

**Qualidade de madeira e polpa de árvores jovens e adultas de Acacia mearnsii**

MFN -0524

N CHAMADA:

TITULO: Qualidade de madeira e polpa de árvores jovens e adultas de Acacia mearnsii

AUTOR(ES): SANSIGOLO, C.A.BUSNARDO, C.A.GONZAGA, J.V.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO:

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 19

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 24-28.11.1986

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1986, ABTCP

PAG/VOLUME: p.51-77,

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 19, 1986, São Paulo, p.51-77

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR:

RESUMO: Procurou-se, neste trabalho, avaliar as variações na qualidade da madeira de Acacia mearnsii aos 4, 7 e 10 anos de idade e correspondentes polpas nas formas não branqueada e branqueada

QUALIDADES DE MADEIRA E POLPA DE ÁRVORES  
JOVENS E ADULTAS DE Acacia mearnsii

Sansígolo, C. A. - CREA 150.333-AP

Busnardo, C. A. - CREA 3730-P

Gonzaga, J. V. - CREA 78.358-D

Riocell S.A.

## 1. Introdução

A Acacia mearnsii é uma espécie plantada em larga escala no estado do Rio Grande do Sul, visando principalmente o abastecimento de madeira para as indústrias de tanino, chapas e celulose. Entretanto, não são muitas as informações relativas à caracterização da qualidade de sua madeira e correspondente polpa em função da variação da idade da árvore. Como é de conhecimento, uma das maneiras mais fáceis de se controlar a qualidade da madeira é através da variação da idade da árvore, a qual está relacionada às diferentes proporções entre madeira juvenil e madeira adulta, e consequentemente com as características físicas, químicas e anatômicas da madeira. A variação da qualidade da madeira em função da idade da árvore permite verificar as variações prováveis no rendimento e qualidade da celulose, sendo possível estabelecer uma ótima idade de corte.

Procurar-se-ão, neste trabalho, avaliar as variações na qualidade da madeira de Acacia mearnsii aos 4, 7 e 10 anos de idade e correspondentes polpas nas formas não branqueada e branqueada.

## 2. Revisão de literatