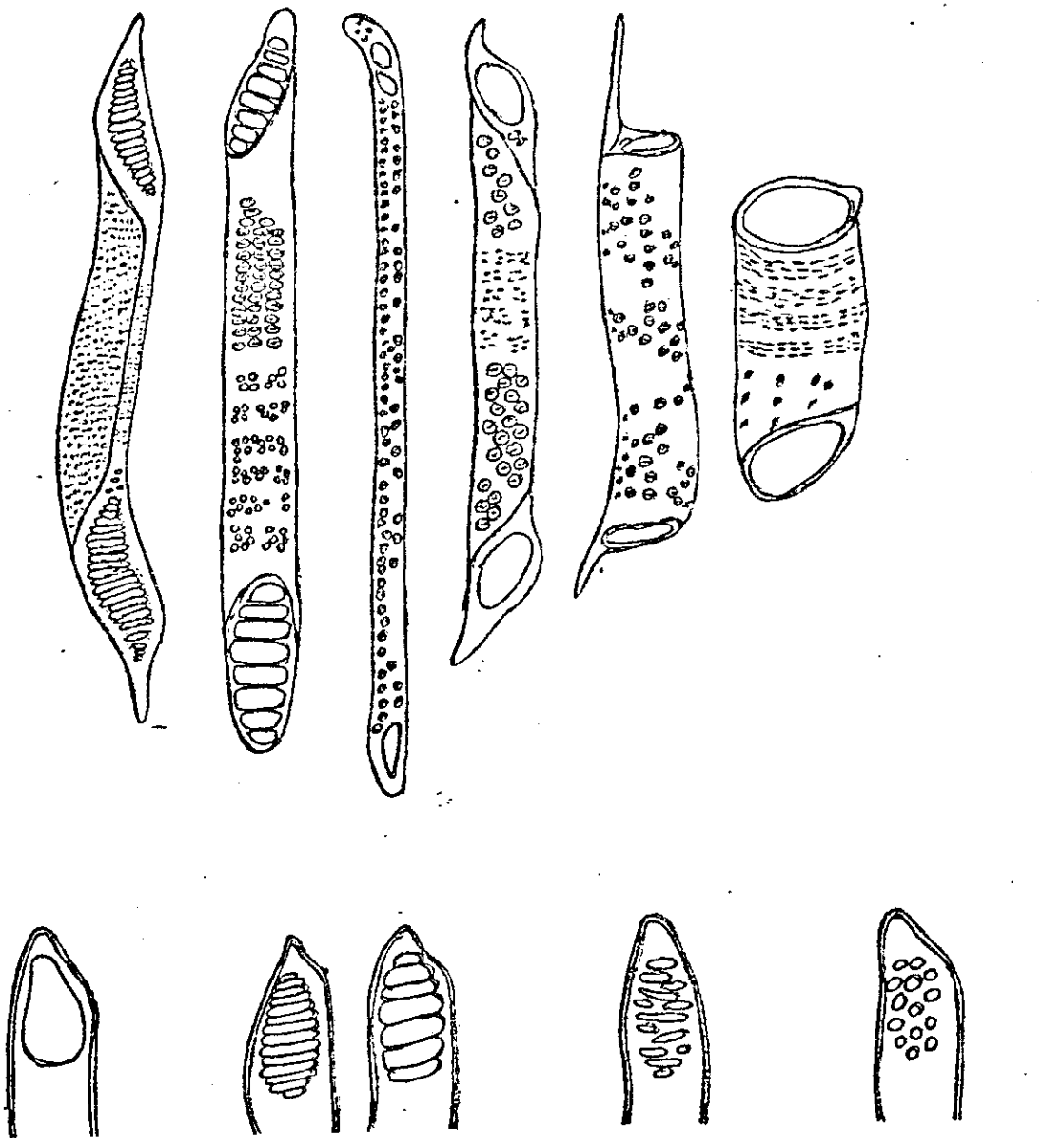
TIPOS DE CÉDULAS COMPONENTES DO XILEMA SECUNDÁRIO DE FOLHOSA, OBTIDAS DO LENHO DISSOCIADO



- ELEMENTOS DE VASO
  LUMEN AMPLO (A-C)
  LUMEN ESTREITO (D-F)
- FIBROTRAQUEÍDEO (G)
- FIBRALIBRIFORME (H)
- ELEMENTOS DE RAIO (I)
  (parenquima radial)
- PARENQUIMA (J)
  (parenquima axial)

FIGURA 4

ELEMENTOS DE VASO - PLACAS DE PERFURAÇÃO



PROPRIEDADES BÁSICAS DA MADEIRA DE EUCALYPTOS

- Propriedades químicas

  - Variações existentes no gênero *Eucalyptus* quanto aos componentes químicos.

Componente Químico	%
Celulose	40-62
Hemicelulose	12-22
Lignina	15-22

  - Variações existentes entre espécies no gênero *Eucalyptus* quanto aos componentes químicos.

Componente Químico	*E.regnans*	*E.globulus*
Celulose	50-62	36-47
Hemicelulose	14-20	n.d.
Lignina	20-27	n.d.

  - Variações face à ocorrência da madeira de tensão em *E.gonyocalyx*.

Componente Químico	Madeira Normal	Madeira Tensão
Celulose	44,0	57,3
Pentosanas	15,1	11,0
Lignina	29,5	13,8

- Variações no alburno

No alburno a substância metabólica armazenada é o amido. Há variações no teor de amido durante o ano, em função da (i) produção de sementes, (ii) crescimento da parte aérea / raízes, (iii) ataque de fungos e insetos, etc..

Espécies	variações nos teores de amido (%)	
	inverno	verão
E.saligna	0,60	2,10
E.fastigata	3,47	5,25
E.viminalis	1,92	5,70

- Variações no cerne

No cerne as substâncias metabólicas armazenadas são os extrativos. Há variações nos teores de extrativos em função da (i) orientação base-topo e medula-casca, (ii) taxa de crescimento das árvores, (iii) idade das árvores. Os extrativos afetam a qualidade da celulose, ferramentas de corte, promovem a corrosão dos equipamentos. Os extrativos influenciam na durabilidade natural e na estabilidade da madeira.

a. Variação medula-casca, base-topo das árvores

Espécies	Extrativos (%)		
	alburno	cerne externo	cerne interno
E.pilularis	2,9	8,4	7,4
E.camaldulensis	7,4	14,3	12,1

decresce base → topo (modelo de variação mais comum)

b. Variação taxa de crescimento das árvores

Espécie	Extrativos (%)	
	rápido crescimento	lento crescimento
E.pilularis	0,05	0,16 - 0,43

maiores taxas de crescimento → menores teores de extrativos

c. Variação em função da idade

Espécie	Idade (anos)	
	300	10 - 15
E.delegatensis	4,0	0,6 - 1,9

- Conteúdo de água

Há variações no conteúdo de água em função da (i) orientação base-topo e medula-casca, (ii) época do ano, etc...

a. Variação medula-casca, base-topo das árvores

Espécies	Teor de água (%)		
	alburno	cerne externo	cerne interno
E.camaldulensis	92	80	103
E.regnans	118	135	
E.viminalis	93	104	

decresce base → topo (modelo de variação mais comum)

b. Variação em função da época do ano

Espécie	teor de água no alburno (%)	
	abril	setembro
E.camaldulensis	126	170

- Teor de cinzas

Os teores de cinzas variam de 0,1-0,6%, atingindo até 1,9% em *E.deglupta*. Alguns numerais, como o P e K, decrescem em elevada % no lenho, quando o alburno se transforma em cerne.

Espécies	Minerais	Teores de minerais (%)	
		alburno	cerne
E.grandis	P	0,0103	0,0007
	K	0,1087	0,0238
E.pilularis	P	0,0043	0,0005
	K	0,494	0,0007

4. Variação da estrutura da madeira

Variação Radial

- De um modo geral verifica-se para as espécies de eucalipto um aumento no comprimento das fibras no sentido medula-casca. A largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede das fibras tendem, da mesma forma, a aumentar no sentido medula-casca.

- Verifica-se um aumento no diâmetro tangencial dos vasos e uma diminuição no número de vasos/mm^2, no sentido radial.

- Os valores de densidade básica da madeira das espécies de eucalipto aumentam no sentido medula-casca , para a maioria das espécies de eucalipto.

Tabela 7. Variação do comprimento das fibras em porcentagem e em mm, no sentido medula-casca.

Espécie	Posição	Sentido	%	mm
Eucalyptus gummifera	0	(medula)	92%	0,54-0,94
	25	↓	85%	0,74-1,24
	50		87%	0,94-1,34
	75		75%	0,94-1,44
	100	(casca)	70%	1,04-1,44
Eucalyptus microcorys	0	(medula)	88%	0,51-0,81
	25	↓	82%	0,71-1,01
	50		86%	0,91-1,31
	75		75%	1,11-1,51
	100	(casca)	76%	1,21-1,61
Eucalyptus pilularis	0	(medula)	90%	0,64-0,94
	25	↓	93%	0,64-1,04
	50		86%	0,84-1,24
	75		86%	0,94-1,34
	100	(casca)	81%	1,04-1,44

Tabela 8 - Variação do comprimento das fibras, em mm e porcentagem, no sentido medula-casca.

Espécie	Posição	Sentido	%	mm
E. grandis	0	(medula)	90%	0,50-0,80
	25	↓	85%	0,70-1,00
	50		80%	0,90-1,30
	75		84%	1,00-1,40
	100	(casca)	85%	1,10-1,50
E. saligna (Austrália)	0	(medula)	94%	0,58-0,88
	25	↓	85%	0,58-0,98
	50		86%	0,88-1,28
	75		95%	0,98-1,48
	100	(casca)	72%	1,18-1,48
E. saligna (Mairinque)	0	(medula)	94%	0,58-0,88
	25	↓	85%	0,58-0,98
	50		86%	0,88-1,28
	75		95%	0,98-1,48
	100	(casca)	73%	1,18-1,48

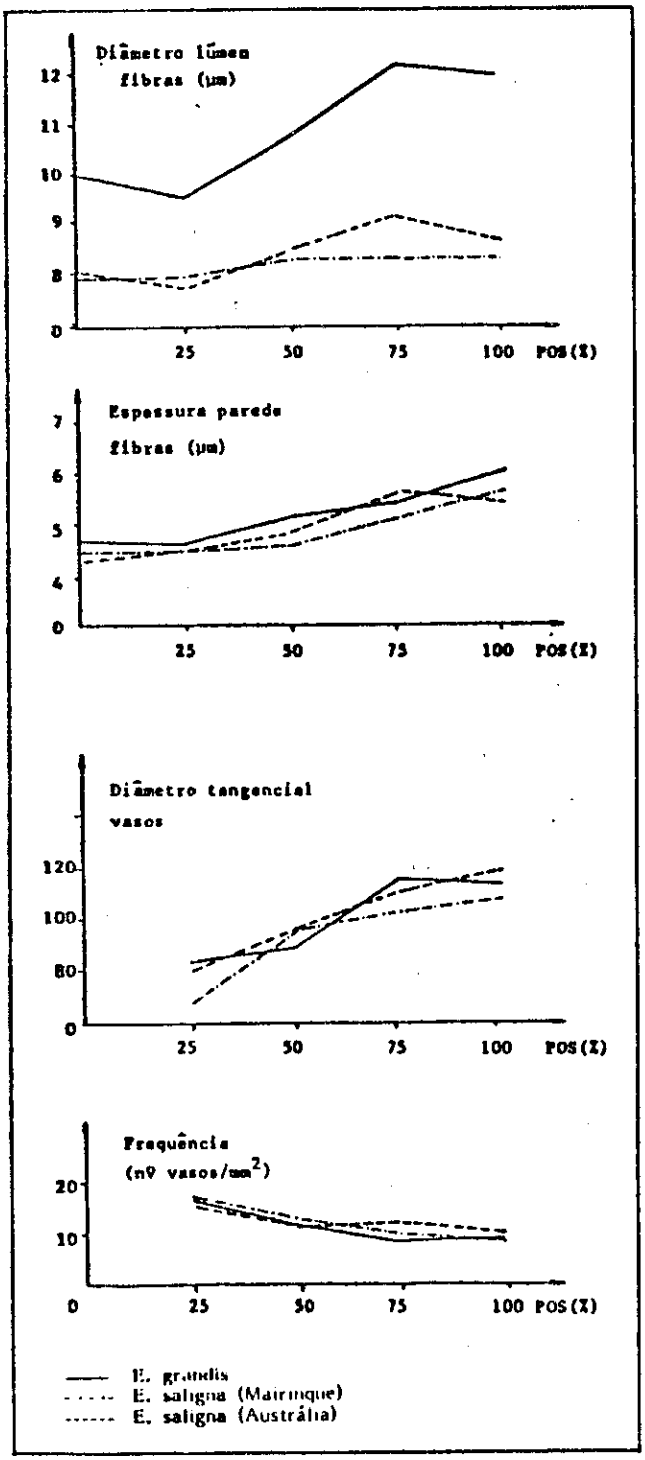
Tabelas 9 e 10

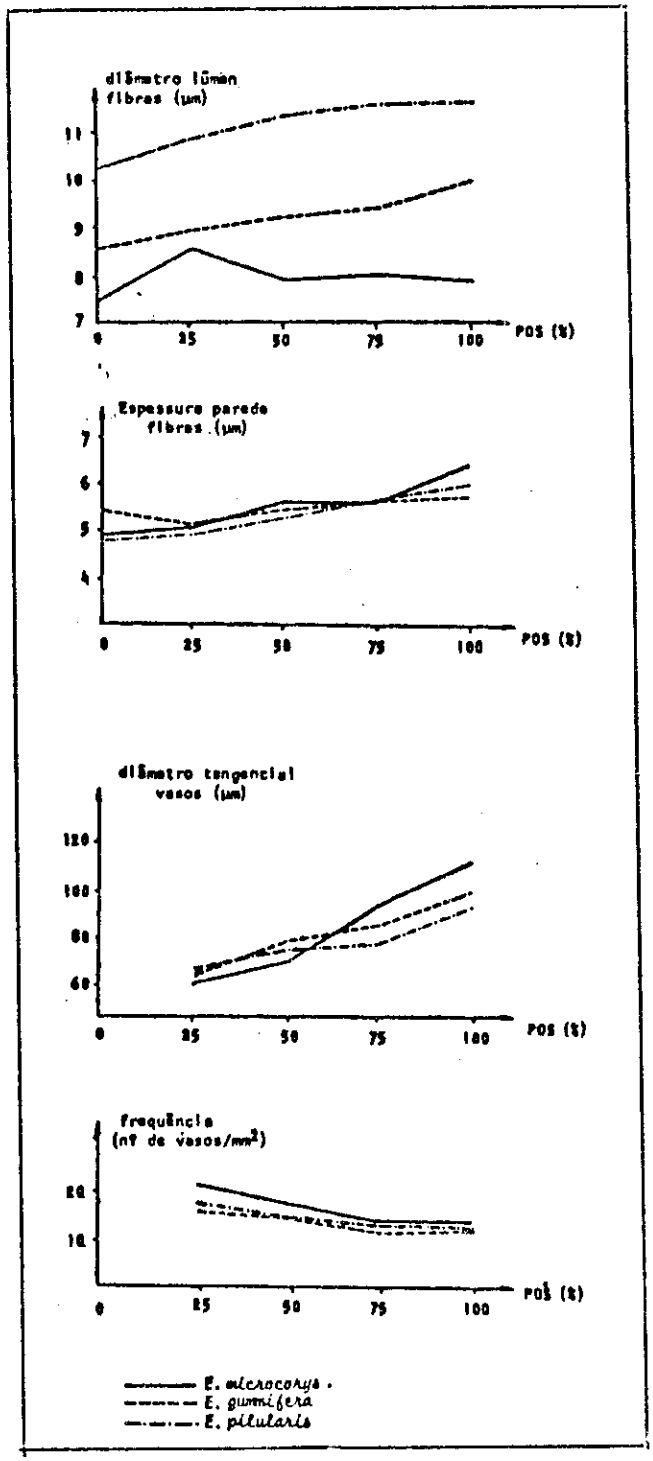
Espécies de eucalipto, idade e local - referências que indicam o aumento do comprimento das fibras no sentido medula-casca

Espécie	Idade	Localidade	Referência
E. regnans	50	Austrália	BISSET e DADSWELL (1949)
E. delegatensis	-	Austrália	AMOS et alii (1950)
E. globulus	-	Portugal	CARVALHO (1963)
E. camaldulensis	18-30	Israel	CHUDNOFF e TISCHLER (1963)
E. gomphocephala	7-8	Israel	STERN-COHEN e FAHN (1964)
E. calophylla	-	Austrália	RUDMAN e MALAJCZUK (1968)
E. regnans, E. calophylla, E. deglupta	-	Austrália	RUDMAN et alii (1969)
E. camaldulensis	-	Austrália	RUDMAN (1970)
E. robusta	-	Srilanka	ARULCHELUAM (1971)
E. deglupta	-	Papua-Nova Guiné	DAVIDSON (1972)
E. pilularis	5-30	Austrália	BAMBER e CURTIN (1978)
E. obliqua, E. regnans	-	Austrália	NICHOLLS e GRIFFIN (1978)
E. citriodora, E. paniculata, E. robusta	-	Brasil	ALFONSO (1983)

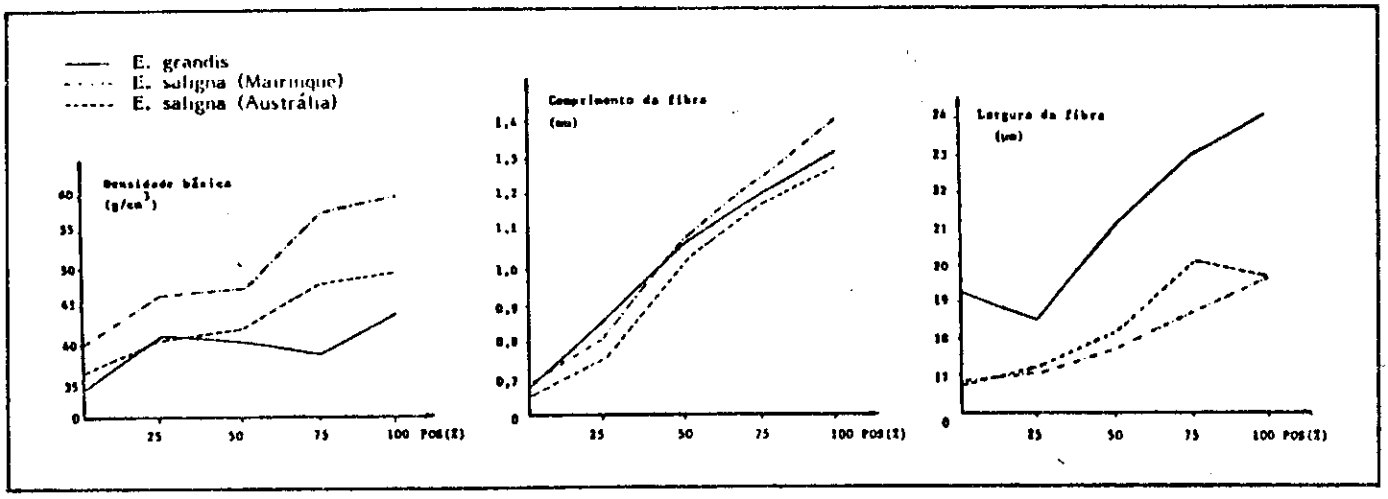
Espécie	Idade (anos)	Localidade	Referência
E. saligna	6	Brasil	SANTOS (1961)
	21	Brasil	SANTOS & NOGUEIRA (1971)
	21	Brasil	SANTOS & NOGUEIRA (1974)
	21	Brasil	SANTOS & NOGUEIRA (1977)
	-	Angola	SARDINHA & HUGHES (1978/79)
	8-9	Brasil	FOELKEL et alii (1983)
	-	Brasil	ALFONSO (1983)
E. grandis	-	Austrália	BAMBER & HUMPHREYS (1963)
	34	Srilanka	RANATUNGA (1964)
	20-250	Austrália	BAMBER et alii (1969)
	7	Zâmbia	HANS et alii (1972)
	15-20	Africa do Sul	TAYLOR (1973 a,b,c,)
	3	Brasil	BRASIL & FERREIRA (1979)
	-	Brasil	ALFONSO (1983)

Figuras 5 e 6 - Variação radial do diâmetro do lûmen, espessura da parede das fibras; diâmetro tangencial e frequência dos vasos.





Figuras 7 e 8 - Variação radial da densidade básica da madeira, comprimento e largura das fibras.



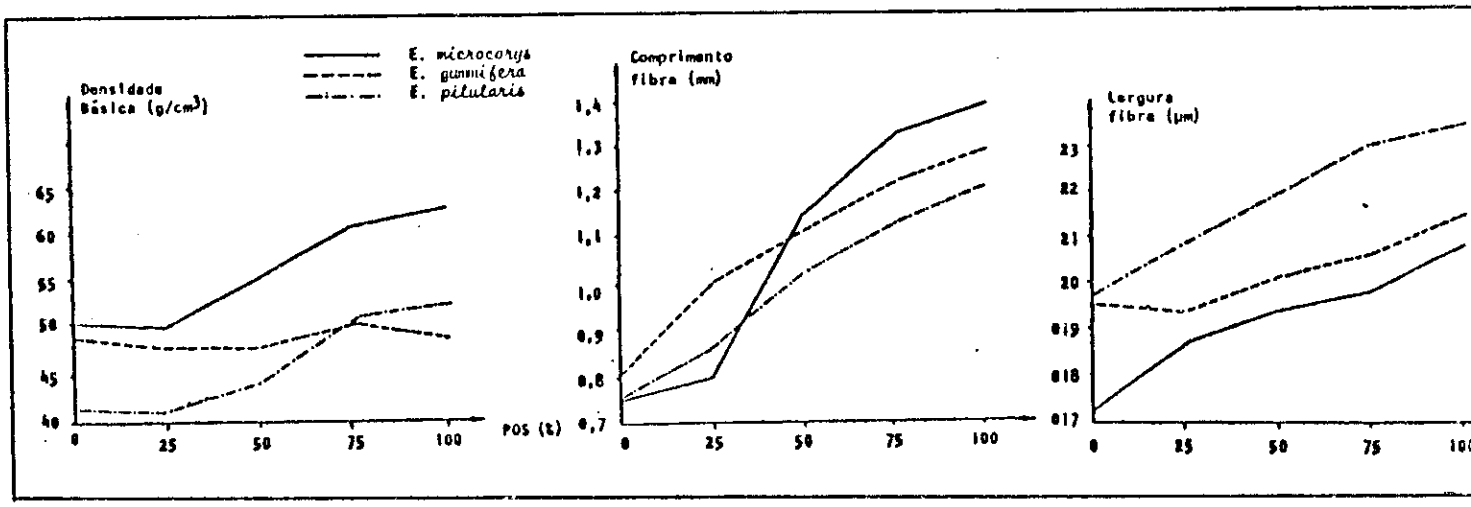


Tabela 11- Eucalyptus pilularis . Valores de densidade básica da madeira e do comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede das fibras, no sentido medula-casca.

Característica/Posição		0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
Densidade Básica (g/cm³)	Média	0,422	0,413	0,448	0,501	0,519
	Variação	0,360-0,558	0,345-0,515	0,355-0,565	0,427-0,601	0,458-0,635
	Desvio Padrão	0,08	0,06	0,09	0,08	0,07
	Coef. Variação	19,02	15,21	20,00	14,98	13,49
Comprimento Fibra (mm)	Média	0,76	0,87	1,03	1,14	1,22
	Variação	0,56-0,98	0,56-1,13	0,72-1,35	0,80-1,45	0,87-1,54
	Desvio Padrão	0,04	0,06	0,06	0,05	0,07
	Coef. Variação	5,06	6,74	5,37	4,40	5,91
Largura Fibra (µm)	Média	19,8	20,8	22,0	23,0	23,7
	Variação	15,0-28,0	14,5-30,0	14,5-30,0	16,5-31,0	14,5-34,5
	Desvio Padrão	1,04	0,84	1,28	0,71	1,53
	Coef. Variação	5,24	4,02	5,79	3,07	6,43
Diâmetro Lúmen (µm)	Média	10,2	10,9	11,4	11,6	11,6
	Variação	5,0-18,0	6,5-22,5	6,5-18,5	7.0-21,5	6,5-21,5
	Desvio Padrão	1,30	1,14	0,96	1,14	0,96
	Coef. Variação	12,78	10,46	8,44	9,83	8,29
Espessura Parede (µm)	Média	4,8	4,9	5,3	5,7	6,0
	Variação	4,0-5,0	4,0-5,7	4,0-5,7	4,7-6,0	4,0-6,5
	Desvio Padrão	0,27	0,21	0,27	0,37	0,48
	Coef. Variação	5,71	4,23	5,17	6,51	7,95

Tabela 12. Eucalyptus saligna (Austrália). Valores de densidade básica da madeira e do comprimento largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede das fibras, no sentido medula-casca

Característica/Posição		0%	25%	50%	75%	100%
Densidade Básica (g/cm³)	Média	0,395	0,463	0,477	0,575	0,594
	Variação	0,365-0,445	0,431-0,524	0,432-0,565	0,491-0,650	0,535-0,693
	Desvio Padrão	0,03	0,04	0,06	0,06	0,07
	Coef. Variação	7,87	8,11	11,81	10,17	12,14
Comprimento Fibra (mm)	Média	0,69	0,82	1,09	1,24	1,41
	Variação	0,52-0,91	0,59-1,15	0,76-1,48	0,98-1,69	0,98-1,78
	Desvio Padrão	0,02	0,11	0,07	0,06	0,24
	Coef. Variação	3,40	13,82	6,21	4,88	17,14
Largura Fibra (µm)	Média	16,9	17,0	17,7	18,7	19,7
	Variação	10,5-22,0	10,5-21,0	11,0-24,5	12,0-29,0	12,5-26,5
	Desvio Padrão	1,08	0,71	0,98	1,75	0,91
	Coef. Variação	6,41	4,16	5,51	9,38	4,61
Diâmetro Lúmen (µm)	Média	7,9	7,9	8,3	8,3	8,3
	Variação	4,0-13,0	4,0-11,0	3,5-13,5	4,0-15,0	3,0-16,5
	Desvio Padrão	0,82	0,65	0,76	1,04	0,76
	Coef. Variação	10,40	8,25	9,14	12,49	9,14
Espessura Parede (µm)	Média	4,5	4,5	4,7	5,2	5,7
	Variação	3,2-5,5	3,2-5,0	3,7-5,5	4,0-7,0	4,7-6,0
	Desvio Padrão	0,18	0,21	0,27	0,37	0,41
	Coef. Variação	3,93	4,60	5,83	7,13	7,21

Tabela 13 Eucalyptus grandis. Valores de densidade básica da madeira e do comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede das fibras, no sentido medula-casca.

Característica/Posição		0%	25%	50%	75%	100%
Densidade Básica (g/cm³)	Média	0,346	0,401	0,359	0,386	0,434
	Variação	0,291-0,369	0,365-0,445	0,319-0,397	0,344-0,449	0,384-0,479
	Desvio Padrão	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
	Coef. Variação	9,19	8,09	8,73	10,53	9,70
Comprimento Fibra (mm)	Média	0,68	0,85	1,07	1,20	1,32
	Variação	0,46- 0,93	0,63- 1,09	0,72 -1,41	0,89- 1,52	1,04- 1,80
	Desvio Padrão	0,02	0,07	0,12	0,05	0,08
	Coef. Variação	2,66	7,71	10,89	4,38	6,38
Largura Fibra (µm)	Média	19,3	18,6	21,1	23,0	24,1
	Variação	12,0-26,0	12,0-26,0	14,0-28,0	17,0-33,5	17,0-31,0
	Desvio Padrão	0,98	1,19	0,96	1,17	1,29
	Coef. Variação	5,05	6,42	4,56	5,10	5,37
Diâmetro Lúmen (µm)	Média	10,0	9,5	10,8	12,2	12,0
	Variação	5,5 -16,0	5,5- 16,0	6,5- 18,0	7,0- 23,5	6,0- 19,0
	Desvio Padrão	0,94	0,71	0,76	1,04	0,79
	Coef. Variação	9,35	7,44	7,02	8,50	6,59
Espessura Parede (µm)	Média	4,6	4,5	5,1	5,4	6,0
	Variação	3,2-5,0	3,2-5,0	3,7-5,5	5,0-6,0	5,5-6,5
	Desvio Padrão	0,29	0,41	0,55	0,22	0,37
	Coef. Variação	6,13	9,03	10,64	4,14	6,13

Tabela 14- Eucalyptus microcorys . Valores de densidade básica da madeira e do comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede das fibras, no sentido medula-casca.

Característica/Posição		0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
Densidade Básica (g/cm³)	Média	0,509	0,503	0,559	0,619	0,637
	Variação	0,477-0,529	0,446-0,531	0,486-0,634	0,565-0,657	0,618-0,649
	Desvio Padrão	0,02	0,04	0,06	0,04	0,01
	Coef. Variação	4,70	6,99	10,47	6,51	1,82
Comprimento Fibra (mm)	Média	0,75	0,80	1,13	1,32	1,41
	Variação	0,52-1,02	0,63-1,24	0,78-1,63	0,95-1,91	1,09-1,91
	Desvio Padrão	0,05	0,06	0,07	0,07	0,06
	Coef. Variação	6,71	7,11	6,26	5,13	4,20
Largura Fibra (µm)	Média	17,3	18,7	19,4	19,8	20,8
	Variação	11,5-26,5	13,5-27,5	13,5-27,5	11,0-29,5	14,0-28,0
	Desvio Padrão	1,04	0,67	0,82	0,76	1,44
	Coef. Variação	5,99	3,59	4,24	3,83	6,93
Diâmetro Lúmen (µm)	Média	7,5	8,6	8,0	8,1	8,0
	Variação	4,0-13,0	4,5-16,5	4,0-14,5	4,0-19,5	3,5-15,0
	Desvio Padrão	0,35	0,42	0,35	0,96	1,06
	Coef. Variação	4,71	4,86	4,42	12,17	13,26
Espessura Parede (µm)	Média	4,9	5,0	5,7	5,8	6,4
	Variação	3,7-6,7	4,5-5,5	4,7-6,5	3,5-6,5	5,2-6,5
	Desvio Padrão	0,42	0,21	0,27	0,38	0,34
	Coef. Variação	8,54	4,14	4,81	6,48	5,24

Espécies de eucalipto, idade e local - referências que indicam o aumento do valor da densidade básica da madeira no sentido medula-casca.

Espécie	Idade	Localidade	Referência
E. globulus	25-50	Portugal	CARVALHO (1963)
E. calophylla	-	Austrália	RUDMAN e MALAJCZUK (1968)
E. viminalis	-	EUA	PANSHIN e DE ZEEUW (1970)
E. gummifera, E. resinifera, E. propinqua	24	Angola	FONSECA (1971)
E. deglupta	-	Papua-Nova Guiné	DAVIDSON (1972)
E. urophylla	5-7	Brasil	FERREIRA (1970)
E. robusta	34-44	Hawai	SKOLMEN (1975)
E. obliqua, E. regnans	-	Austrália	NICHOLS E GRIFFIN (1978)
E. urophylla	7-9	Brasil	FERREIRA et alii (1978)
E. microcorys	8	Brasil	SOUZA et alii (1979)
E. citriodora	-	Brasil	NAHUZ et alii (1980)
E. citriodora	7-20	Brasil	CUNHA et alii (1982)
E. regnans	4-17	Nova Zelândia	FREDERICK et alii (1982)
E. citriodora, E. paniculata, E. robusta	-	-	ALFONSO (1983)
E. viminalis	9,5	Brasil	GONZAGA et alii (1983 b)

Espécie	Idade (anos)	Localidade	Referência
Eucalyptus saligna	24	Angola	FONSECA(1972)
	11-16	Brasil	FERREIRA (1970, 1972)
	3-8	Brasil	FERREIRA et alii (1978)
	-	Angola	SARDINHA & HUGHES (1978/1979)
	-	Brasil	NAHUZ et alii (1980)
	-	Brasil	ALFONSO (1983)
	9,5	Brasil	BUSNARDO et alii (1983)
	5-8	Brasil	CARPIM & BARRICHELO (1983)
	9	Brasil	FOELKEL et alii (1983)
Eucalyptus grandis	12	Africa do Sul	BANKS (1954)
	5,25,>25	Austrália	BAMBER & HUMPHREYS (1963)
	20,45,250	Austrália	BAMBER et alii (1969)
	16	Brasil	BRASIL & FERREIRA (1972)
	7	Zâmbia	HANS et alii (1972)
	11-16	Brasil	FERREIRA (1970/1972)
	15-20	Africa do Sul	TAYLOR (1973 a,b,c)
	3	Brasil	BRASIL (1976)
	3-9	Brasil	FERREIRA et alii (1978)
	-	Brasil	NAHUZ et alii (1980)
	9,5	Brasil	GONZAGA et alii (1982)
	5-10	Brasil	BARRICHELO et alii (1983c)
	5-8	Brasil	CARPIM & BARRICHELO (1983)

FIGURA 09 - Distribuição da densidade em troncos de E.robusta.

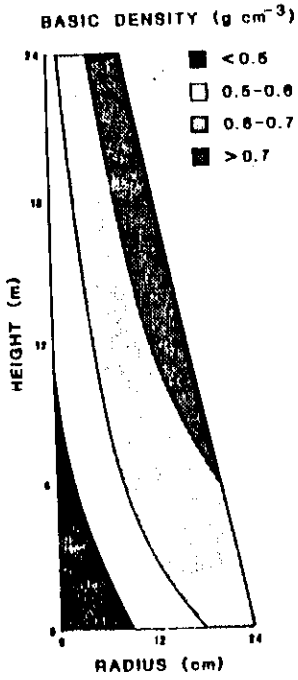
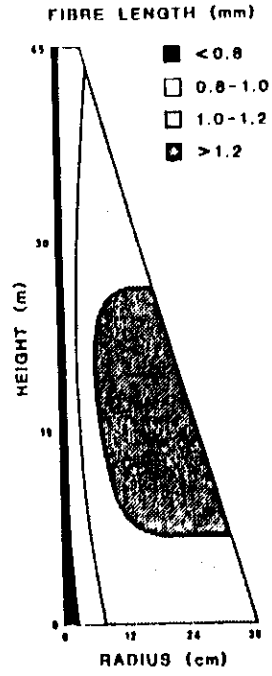


FIGURA 10 - Distribuição do comprimento das fibras em tronco de E.regnans.



MELHORAMENTO GENÉTICO DE E.urophylla S.T. BLAKE, ATRAVÉS DE SELEÇÃO PRECOCE

José ZANI FILHO
Ripasa S/A Celulose e Papel

Edson Antonio BALLONI
Ripasa S/A Celulose e Papel

RESUMO: O presente trabalho apresenta o Programa de Melhoramento Genético que a Ripasa S/A Celulose e Papel vem desenvolvendo na região Centro Oeste do Estado de São Paulo, com o E.urophylla S.T. BLAKE de origem das Ilhas Flores e Timor, utilizando a seleção precoce de árvores supererior como acelerador do processo de melhoramento. Apresenta-se também o cronograma de trabalho, estudos pararelos com a espécie e as linhas do programa , bem como a estimativa de ganhos dos métodos de melhoramento envolvidos.

TRABALHO APRESENTADO NO SEMINÁRIO: MATÉRIAS - PRIMAS FIBROSAS PARA A INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL - SÃO PAULO - 09.08.1988.

MELHORAMENTO GENÉTICO DE E.urophylla S.T. BLAKE, ATRAVÉS DE SELEÇÃO PRECOCE.

1. PORQUE MELHORAR E.urophylla ?

. Desenvolvimento Silvicultural (regiões tropicais)

. Qualidade da Madeira (celulose, energia, serraria)

. Tolerância déficit hídrico

. Rebrota

. Variabilidade espécie

2. HISTÓRICO

. Nome - E. alba

- E.decaisneana

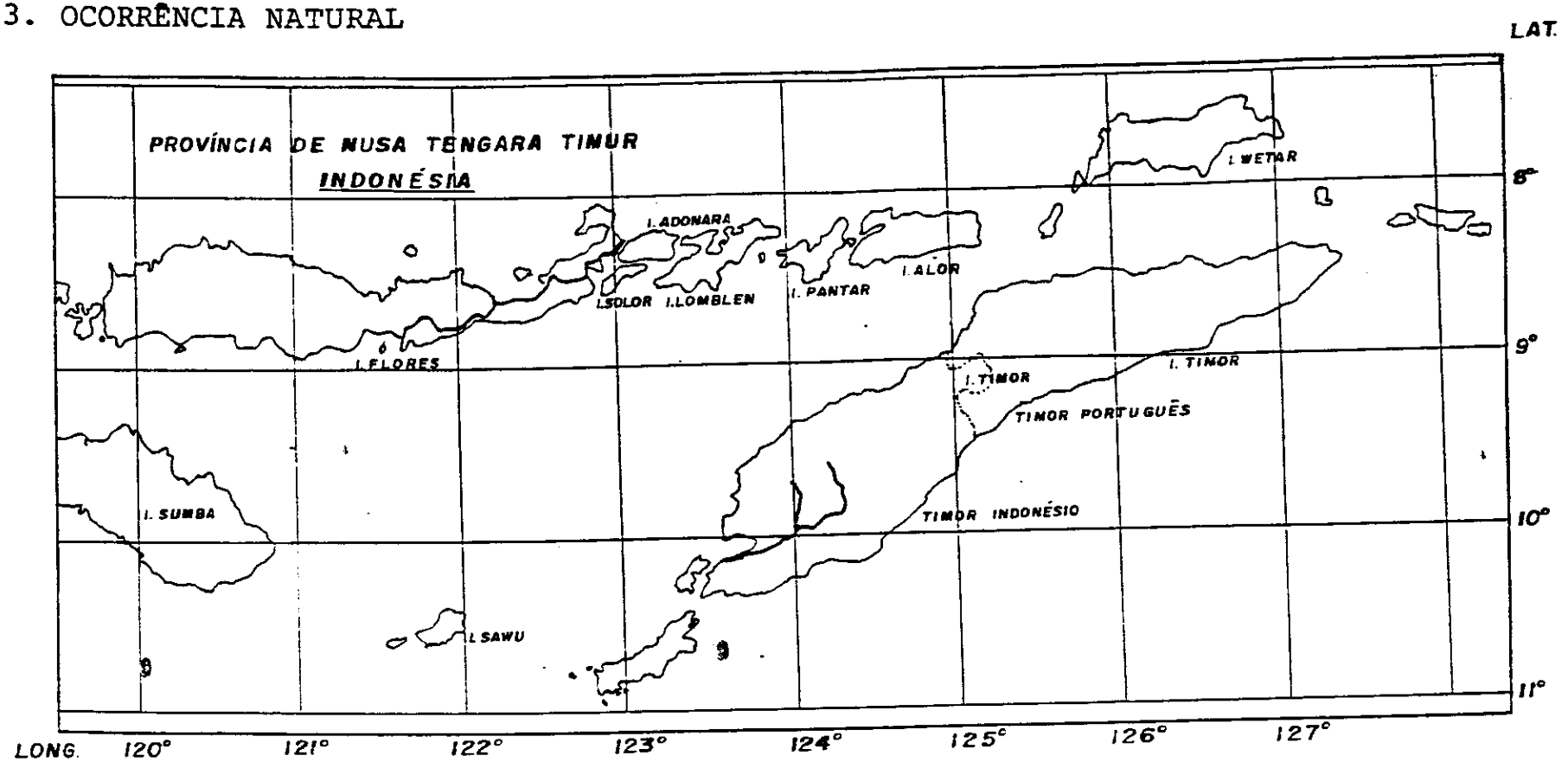
- E.urophylla (S.T. BLAKE, 1979)

. Introdução - Navarro Andrade (1919)
(Jardim Botânico Bogor - Java)

- "Híbrido Rio Claro"

. Reintrodução - Espécie Pura (Década - 1970)

3. OCORRÊNCIA NATURAL



. Ilhas - Timor, Flores, Adonara, Lomblen, Pantar e Alor

. Altitude - 300 - 3.000 m

. Precipitação - 1.500 mm (Seca - 3 - 6 meses/ano)

. Solo - Fértil (rochas basálticas)

. Híbrido Natural - E.urophylla x E.alba

4. ASPECTO SILVICULTURAL

. Crescimento

- Procedências (abaixo 1.200 m)
- Destaque - M. Egon (410 m) - Flores
  - Dili (580 m) - Timor

. Densidade Básica da Madeira (db)

- db - 0.50 - 0.60 g/cm³
- 10 % superior E.grandis

. Tolerância ao Déficit Hídrico

- E.urophylla > E.grandis > E.saligna

. Pragas e Doenças

- Coleóptero - (Psyllotoxus griseocintus) anelamento.
- Coleóptero - (Platypus sp.) perfuração de fuste.
- Fungo - (Gryphomectria cubensis) cancro.

5. PLANTIO E.urophylla NA RIPASA

QUADRO 1. Localização Geográfica e Condições Edafo - Climáticas

LOCAL	LAT. (S)	LONG. (m)	ALT. (m)	GRUPO* SOLO	PRECIP. (mm)	DÉFICIT HÍD. (mm)	TEMP. MÉDIA °C	CLIMA KOPPEN
Ibaté - SP.	21°51'	48°01'	650	AQ + LE	1561	40-80	20.4	Cwa
B. Esp. Sul - SP.	21°58'	48°30'	500	AQ + LE	1433	40-80	20.6	Cwa
Itirapina - SP.	22°15'	47°52'	750	AQ	1619	20-40	20.6	Cwa

* - AQ + LE - Associação Areia Quartzosa e Latossolo Vermelho Escuro.

- AQ - Areia Quartzosa

. Área - 4.500 ha (1983 - 1987)

6. PROGRAMA DE MELHORAMENTO

6.1. Objetivo (1ª Geração)

. Aumentar 20 - 30 % volume cilíndrico

. Reduzir 50 % de tempo

6.2. Seleção Precoce

. Seleção Normal - 6 a 7 anos (rotação)

. Seleção Precoce - 2 a 3 anos (volume superior 300 %)

. Condições de Seleção Precoce

- Ocorrência de característica
- Reprodução da espécie

. Correlação fase juvenil x adulto

- E.grandis (Kageyama, 1983)
- Seleção Precoce - 2 - 5 anos - 79 % altura.
  - 2 - 5 anos - 81.8 % DAP
  - 2 - 5 anos - 89.6 % Vol.

6.3. Metodologia Seleção

. Parcela de Seleção (49 plantas)

X X X X X X X

X X X X X X X

X X X X X X X

X X X O X X X

X X X X X X X

X X X X X X X

X X X X X X X

X - Estrato

O - Matriz

. Avaliação de Seleção Precoce

QUADRO 2. Crescimento Médio de 109 matrizes e estratos de E.urophylla na região de Ibaté - SP.

IDADE DE AVALIAÇÃO (MESES)	MATRIZ			ESTRATO			% SUPER. VOL.MATRIZ/ ESTRATO
	DAP(cm)	H (m)	VOL.CIL.(m^3)	DAP(cm)	H (m)	VOL.CIL.(m^3)	
27	12.41	13.3	0.16547	7.22	9.6	0.04582	361
33	13.65	14.5	0.21752	7.73	10.2	0.05628	387
39	15.47	16.3	0.31272	8.43	11.5	0.07660	408

QUADRO 3. Crescimento Médio de 37 matrizes e estratos de E.urophylla na região de Boa Esperança do Sul - SP.

IDADE DE AVALIAÇÃO (MESES)	MATRIZ			PARCELA			% SUPER. VOL.MATRIZ/ ESTRATO
	DAP(cm)	H (m)	VOL.CIL.(m^3)	DAP(cm)	H (m)	VOL.CIL.(m^3)	
18	10.59	11.4	0.10117	6.52	8.5	0.03122	324
24	12.06	13.1	0.15166	7.32	9.8	0.04627	328
32	14.77	16.3	0.28433	8.43	12.2	0.07844	362

QUADRO 3. Crescimento Médio de 110 matrizes e estratos de E.urophylla na região de Itirapina - SP.

IDADE DE AVALIAÇÃO (MESES)	MATRIZ			PARCELA			% RELATIVA VOL.MATRIZ/ ESTRATO
	DAP(cm)	H (m)	VOL.CIL.(m^3)	DAP(cm)	H (m)	VOL.CIL.(m^3)	
14	8.31	9.0	0.05014	4.90	6.3	0.01334	376
21	9.99	11.2	0.08981	5.79	7.9	0.02363	380
30	12.00	13.0	0.15106	6.81	9.3	0.03844	393

6.5. Produção de Híbrido

QUADRO 4. Média do Crescimento de Plantio Comercial de Material Híbrido e Material Puro.

ESPÉCIE	NÍVEL MELHORAMENTO	IDADE (MESES)	DAP (cm)	H (m)	VOL.CIL. (m^3/ha)	FALHA + MORTA(%)	INCR.VOL. MENSAL(m^3/ha)	SUP. VOL.(%)
Híbrido *	PSH	38	9.96	15.81	125.14	3.80	3.29	126
E.grandis	PSM	42	10.43	15.65	111.75	10.82	2.66	102
E.urophylla	APS	41	9.23	14.25	106.54	4.25	2.60	100

* - Híbrido (E.grandis x E.urophylla) Procedente de Aracruz - ES.

. Evolução do Crescimento

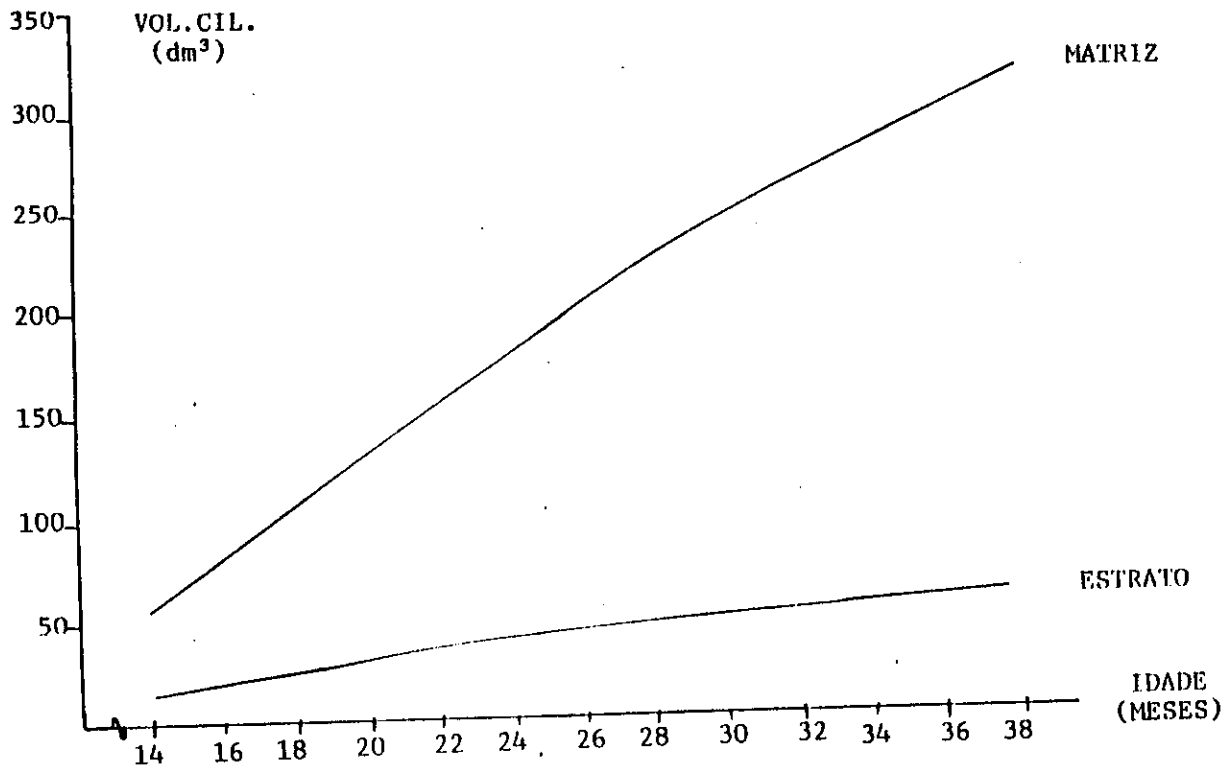


FIGURA 1. Crescimento volumétrico médio de 109 matrizes em relação ao estrato na região de Ibaté - SP.

. Evolução do Crescimento

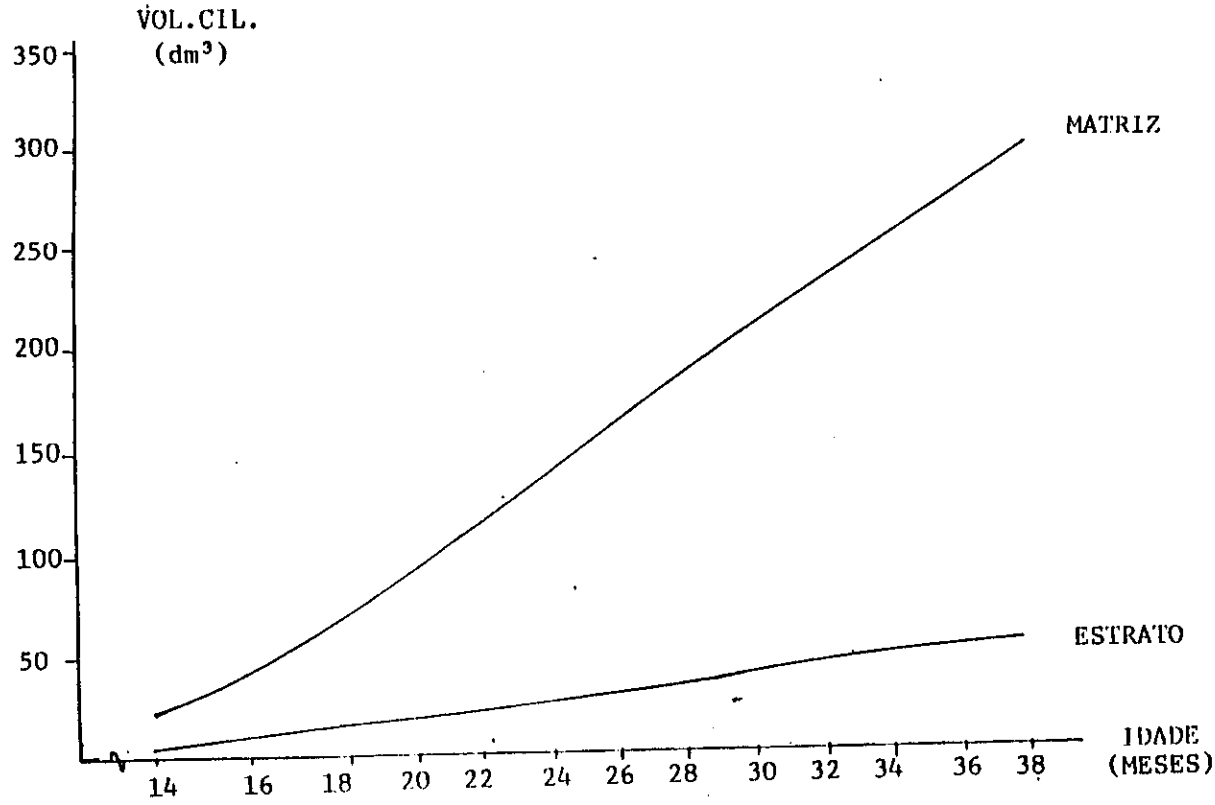


FIGURA 2. Crescimento volumétrico médio de 37 matrizes em relação ao estrato na região de Boa Esperança do Sul - SP.

. Evolução do Crescimento

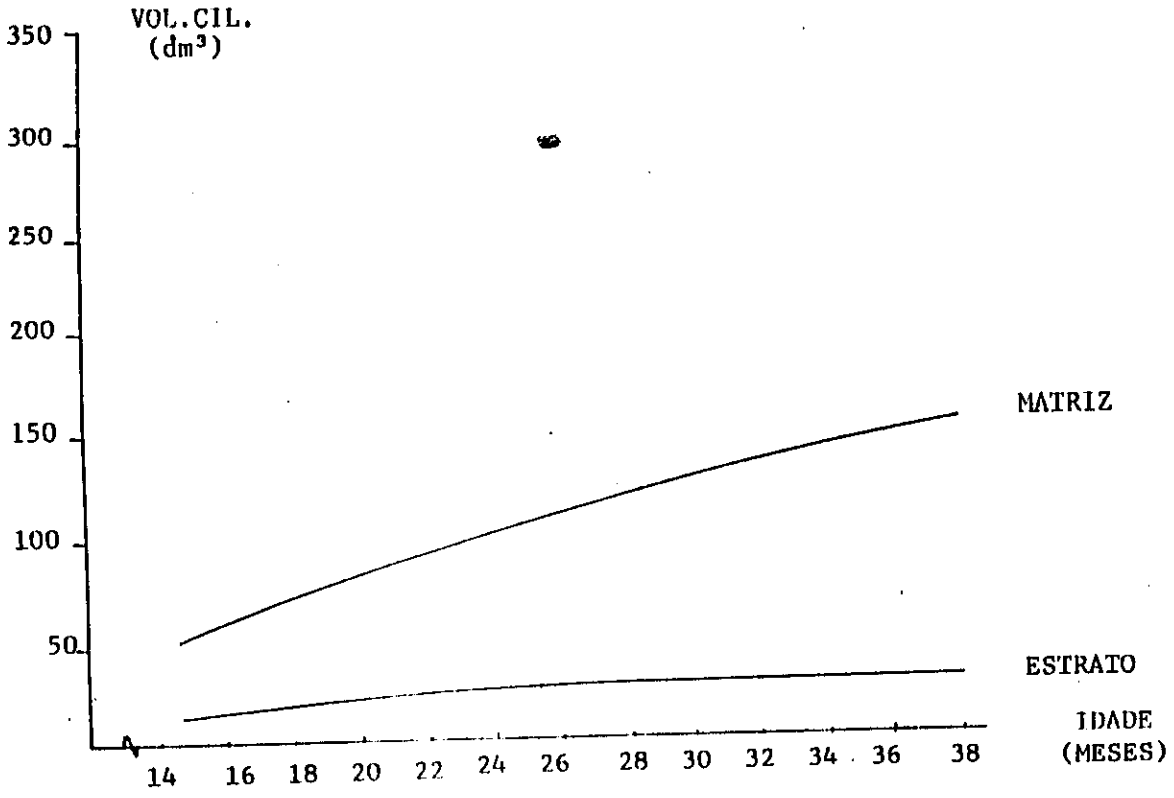
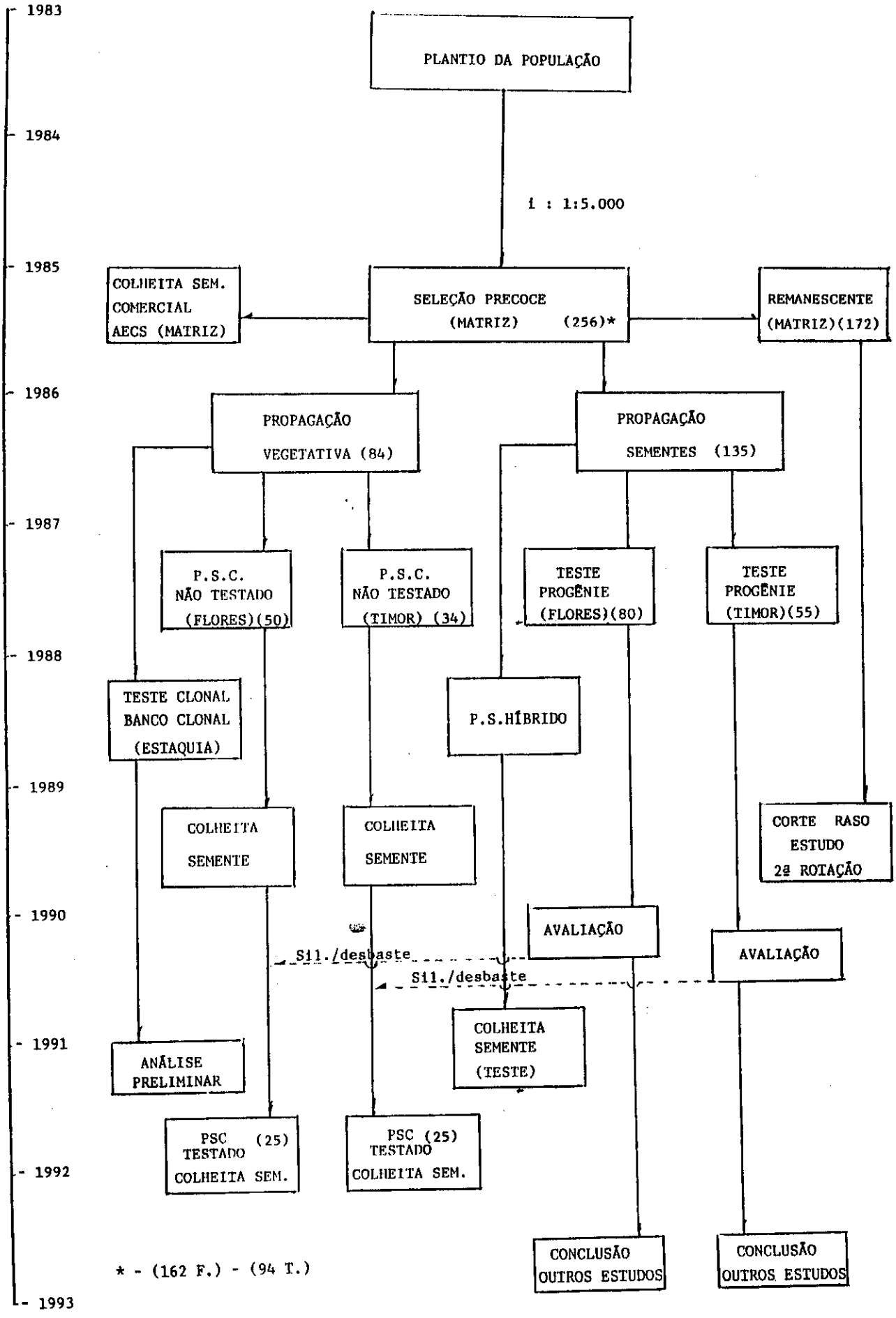


FIGURA 3. Crescimento volumétrico médio de 110 matrizes em relação ao estrato na região de Itirapina - SP.

6.4. Cronograma e Linhas do Programa



7. ESTIMATIVA DE GANHO GENÉTICO

QUADRO 5. Estimativa do ganho genético de diferentes métodos de Melhoramento em função do tempo.

MÉTODO DE MELHORAMENTO		ESTIMATIVA GANHO GENÉTICO (%)										EFICIÊNCIA** GANHO/ANO(%)
		1983*	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
AECS	H			5.56								1.85
	DAP			5.43								1.81
PSC N.TESTADO	H							11.13				1.59
	DAP							10.87				1.55
PSC TESTADO	H										15.48	1.55
	DAP										15.11	1.51

* - Início do plantio da população de melhoramento

** - Eficiência de ganho anual (ex. 5,56 % ÷ 3 anos = 1,85 % ao ano)

Considerando:

AG = 1/2 . CV . h^2 . i (AECS)

AG = CV . h^2 . i (Pomares)

PARÂMETRO	DAP	H	AUTOR
Herdabilidade	0.24	0.36	PINTO JR (1984)
Coef. Variação	0.27	19.1	-
Correlação J x A(%)	81.8	79.0	KAGEYAMA (1983)

Seleção - 1:50 = i = 2.02

- 1:2 = i = 0.80

8. CONCLUSÃO

. Florescimento a partir 2 anos

. Seleção Fenotípica a partir 2 anos

. Redução do Ciclo de Melhoramento

. Método de maior Retorno AECS

Isolation and Characterization of Starch from Bamboo Culm (*Guadua flabellata*)

M. C. F. Toledo, A. Azzini and F. G. R. Reyes, Campinas (Brasil)

Starch was isolated from bamboo culm in 8.5% yield. The starch was characterized by poligonal granules ranging in size from 1 to 12 μm and an amylose content of 24%. The granules were compact, with a density of 1.531 g/cm³. This, probably, reflected in low swelling power and solubility in water and poor solubility in dimethyl sulfoxide (DMSO). Brabender amylogram indicated an initial pasting temperature of 75°C and a high susceptibility to breakdown by thermal and/or mechanical shear.

Isolierung und Charakterisierung der Stärke aus Bambusstengeln (*Guadua flabellata*). Aus Bambusstengeln wurde die Stärke in 8,5%iger Ausbeute isoliert. Die Stärke war durch polygonale Körnchen charakterisiert, deren Größe zwischen 1 und 12 μm lag und deren Amylosegehalt 24% betrug. Bei einer Dichte von 1,531 g/cm³ waren die Körner sehr kompakt. Dies zeigte sich offensichtlich in niedrigem Quellvermögen und niedriger Löslichkeit in Wasser sowie in geringer Löslichkeit in Dimethylsulfoxid (DMSO). Das Brabender-Amylogramm zeigte eine Anfangs-Verkleisterungstemperatur von 75°C sowie eine hohe Empfindlichkeit hinsichtlich des Abbaues durch thermische und/oder mechanische Scherbeanspruchung.

1 Introduction

Even though bamboo (*Guadua flabellata*) has great agricultural possibilities because its perennial habit of growth and high production of biomass per unit of area, it is mainly used as cellulosic raw material, with low level of utilization in comparison with the wood species. This fact is intimately related with the lack of specific knowledge of how to process this giant graminae. The bamboo culm, with 40% of fibrous tissue and 50% of parenchymatous tissue rich in starch, cannot be processed like wood by conventional processes due to the high level of starch in the bamboo chips (20–30)%, which reduces the cellulosic fiber yield and increases the consumption of chemicals during the delignification process. Investigations carried out in the "Instituto Agronômico", Campinas, have demonstrated the possibility of obtaining, from bamboo culm, both starch and cellulosic fiber for papermaking. This combined production introduces a new concept of bamboo utilization that can increase its value as an industrial raw material. The purpose of this study was to isolate bamboo starch and examine its physical and chemical properties.

2 Material and Methods

2.1 Source of starch

A culm of bamboo of the variety *Guadua flabellata*, grown in the "Centro Experimental do Instituto Agronômico", Campinas, SP., Brazil, was used in this study. This variety was obtained using seeds brought from Mexico, where it is known as otate [1].

2.2 Starch isolation

Bamboo chips were desintegrated with cold water (25°C) in a Waring Blendor for approximately 30 s. The mixture was filtered through fine cheese cloth (120 mesh), where the fibrous and proteineous fractions were retained. A few drops of formol were added to the filtrate and the suspension was left overnight for the setting of the starch granules. The extraction procedure was repeated three times. The supernatant was discarded and the precipitate resuspended in water and centrifuged at 1000 · g for 15 min. The settled starch was separated, washed with a minimum amount of ethanol and dried at 50°C for 9 h.

2.3 Determination of soluble sugars, starch and pentosans in the culm

The soluble sugars were extracted from the culm of bamboo, which was previously turned into sawdust, with 80% ethanol and determined colorimetrically as glucose using the method of phenol-sulfuric acid [2]. The residue, free of soluble sugars, was treated with 52% perchloric acid and the starch determined by the method of phenol-sulfuric acid [2] using potato starch as a standard. The amount of pentosans was obtained according to the method described by *Halward* and *Sanchez* [3].

2.4 Chemical analysis of starch

The determination of protein, ash and moisture contents were made according to the AOAC methods [4]. The fat was determined by extracting 10 g of sample with ethyl ether, followed by extraction with methanol in a Soxhlet. The fiber content was determined according to the method of *Van de Kamer* and *Van Ginkel* [5] and the amylose content, according to the method of *McCready* and *Hassid* [6], using purified corn amylose as a reference standard.
Hydrolysis products of starch were obtained by heating 2 g of starch in 2% H_2SO_4 under reflux for 6 h. The sugars were examined by paper chromatography using ethyl acetate, pyridine, water (80:20:10 v/v) as the developing agent. The glucose content of the hydrolysis products was determined using the glucose oxidase method (Merckotest, E. Merck, Darmstadt, Fed. Rep. of Germany).

2.5 Gelatinization temperature range

The gelatinization temperature range of the starch slurries (0.2%) was determined by microscopic observation under polarized light according to the method described by *MacMasters* [7].

2.6 Swelling power and solubility

The swelling power and solubility was determined by the method of *Leach* et al. [8].

 © VCH Verlagsgesellschaft mbH, D-6940 Weinheim, 1987 0039-9056/87/0505-0158$02.50/0

2.7 Solubility in dimethylsulfoxide

A modification of the method of *Leach* and *Schoch* [9], introduced by *Reyes* et al. [10], was used to determine the solubility of bamboo starch in DMSO.

2.8 Absolute density

Absolute density was determined by the xylene displacement method of *Schoch* and *Leach* [11].

2.9 Microscopic examination of the starch granules

A microscopic examination of bamboo starch granules suspended in water was compared with rice starch granules. Both were photographed under normal light with a magnification of 480 x.

2.10 Starch pasting properties

Pasting properties of bamboo starch were investigated using the Brabender amylograph with a cartridge sensitivity of 700 cmg. 45 g (d.b.) or 55 g (d.b.) of starch in 450 ml of water were used. The starch slurry was heated at 1.5°C/min in the amylograph bowl up to 95°C, kept at this temperature for 20 min and then cooled to 50°C.

3 Results and Discussion

The results of the chemical analysis of bamboo culm showed that the variety *G. flabellata* has approximately 27% of polysaccarides determined as starch, 16% of pentosans and 7.8% of soluble sugars.

The water extractable starch averaged 8.5%, which represents 32% of the total starch present in the bamboo culm. The low yield of extraction could be attributed to the fibrous nature of bamboo, that introduced some difficulties in the extraction step. Chemical composition of the isolated bamboo starch is presented in Table 1. By paper chromatography, only glucose was detected in the hydrolysis product of the starch and represented 98.3% of the isolated starch, as determined by the glucose oxidase method. The amylose content of bamboo starch (24%) was similar to cereal starches [12].

Table 1.
Chemical Composition of Bamboo Starch[a]

Component	Composition (%)
Fat	0.51
Protein[b]	0.67
Ash	0.57
Fiber	0.2%
Amylose	24.0
Glucose (hydrolysis)	98.3

[a] Results expressed on dry basis.
[b] N × 6.25.

The starch granules were polygonal, ranging in size from 1 to 12 µm resembling rice starch (Figure 1). The comparatively high absolute density (1.5314 g/cm^3) of bamboo starch indicated a compact starch granule [12, 13].

The swelling and solubility properties of bamboo starch are illustrated in Figure 2. The bamboo starch presented practically no increase in swelling power between 30° and 80°C, and a sharp increase in solubility above 65°C.

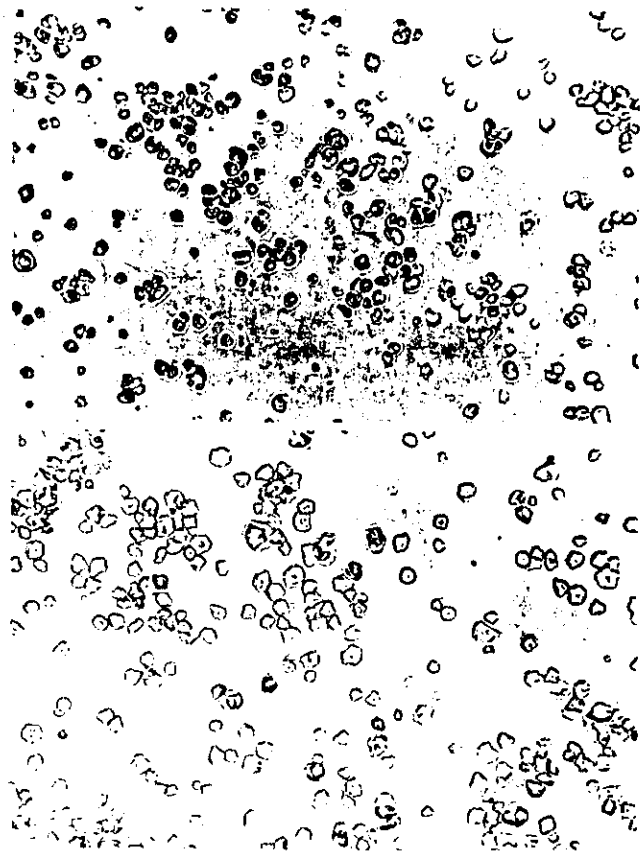


Figure 1. Photomicrographs of: (a) bamboo and (b) rice starch granules. Magnification of 480 x.

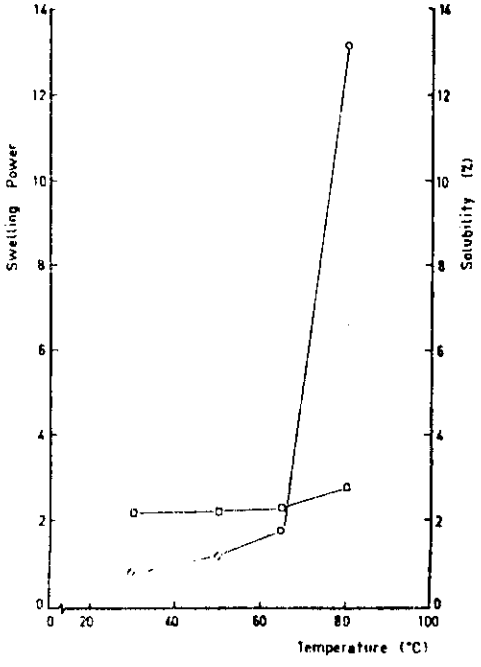


Figure 2. Swelling power (⊡—⊡) and solubility (⊙—⊙) of bamboo starch in water.

Solubilization rates of bamboo and tapioca starches in DMSO are presented in Figure 3. Up to 17 h of digestion, the rate of solubilization of the bamboo starch was lower than tapioca starch. This fact may be attributed to a poor DMSO penetration in the bamboo starch granule due to its high absolute density.

The gelatinization temperature of bamboo starch ranged from 63 to 67°C, which is within the range reported for tapioca starch

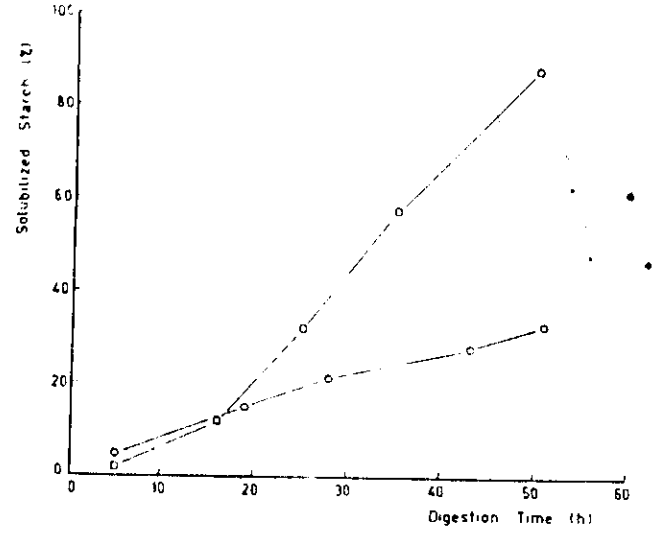


Figure 3. Solubility in dimethylsulfoxide of bamboo (⊙—⊙) and tapioca (⊡—⊡) starches.

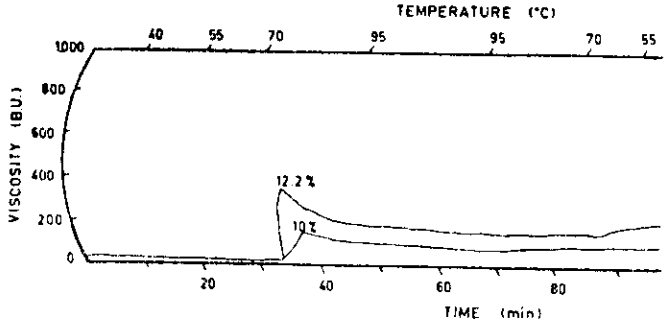


Figure 4. Brabender amylogram of bamboo starch at 10% (w/v) and 12.2% (w/v).

[14]. The viscoamylogram obtained for two concentrations of bamboo starch is presented in Figure 4.

The initial pasting temperature was 75°C and showed no change upon increasing the concentration of the paste up to 12.2%. The swelling was fast at 12.2%, resulting in a sharp increase of the viscosity, indicating the existence of homogeneous association forces maintaining the granule structure. After maximum viscosity was reached, a gradual decrease in viscosity was observed during heating. Viscosity at constant temperature (95°C) showed no change and practically no retrogradation was detected during cooling. It is, therefore, evident that the starch granules were very susceptible to breakdown by thermal and/or mechanical shear, indicating that the bonding forces within the swelled starch granules were very weak.

The results obtained suggest that bamboo starch may find industrial use in products where low retrogradation is desirat and/or as a substitute of rice starch whenever small granule s is desirable.

Bibliography

[1] *Camus, E. G.:* "Les bambuseés – Monographie, Biologie, C ture, Principaux Usages". Paul Lechevalier Ed., Paris, 1913.

[2] *Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Herbers* and *Smith:* "Colorimetric method for determination of sugars a related substances". Anal. Chem. **28**, (1956), 350.

[3] *Halward, A.*, and *Clayrton Sanchez:* "Métodos de ensaios n indústrias de celulose e papel". Editora Brusco, São Paulo, SI 1975.

[4] AOAC 1965 – Official Methods of Analysis, – 10th ed. Associ tion of Official Agricultural Chemists, Washington, D. C.

[5] *Van de Kamer, J. H.*, and *L. Van Ginkel:* "Rapid determination fiber in cereals". Cereal Chem., **29** (1952), 239.

[6] *McCready, E. M.*, and *W. Z. Hassid:* "The separation a quantitative estimation of amylose and amylopectin in pota starch". J. Amer. Chem. Soc. **65** (1943), 1154.

[7] *Mac Masters, M. M.:* "Microscopic techniques for determinin starch granule properties". In: Methods in Carbohydrate Chem stry, Whistler, R. L. Ed., Vol. IV, Academic Press, New York, N Y., 1964.

[8] *Leach, H. W., L. D. McCowen* and *T. J. Schoch:* "Structure of th starch granule. I – Swelling and solubility of various starches" Cereal Chem. **36** (1959), 534.

[9] *Leach, H. W.*, and *T. J. Schoch:* "Structure of starch granule: II Solubilities of granular starches in dimethyl sulfoxide". Cerea Chem. **39** (1962), 318.

[10] *Reyes, F. G. R., B. L. D'Appolonia, C. F. Ciacco* and *M. W Montgomery:* "Characterization of starch from ginger root (*Zingi ber officinale*)". Starch/Stärke **34** (1982), 40.

[11] *Schoch, T. J.*, and *H. W. Leach:* "Determination of absolut density". In: Methods in Carbohydrate Chemistry, Whistler, R. L Ed., Vol. IV, Academic Press, New York, N. Y., 1964.

[12] *Medcalf, D. G.*, and *K. A. Gilles:* "Wheat starches: I – Compari son of physicochemical properties". Cereal Chem. **42** (1965), 558

[13] *Ciacco, C. F.*, and *B. L. D'Appolonia:* "Characterization o starches from various tubers and their use in bread baking". Cerea Chem. **54** (1977), 1096.

[14] *Leach, H. W.:* "Gelatinization of Starch". In: Starch, chemistry and technology", Vol. I, Whistler, R. L., and E. F. Paschall Ed., Academic Press, New York, N. Y., 1965.

Addresses of authors: Prof. Dr. *Maria Cecilia Figueiredo Toledo* and Prof. Dr. *Felix Guillermo Reyes Reyes*, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, C. P. 6121, 13081 Campinas, SP., Brasil; *Anisio Azzini*, Instituto Agronômico, C. P. 28, 13100 Campinas, SP., Brasil.

(Received: November 11, 1986).

PRODUÇÃO CONJUNTA DE FIBRAS CELULÓSICAS E ETANOL A PARTIR DO BAMBU (1)

ANISIO AZZINI (2, 5), MARIA CARLA QUEIROZ DE ARRUDA (2, 3),
DIRCEU CIARAMELLO (2), ANTÔNIO LUIZ DE BARROS SALGADO (2)
e MÁRIO TOMAZELLO FILHO (4)

RESUMO

No presente estudo com *Bambusa vulgaris* Schrad., procurou-se desenvolver um novo processo de utilização do bambu, visando à produção conjunta de etanol e fibras celulósicas para papel. Os rendimentos em fibras celulósicas e etanol foram obtidos em função da idade do colmo (1, 3 e 5 anos) e região de amostragem em cada colmo (base, meio e ponta). Esses rendimentos, bem como outros relacionados com a fração fibrosa, glicose e amido, foram determinados com solução diluída de ácido sulfúrico. A densidade básica dos colmos foi determinada em cavacos antes do seu tratamento. Pelos resultados obtidos, é tecnicamente possível a produção conjunta de etanol e fibras celulósicas a partir do bambu. Os rendimentos em fibras celulósicas (46,85 a 56,04%) e etanol (12,77 a 14,79 litros/100 kg de cavacos) foram mais elevados nas regiões mediana e ponta dos colmos mais velhos. Essa mesma tendência foi observada para a glicose (teores de 22,80 a 26,41%) e amido hidrolisado (18,99 a 24,27%). O rendimento em fibras brutas ou fração fibrosa (69,35 a 76,35%) foi mais elevado nos cavacos provenientes dos colmos mais novos. A densidade básica dos cavacos não

(1) Recebido para publicação em 19 de junho de 1986.

(2) Seção de Plantas Fibrosas, Instituto Agronômico (IAC), Caixa Postal 28, 13001 Campinas (SP).

(3) Bolsista da FAPESP.

(4) Departamento de Silvicultura, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Caixa Postal 09, 13400 Piracicaba (SP).

(5) Com bolsa de suplementação do CNPq.

variou em função da idade do colmo (0,573 a 0,628 g/cm³), mas em função da região de amostragem (0,518 a 0,683 g/cm³), sendo mais densos os cavacos das regiões mediana e ponta dos colmos.

Termos de Indexação: bambu, *Bambusa vulgaris* Schrad., densidade básica, fibras celulósicas, amido, etanol.

1. INTRODUÇÃO

Vários trabalhos de pesquisa na literatura especializada têm ressaltado as grandes possibilidades do bambu como matéria-prima celulósica para papel de fibras longas. Os aspectos favoráveis na utilização do bambu estão relacionados, principalmente, com suas características agronômicas, aliadas ao elevado comprimento de suas fibras celulósicas (1,65 a 3,43 mm), que ocupam uma posição intermediária entre as fibras do *Eucaliptus* spp. (1,0 mm) e as do *Pinus* spp. (3,5 mm).

Por ser uma espécie de rápido crescimento, com elevados níveis de produção agrícola, mesmo em condições adversas de clima e solo, o bambu vem despertando o interesse do setor de celulose e papel localizado no Nordeste, principalmente nos Estados de Pernambuco, Paraíba, Piauí, Maranhão e Bahia, onde a área reflorestada com bambu ultrapassa 40.000 hectares. Apesar da grande potencialidade agrícola do bambu, deve-se ressaltar que seu baixo nível de emprego como matéria-prima celulósica está intimamente ligado à falta de conhecimentos tecnológicos específicos, desde as atividades relacionadas com a produção de biomassa até o processamento industrial de obtenção de fibras celulósicas e manufatura do papel.

O colmo de bambu, com 40% de tecido fibroso e 50% de tecido parenquimatoso rico em amido, não deve ser processado convencionalmente na forma de cavacos, à semelhança das espécies arbóreas (madeiras): a elevada concentração de amido nos cavacos (20 a 35%) contribui para reduzir o rendimento de conversão em fibras celulósicas e elevar o consumo de reagentes químicos durante a deslignificação. Além disso, os açúcares (glicose) provenientes do desdobramento do amido são acumulados no licor negro após a deslignificação, elevando sobremaneira sua densidade e viscosidade e dificultando muito sua movimentação nas várias etapas do processamento. Por essas razões, principalmente, o aproveitamento do amido antes da deslignificação dos cavacos é de fundamental importância para uma otimização na produção de fibras celulósicas a partir do bambu.

O objetivo do presente estudo foi determinar os rendimentos em fibras celulósicas e etanol, obtidos após o tratamento dos cavacos desfibrados de bambu com solução diluída (1,0%) de ácido sulfúrico, tendo em vista o desenvolvimento de novo processo de utilização do bambu. Além desses rendimentos, efetuaram-se outras determinações, como densidade básica dos cavacos, fração fibrosa, glicose e amido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo, optou-se pela espécie *Bambusa vulgaris* Schrad., por ser a mais empregada em programas de reflorestamento com bambu, visando à produção de fibras celulósicas para papel. Coletaram-se nove colmos com idades de 1, 3 e 5 anos, da coleção de espécies mantida pela Seção de Plantas Fibrosas no Centro Experimental de Campinas.

No laboratório, as amostras provenientes das diferentes regiões de cada colmo (base, meio e ponta) foram transformadas em cavacos, com o auxílio de um picador semi-industrial específico para bambu. O material picado, de acordo com a idade e região do colmo, foi previamente selecionado, considerando apenas os cavacos oriundos dos internódios do colmo. A amostragem para a execução do presente estudo foi obtida a partir desses cavacos selecionados e homogêneos quanto à espessura da parede do colmo. O método para a determinação da densidade básica e as condições de tratamento dos cavacos para as determinações da fração fibrosa, fibras celulósicas, glicose, amido e etanol serão expostos a seguir.

2.1. Densidade básica

A densidade básica dos cavacos foi determinada pelo método do máximo teor de umidade, conforme FOELKEL et al. (1971).

2.2 Condições de hidrólise do amido existente nos cavacos de bambu e sua determinação

As diferentes amostras de cavacos de bambu, após o desfibramento axial até dimensões próximas de 3 cm de comprimento e 2 mm de espessura, foram submetidas a um tratamento com ácido sulfúrico diluído, com a finalidade de hidrolisar ou desdobrar em glicose o amido presente nos cavacos de bambu, preservando suas frações fibrosas para converter em fibras celulósicas. As condições desse tratamento com relação à concentração do ácido sulfúrico (1,0% base volume), tempo de reação sob refluxo em chapa de aquecimento (120 minutos) e relação entre o peso seco da amostra e o volume da solução (1:30) foram estabelecidas mediante estudos preliminares, onde se procurou preservar ao máximo a integridade física dos cavacos desfibrados.

Após o tratamento dos cavacos desfibrados com solução diluída de ácido sulfúrico, determinou-se na fração hidrolisada a concentração de glicose, que inclui a glicose proveniente do desdobramento do amido e os açúcares (glicose)

existentes nos cavacos antes do tratamento ácido. Esses açúcares foram dosados como glicose através de uma prova em branco, substituindo-se a solução diluída de ácido pela água destilada.

O teor de amido foi calculado em função da concentração de glicose proveniente da hidrólise do amido, após o tratamento dos cavacos (amido hidrolisado) e da serragem (amido no colmo), conforme metodologia adaptada por AZZINI & ARRUDA (1986).

2.3. Rendimento em etanol

O rendimento em etanol (litros/100 kg de cavacos) foi obtido por cálculo, multiplicando-se a concentração de glicose fermentescível pelo fator de conversão de glicose para etanol (0,56). Esse fator foi obtido considerando os níveis normais de fermentação (90%), destilação (95%), densidade do etanol a 25°C (0,785 g/cm³) e dos pesos moleculares da glicose (180 g) e etanol (46 g).

2.4. Rendimento da fração fibrosa e fibras celulósicas

Após o tratamento dos cavacos desfibrados com solução diluída de ácido sulfúrico, as frações fibrosas resultantes foram lavadas sobre peneira de malha fina para retirar o excesso da solução ácida. A seguir, foram secas em estufa a 105 ± 3°C até peso constante. O rendimento da fração fibrosa ou fibras brutas foi calculado pela relação porcentual entre seu peso seco e o peso seco da amostra inicial de cavacos desfibrados.

As fibras celulósicas de interesse à manufatura de papel foram obtidas a partir das frações fibrosas após a deslignificação ácida e básica. Na ácida, as amostras foram tratadas com solução composta de ácido acético glacial (50%), água oxigenada (40%) e água destilada (10%). O tratamento alcalino foi com solução de hidróxido de sódio a 5% de concentração. Ambos os tratamentos foram, mantidos em banho-maria até completa individualização das fibras celulósicas e outros elementos anatômicos. A seguir, as fibras celulósicas foram lavadas sobre peneira de malha fina (120 mesh) e secas em estufa a 105 ± 3°C até peso constante. A relação percentual entre o peso seco das fibras celulósicas e o peso seco da amostra inicial de cavacos desfibrados forneceu o rendimento em fibras celulósicas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade básica dos cavacos de bambu e os rendimentos das frações fibrosas e fibras celulósicas em função da idade (1, 3 e 5 anos) e regiões do colmo (base, meio e ponta), são apresentados, respectivamente, nos quadros 1 e 2.

QUADRO 1. Densidade básica do colmo e rendimentos da fração fibrosa e fibras celulósicas em função da idade do colmo de bambu. Médias de cinco repetições

Determinações (1)	Idade do colmo			Teste F	Tukey (5%)	C.V. (%)
	1 ano	3 anos	5 anos			
Densidade básica (g/cm³)	0,573	0,628	0,619	1,96 ns	-	13,16
Fração fibrosa (%)	76,13 a	75,84 a	69,35 b	11,04**	3,95	6,64
Fibras celulósicas:						
– deslignificação ácida (%)	50,73 a	48,32 b	48,89 b	19,39**	2,18	5,48
– deslignificação básica (%)	55,16	54,09	53,80	1,59 ns	-	4,43

(1) Valores relacionados com o peso seco inicial da amostra.
(**) Significativo ao nível de 1%.

QUADRO 2. Densidade básica do colmo e rendimentos da fração fibrosa e fibras celulósicas em diferentes regiões do colmo de bambu. Médias de cinco repetições

Determinações (1)	Regiões do colmo			Teste F	Tukey (5%)	C.V. (%)
	Base	Meio	Ponta			
Densidade básica (g/cm³)	0,518 c	0,619 b	0,683 a	47,34**	0,041	7,63
Fração fibrosa (%)	76,35 a	72,81 a	72,16 a	2,97 ns	-	7,52
Fibras celulósicas:						
– deslignificação ácida (%)	51,26 a	49,86 a	46,85 b	19,39**	1,76	4,44
– deslignificação básica (%)	56,04 a	54,44 a	52,57 b	13,41**	1,62	3,70

(1) Valores relacionados com o peso seco inicial da amostra.

A densidade básica dos cavacos não variou significativamente em função da idade do colmo (0,573 a 0,628 g/cm^3); os colmos de *B. vulgaris* completaram sua maturidade fisiológica a partir de um ano de idade, principalmente com relação à lignificação e desenvolvimento em altura. Esses dados coincidem com os de ITOH & SHIMAJI (1981), que constataram que a lignificação dos colmos de bambu se processa gradativamente com seu crescimento axial até o aparecimento das folhas, quando atinge o nível máximo. A partir daí, a lignificação dos tecidos não se altera com a idade do colmo. Para a espécie *B. vulgaris*, o desenvolvimento em altura dos colmos se completa em aproximadamente seis meses, aparecendo a seguir as ramificações laterais e folhas. Seu ciclo vegetativo é de sete anos, ao fim dos quais perdem a coloração esverdeada, secam e gradativamente se deterioram.

Quanto às regiões do colmo (base, meio e ponta), a densidade básica dos cavacos variou de 0,518 a 0,683 g/cm^3, sendo os maiores dados obtidos nas regiões mediana e ponta do colmo. Esses valores são semelhantes àqueles obtidos com o eucalipto (0,530 g/cm^3) e superiores aos do pínus (0,412 g/cm^3), conforme BARRICHELLO & BRITO (1976).

As frações fibrosas ou fibras brutas obtidas após a hidrólise do amido existente nos cavacos variaram com a idade dos colmos de 69,35 a 76,13% (Quadro 1), sendo os menores valores obtidos em colmos com 5 anos de idade. Para as diferentes regiões do colmo, não houve diferenças significativas entre os rendimentos da fração fibrosa (72,16 a 76,35%) (Quadro 2). Esses dados ressaltam que o tratamento dos cavacos com solução diluída (1,0%) de ácido sulfúrico apenas desdobrou o amido em glicose, não lhes alterando a aparência física. Após esse tratamento, observou-se apenas um leve escurecimento dos cavacos.

Os rendimentos em fibras celulósicas foram quantificados após a deslignificação ácida e alcalina das frações fibrosas. No tratamento ácido, onde o nível de lignina residual nas fibras celulósicas foi praticamente nulo, os rendimentos, tanto em função da idade como da região do colmo, variaram de 46,85 a 51,26% (Quadros 1 e 2), sendo os menores valores obtidos nas extremidades dos colmos com 5 anos de idade. Na deslignificação básica, os rendimentos foram ligeiramente superiores aos do tratamento ácido (52,57 a 56,04%), com a mesma tendência de menor quantidade de fibras celulósicas nas extremidades dos colmos.

Nos quadros 3 e 4, encontram-se os teores médios de glicose, amido e etanol, obtidos após o tratamento dos cavacos com solução diluída de ácido sulfúrico. A concentração de glicose na fração hidrolisada após a sacarificação do amido pela solução ácida diluída variou em função da região (22,80 a 25,58%) e idade do colmo (23,36 a 26,41%), sendo os valores mais elevados obtidos nas extremidades dos colmos com 5 anos de idade. Nessas determinações estão incluídos os açúcares (dosados como glicose) existentes nos cavacos desfibrados antes do tratamento com ácido diluído. A concentração desses açúcares foi de 1,66 a 1,70% e de 1,52 a 1,80% respectivamente, em função das diferentes regiões e idades dos colmos.

QUADRO 3. Teores de glicose, amido e etanol em função da idade do colmo de bambu. Médias de três repetições

Determinações (1)	Idade do colmo			Teste F	Tukey (5%)	C.V. (%)
	1 ano	3 anos	5 anos			
Glicose nos cavacos (%)	1,52	1,80	1,65	2,05 ns	-	17,41
Glicose na fração hidrolisada (%)	23,36 b	25,54 ab	26,41 a	3,55*	2,85	14,10
Amido hidrolisado (%)	19,65 a	21,03 a	22,29 a	1,37 ns	-	16,07
Amido no colmo (%)	25,48	25,92	26,01	0,06 ns	-	13,16
Etanol (litros/100 kg de cavacos) (2)	13,08 b	14,03 ab	14,79 a	3,54*	2,85	14,10

(1) Valores relacionados com o peso seco inicial da amostra.
(2) Valores obtidos por cálculo.
(*) Significativo ao nível de 5%.

Os teores de amido hidrolisado ou desdobrado após o tratamento dos cavacos variaram com a idade (19,65 a 22,29%) e região do colmo (18,99 a 24,27%), sendo os mais elevados fornecidos pela ponta dos colmos com 5 anos de idade. Com esse tratamento à base de ácido sulfúrico diluído a 1% de concentração, foi possível eliminar de 83 a 85% do amido existente nos cavacos de bambu. A concentração de amido observada nos cavacos antes do tratamento ácido foi de 25,48 a 26,01% em função da idade e de 22,80 a 28,51% em função da região do colmo. Esses dados revelam que o amido no colmo não foi influenciado pela idade, mas pela região de amostragem, sendo a região basal a que apresentou a menor concentração de amido.

Quanto ao rendimento em etanol, os resultados variaram em função da idade do colmo (13,08 a 14,79 litros/100 kg de cavacos) e região de amostragem (12,77 a 14,32 litros/100 kg de cavacos). Esses rendimentos alcoólicos, em conjunto com os rendimentos em fibras celulósicas (46,85 a 56,04%), evidenciaram a grande potencialidade do bambu como matéria-prima industrial para a produção conjunta de energia e fibras celulósicas para papel. Esse novo processo de utilização do bambu é mais competitivo que o processo convencional na forma de cavacos, cujos rendimentos em fibras celulósicas variaram de 37 a 42%, con-

QUADRO 4. Teores de glicose, amido e etanol obtidos em diferentes regiões do colmo de bambu. Médias de três repetições

Determinações (1)	Região do colmo			Teste F	Tukey (5%)	C.V. (%)
	Base	Meio	Ponta			
Glicose nos cavacos (%)	1,70	1,66	1,66	0,21 ns	-	18,67
Glicose na fração hidrolisada (%)	22,80 b	24,93 ab	25,58 a	22,15**	2,23	11,01
Amido hidrolisado (%)	18,99 b	19,71 b	24,27 a	11,34**	3,01	12,16
Amido no colmo (%)	22,80 b	26,10 a	28,51 a	13,64**	2,74	9,02
Etanol (litros/100 kg de cavacos)	12,77 b	13,40 ab	14,32 a	22,15**	2,23	11,01

(1) Valores relacionados com o peso seco inicial da amostra.
(**) Significativo ao nível de 1%.

4. CONCLUSÕES

1) A densidade básica dos cavacos de *Bambusa vulgaris* Schrad. não variou em função da idade do colmo (0,573 a 0,628 g/cm^3), mas em função da região de amostragem no colmo (0,518 a 0,683 g/cm^3), sendo os cavacos mais densos aqueles provenientes da região mediana e ponta dos colmos;

2) Os rendimentos da fração fibrosa (69,35 a 76,35%) e fibras celulósicas (46,85 a 56,04%) foram mais elevados na região basal e mediana dos colmos mais novos, principalmente com relação à deslignificação ácida, cujo nível de lignina residual nas fibras foi praticamente nulo;

3) Os teores de glicose (22,80 a 26,41%), amido (18,99 a 24,27%) e etanol (12,77 a 14,79 litros/100 kg de cavacos), foram mais elevados em cavacos das extremidades dos colmos;

4) O tratamento dos cavacos desfibrados com solução diluída de ácido sulfúrico (1,0% de concentração base volume) não alterou o aspecto físico dos cavacos, tornando-os apenas [illegible]

possível retirar de 83 a 85% do amido existente nos cavacos de bambu, permanecendo a fração fibrosa dos cavacos praticamente inalterada;

5) Com a execução do presente estudo, demonstrou-se a viabilidade técnica de um novo processo de utilização do bambu, tendo em vista a produção conjunta de etanol e fibras celulósicas para papel.

SUMMARY

COMBINED PRODUCTION OF CELLULOSIC FIBERS AND ETHANOL FROM BAMBOO CULM

In this study with *Bambusa vulgaris* Schrad, a new process of bamboo utilization was established to produce cellulosic fibers for papermaking and ethanol. The yields of ethanol and cellulosic fibers were determined in function of culm age (1, 3 and 5 years) and portion of sampling in each culm (base, middle and top). The yields of cellulosic fibers, ethanol and compounds like glucose and starch were determined in shreddered chips after treatment with diluted sulphuric acid solution. The combined production of ethanol and cellulosic fibers was feasible technically. The yields of cellulosic fibers varied from 46.85 to 56.04% and ethanol from 12,77 to 14.79 liters/ /100 kg of chips. They were higher in the middle and top portions of the older culms. This trend was the same for glucose (22.80 to 26.41%) and starch (18.99 to 24.27%) contents. The fibrous fraction yield (69.35 to 76.35%) was higher in younger culms. The basic density of bamboo chips didn't vary in function of the culm age (0.573 to 0.628 g/cm^3) but with the portion of sampling (0.518 to 0.683 g/cm^3). The denser chips came from the middle and top portions of bamboo culms.

Index terms: bamboo, *Bambusa vulgaris* Schrad.; basic density, cellulosic fibers, starch, ethanol.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZZINI, A. & ARRUDA, M.C.Q. Sacarificação da serragem de bambu visando ao estabelecimento de um método de determinação de amido. Bragantia, Campinas, **45**(1): 15-22, 1986.

——— & QUEIROZ, M.C. Método de determinação de açúcares aldeídicos a partir do amido de bambu. Bragantia, Campinas **44**(1):411-416, 1985.

BARRICHELLO, L.E.G. & BRITO, J.O. Potencialidade de espécies tropicais de eucalipto para produção de celulose sulfato branqueada. IPEF, Piracicaba, n.13:9-37, 1976.

FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M. & BARRICHELLO, L.E.G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para confferas e folhosas. IPEF, Piracicaba, n.2/3:65-74, 1971.

ITOH, T. & SHIMAJI, K. Lignification of bamboo culm (*Phyllostachys pubescens*) during its growth and maturation. In: CONGRESSO INTERNATIONAL UNION OF FORESTRY

SEMINÁRIO - MATÉRIAS-PRIMAS FIBROSAS PARA A INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL

SISTEMAS OPERACIONAIS PARA EXTRAÇÃO DE MADEIRA

ARNALDO SALMERON
Engenheiro Florestal
Gerente de Exploração Abastecimento
RIPASA S/A CELULOSE E PAPEL

Agosto/88

I - INTRODUÇÃO

Desde o início da atividade florestal em escala comercial no Brasil, objetivando a produção de madeira, as técnicas silviculturais para formação e manejo das florestas sofreram notável progresso, o que proporcionou a silvicultura brasileira alcançar um lugar de destaque no cenário mundial. Esse rápido desenvolvimento deveu-se a diversos fatores, dentre os quais podemos citar :

a) Necessidade em se desenvolver tecnologia para implantação de florestas de eucalyptus e pinus em condições brasileiras.

b) Orientação das escolas para formação de técnicos voltados à implantação e manejo florestal.

c) Notável apoio dado pela pesquisa para o estabelecimento de novas técnicas de formação e manejo florestal, apoio esse de grande importância atual e futura para o desenvolvimento do setor. Considere-se aqui a importância dos Institutos de Pesquisas e também, das estruturas das próprias empresas voltadas exclusivamente para investigação e desenvolvimento.
Se por um lado a implantação teve esse avanço, o ramo de atividade florestal voltado para a exploração e o abastecimento industrial não teve o mesmo tratamento por razões das quais pode-se citar:

. Falta de técnicos formados objetivamente para essa atividade.

. Disponibilidade de mão-de-obra farta e de baixo custo, que permitiu a realização dos programas de abastecimento com certa facilidade. Além do mais, boa parte desse potencial de trabalho vem através de empreiteiros pouco preocupados em estabelecer técnicas de alta produtividade, de modo a promover a racionalização e melhor aproveitamento dessa mão-de-obra.

. Avaliação dos sistemas mecanizados sempre comparados com sistemas manuais, tornando aqueles na maior parte dos casos, pouco viáveis. Nesse tipo de avaliação é frequente que o sistema mecanizado não tenha ainda, atingido seu grau máximo de eficiência

ência, pois o tempo para estabilização de um sitema é longo e necessita de contínuo desenvolvimento.

. Falta de sensibilidade das indústrias quanto a necessidade de tecnificação da exploração, julgando-a sempre uma atividade marginal passível de ser realizada com pessoal prático, presas a conceitos arcaicos e baseados em técnicas de exploração madeireira bastante empíricas.

. Frotas moto-mecanizadas frequentemente pouco assistidas, nunca permitindo a sua máxima utilização, operando em condições precárias e com níveis de eficiência bastante abaixo dos exigidos, levando os custos das operações mecanizadas a valores sempre superiores àqueles praticados manualmente para a mesma operação.

Historicamente a exploração e o transporte da madeira sempre tiveram uma participação mais significativa no custo da madeira posta fábrica, e ultimamente a participação do transporte aumentou de forma considerável, como mostra o quadro a seguir :

Participação Percentual dos Custos de Madeira Posta fábrica (Estado de São Paulo):

COMPONENTES	PARTICIPAÇÃO % NO CUSTO TOTAL
Madeira	20 - 25%
Exploração	22 - 25%
Transporte	58 - 50%
TOTAL	100%

Portanto, fica bastante evidente a necessidade de se investir maciçamente no desenvolvimento dessas etapas que além de proporcionarem reflexos a curto prazo, podem reduzir significativamente os custos

da matéria-prima.

Face ao exposto, e em consideração a evolução apresentada nos quadros de custos das empresas, **temos a certeza que o setor florestal nos próximos anos, desenvolver-se-á principalmente, na área de transporte e exploração madeireira, com o objetivo de aumentar a viabilidade desse importante segmento da economia nacional.**

Em função dessas considerações, procuraremos apontar as variáveis que influem no processo de abastecimento, assim como a importância da participação do profissional da área florestal à frente desses programas.

2 - EVOLUÇÃO DOS CUSTOS DE MADEIRA

A tendência dos custos de produção de madeira é crescente. Para o período de 1970 a 1987, os preços de madeira no Estado de São Paulo, aumentaram de US$ 7 para US$ 30/m³ s/c. (Fonte - Jaakko Pöyry Engenharia).

Embora, no momento atual, devido a situação econômica do país, a pressão de demanda sobre o produto madeira não seja elevada, seguramente é uma situação de transição que deve perdurar por pouco tempo, pois os fatos mostram outra realidade. A escassez de madeira e aumentos frequentes de preços deverão ocorrer pelos seguintes fatores:

a) Aumento projetado das indústrias de celulose e papel, evidenciado no 2º EMPAPEL, onde são previstos a aplicação do US$ 6 bilhões para aumento da capacidade produtiva, elevando o consumo de madeira de 22.000.000 st em 1987, para 38.000.000 st/ano em 1995.

b) A demanda de madeira para fins energéticos deve continuar elevada.

c) Término dos incentivos fiscais para reflorestamento, acarretando maiores custos de produção de madeira própria.

d) Ocupação da área reflorestada para outros usos, aumentando o preço da terra.

e) Falta de sensibilidade tanto do governo, como das empresas florestais, quanto a uma política adequada de reflorestamento. A expansão das indústrias já é fato concreto, porém, a base florestal para tal expansão é ainda uma dúvida.

f) Os custos de exploração devem crescer em função das exigências impostas pela Nova Constituição à mão-de-obra rural.

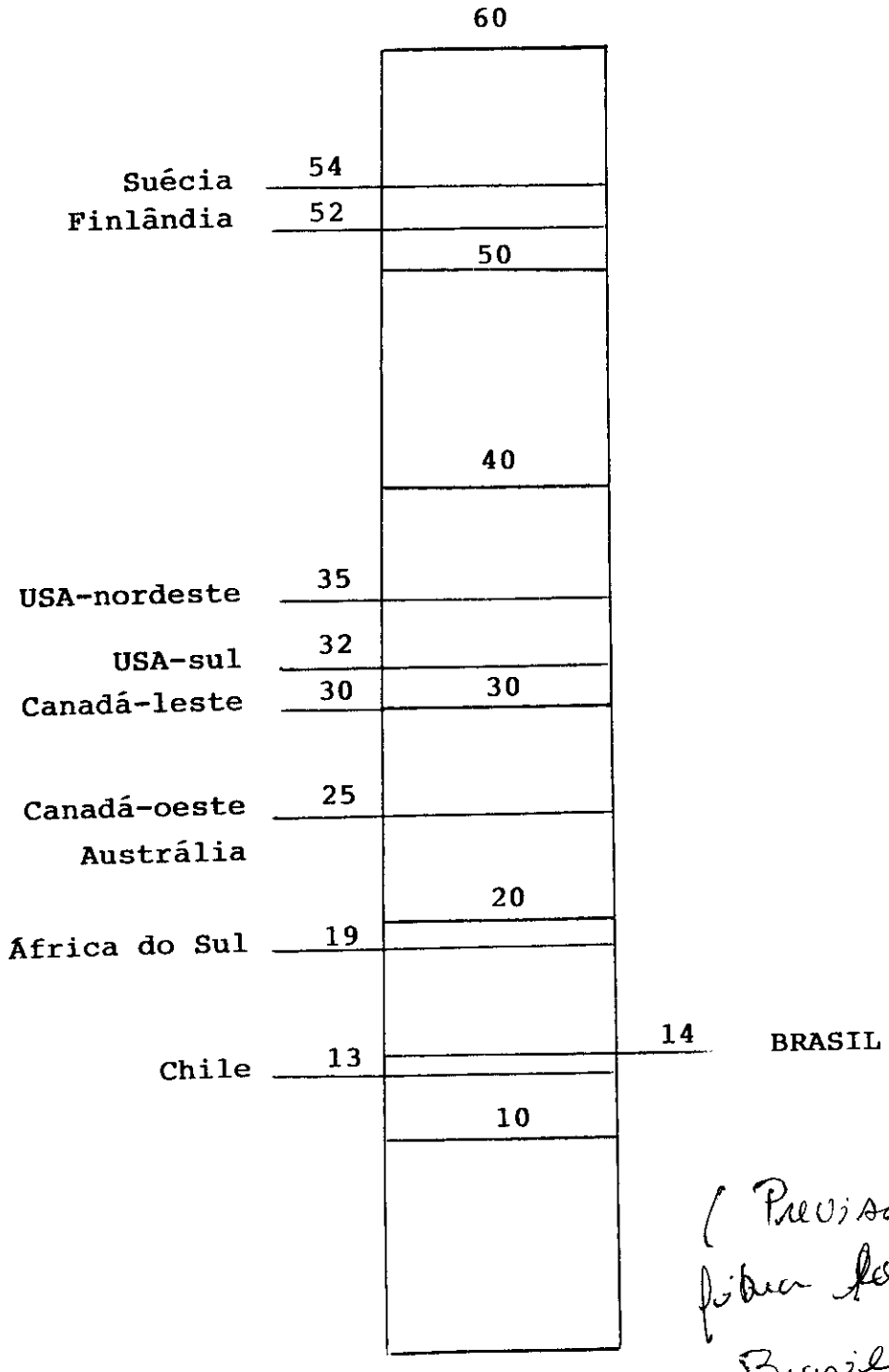
g) Os custos de transporte tendem a crescer com o aumento constante dos combustíveis, e principalmente, em função do aumento das distâncias médias de transporte.

Todos estes fatores constituem reais ameaças à competitividade de custo da indústria de celulose e papel a base de Eucalyptus, notadamente para o Estado de São Paulo.

No contexto mundial, a posição brasileira quanto aos custos de matéria-prima é mostrada nos seguintes quadros :

Quadro I - Custos de Madeira Posta Fábrica

Madeira Fibra Longa - US$/m³ s/c



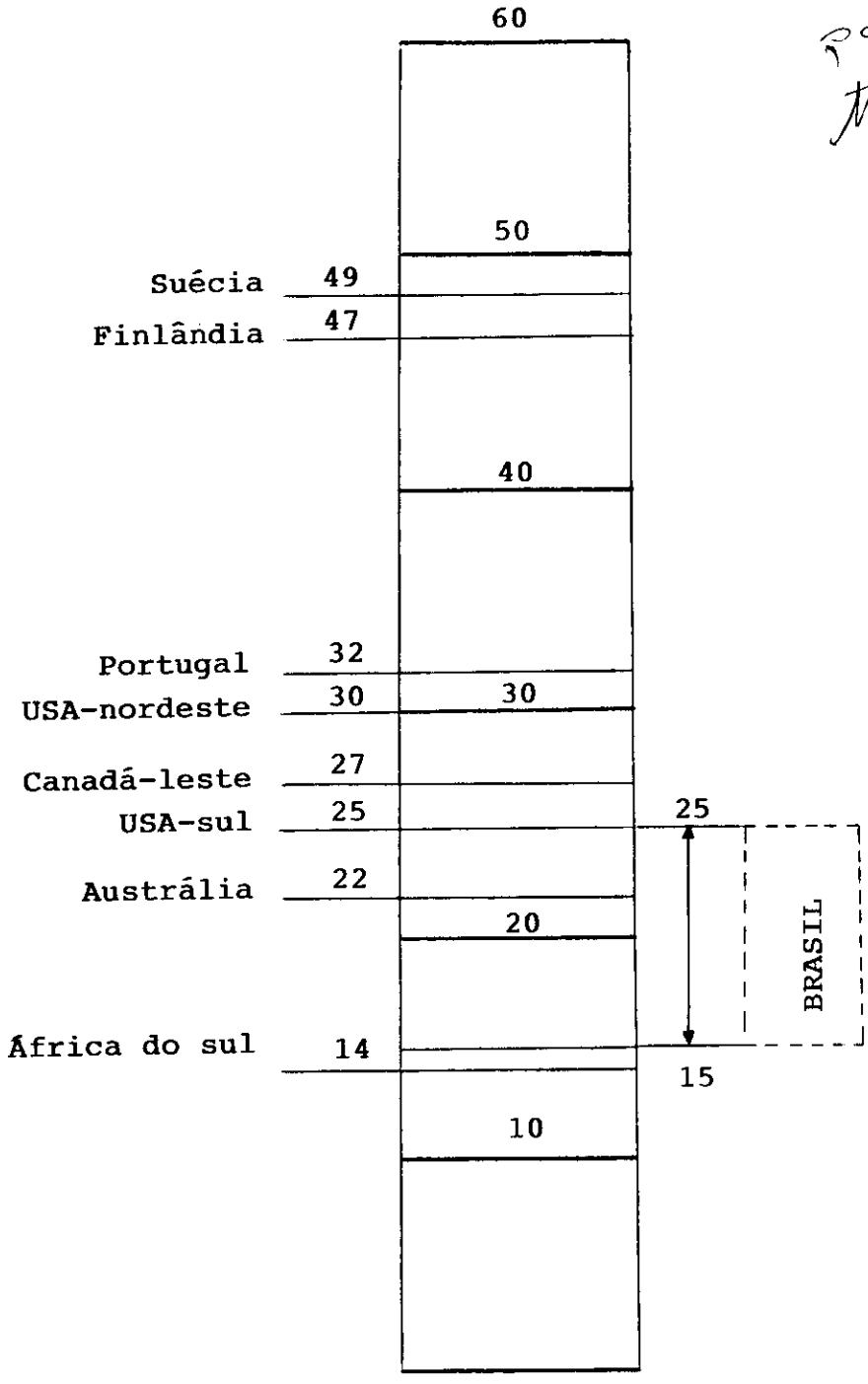
(Previsão a madeira de fibra longa vá decrescer). Brasil bem competitivo, com

Fonte: Jaakko Pöyry Engenharia

Quadro II - Custos de Madeira Posta Fábrica

Madeira Fibra Curta - US$/m³ s/c

Previsão
Brasil deverá ser o 1º mercado de fibra curta produzido até se transformar em importador



Fonte: Jaakko Pöyry Engenharia

A análise destes quadros permite concluir que em termos de fibra longa, a posição brasileira é de alta competitividade, quanto ao custo da madeira colocada na indústria. Porém, em termos de fibra curta, os níveis de custo praticados no Brasil, já têm vários concorrentes.

Trabalho conduzido pela Jaakko Pöyry conclue que se o custo da madeira posta fábrica atingir US$ 30 - 35/m³ s/c, o Brasil terá perdido a sua competitividade, ganhando apenas dos paises escandinavos.

Portanto, é fundamental que as empresas se estruturem de forma a produzir madeira a custos menores, de forma a manter a competitividade da celulose/papel brasileiros.

3 - FATORES QUE INFLUEM NA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA

Além das características típicas da madeira que influem na qualidade da matéria-prima (espécie, idade, densidade básica, composição química, etc), existem os fatores ligados às técnicas de exploração, que influem diretamente na qualidade dessa matéria-prima.

3.1 - NÍVEL DE DESCASCAMENTO

Com o objetivo de otimizar os sistemas de exploração, existe uma tendência para a utilização da árvore integral para celulose, pois é uma forma de aumentar a produtividade da floresta, e assim aumentar a disponibilidade de fibras já escassas no mercado.

Com a necessidade de se obter energia através da floresta, esse material anteriormente descartado ou utilizado com restrições pela indústria celulósica, passou a ser um sortimento importante na produção de energia, que além de influenciar negativamente na qualidade da celulose, sempre representa um componente de custo a mais quando a operação de descascamento é realizada em condições de campo. Em função do menor custo de descascamento na fábrica e com a necessi-

dade de utilização desse material, **os sistemas de abastecimento estão sujeitos atualmente a mais uma condição antes inexistente, isto é, a obrigatoriedade de se colocar a madeira com tempo de pós corte definido na fábrica, de forma a permitir níveis eficientes de descascamento.** Portanto, a interação idade de corte com a eficiência do descascamento, passa a influenciar significativamente na estratégia de abastecimento conforme evidencia os resultados do quadro III.

Quadro III - Influência do Tempo de Corte sobre o Descascamento em Tambor Rotativo Beloit (Eucalyptus grandis - Rio Claro)

TEMPO DE CORTE (dias)	PESO DA MADEIRA (kg/st)	NÍVEL DE DESCASCAMENTO
até 10	675	100%
20	667	86%
30	630	50%
40	604	32%
180	460	73%

Fonte - Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento - Ripasa S/A

O quadro III permite concluir que tem-se apenas duas opções para se obter níveis eficiêntes de descascamento na indústria: ou disponibiliza-se a madeira com máximo de 15 dias pós corte (em algumas épocas do ano até menor), ou espera-se mais que 180 dias, ocasionando altos níveis de estoques e custos elevados de estocagem.

3.2 - Teor de Umidade

O teor de umidade da madeira está diretamente relacionado às condi-

ções ambientais e também, do tempo de corte as árvores. A madeira ideal para processo é aquela proveniente de árvores recém abatidas, em razão da melhor uniformidade do material, manutenção das características básicas das fibras celulósicas e maior facilidade de difusão do licor , facilitando a desliguificação da madeira. Da mesma forma, a energia gasta na picagem das toras é menor, obtendo-se cavaco de melhor qualidade melhorando a eficiência dos picadores. Porém, tanto a movimentação da madeira como do cavaco é dificultada em função do maior peso específico.

3.3 - Porcentagem de Toras Finas

Embora esteja comprovado que não existem diferenças siginificativas entre a qualidade da celulose obtida de madeira fina comparada à celulose da madeira de toras mais grossas, a presença de um volume considerável desse tipo de material, contribui para o aumento de lascas e serragem, elementos que são incovenientes no processo.

Esse problema pode ser controlado facilmente com o uso de peneiras selecionadoras que permitem a uniformização dos cavacos.

Porém, o maior reflexo da presença de finos é na qualidade do descascamento no tambor rotativo, conforme mostra os dados do quadro a seguir:

Quadro IV - Nível de Descascamento para Madeira com 30 Dias de Corte em Função das Classes de Diâmetro dos toretes para Eucalyptus grandis - Rio Claro

CLASSE DE DIÂMETRO CM	% DO VOLUME	NÍVEL DE DESCASCAMENTO %
< 10	31	45
10 - 20	63	76
≥ 20	6	100

Fonte: Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento - Ripasa S/A

3.4 - Tempo de Armazenamento

A premissa básica da indústria celulósica é que a melhor madeira é a madeira verde, recém abatida, visto que, esta permite maiores rendimentos e celulose de melhor qualidade. No entanto, devido aos custos de transporte e aos riscos da continuidade do processo, principalmente em função de precariedade dos sistemas de abastecimento, a maior parte das indústrias operam frequentemente, com estoques elevados de matéria-prima. Embora existam trabalhos mostrando que o tempo de armazenamento tem pequena influência na qualidade da celulose (evidentemente dentro de prazos que garantam a não deterioração do material), existe uma tendência para que as indústrias passem a operar com estoques cada vez menores, em face do alto custo do capital estocado. Para que isso seja possível, duas premissas básicas devem ser observadas na estratégia de abastecimento:

3.4.1 - Sistemas de exploração com riscos mínimos de influências externas, principalmente chuvas e flutuação de mão-de-obra. Para tanto, são necessários **sistemas mecanizados** e altamente produtivos.

3.4.2 - Sistemas de transporte de alta tonelagem, de modo a baratear o custo da ton/km de madeira, pois esta sistemática implica em trabalhar a madeira com umidade elevada.
Sem atendimento dessas premissas, dificilmente a redução dos estoques de segurança poderá ser efetivada.

3.5 - Impurezas na Madeira

A implantação de sistemas mecanizados aumenta o risco de impurezas na madeira, principalmente quando se explora florestas de baixa qualidade com sub-bosque desenvolvido.

4 - SISTEMAS BÁSICOS DE EXPLORAÇÃO

Sistema é um conjunto de operações que podem ser realizados num só local ou locais distintos, cujas etapas devem estar perfeitamente integradas entre si, de modo a permitir o fluxo constante de madeira e resultando o máximo rendimento de mão-de-obra e dos equipamentos envolvidos.

4.1 - Sistemas de Toras Curtas

Todas as operações são feitas no canteiro de corte, com a madeira sendo processada em toras de 2 a 6 m de comprimento, para transporte primário. É fundamental que a topografia permita a entrada de equipamentos na floresta, sendo portanto, mais recomendado para topografia plana. É o sistema predominante no Brasil, tanto para locais planos, como acidentados.

4.2 - Sistemas de Toras Longas

No canteiro de corte é feito a derrubada, desgalhamento e corte do ponteiro. A madeira assim obtida é então arrastada para uma estrada ou carreador ou pátio da fábrica, onde é processada.
Exige mecanização do transporte primário, devendo-se utilizar equipamentos de maior potência, devido ao peso e às dimensões das peças.
É um sistema mais recomendado para topografia acidentada, porém, pode ser utilizado com sucesso em áreas mais planas.

4.3 - Sistemas de árvores Inteiras

A árvore é abatida e em seguida, transportada para uma estrada ou pátio de processamento, onde a madeira é preparada para transporte. Pode ser usado em qualquer topografia, porém, exige alto índice de mecanização. Não é muito recomendado para as condições brasileiras, devido a exportação de nutrientes, notadamente em florestas

de ciclo curto como é o eucalypto.

A tendência de evolução dos sistemas é o aumento do comprimento das toras, visando eliminar a quantidade de trabalho no canteiro de corte, assim como, diminuir a participação da mão-de-obra nos trabalhos mais pesados e exaustivos.

5 - PONTOS IMPORTANTES A SEREM CONSIDERADOS NUM SISTEMA MODERNO DE ABASTECIMENTO

5.1 - Buscar a auto suficiência em madeira a médio e longo prazos, garantindo as possibilidades de expansão industrial. Essa estratégia permitirá uma estabilização dos custos da madeira em pé, em níveis competitivos, eliminando-se oscilações perigosas de mercado.

5.2 - Diminuir o raio médio de transporte através da aquisição de terras em raios econômicos de atuação.

5.3 - Aumentar a produtividade de floresta, pois além da redução de custos da madeira em pé, a redução dos custos de exploração em florestas de alta produtividade é bastante significativa.

5.4 - Aumentar o índice de mecanização dos sistemas de exploração através da importação/desenvolvimento de equipamentos específicos. Isto só será possível com estrutura de exploração própria.

5.5 - Desenvolver sistemas de transportes de alta tonelagem e alta eficiência com tempos de pontas (carga e descarga) menores.

5.6 - Alterar os sistemas de recebimento e processamento de madeira nas unidades industriais, equipando-as para operação com toras lon-

gas e descarga eficiente. O maior obstáculo no desenvolvimento de sistemas de exploração eficientes está dentro das fábricas.

5.7 - A estrutura operacional já se ressente da falta de equipamentos adequados para poder desenvolver as tarefas atuais de abastecimento. É fundamental que as empresas florestais desenvolvam e/ou financiem esses equipamentos para seu próprio uso.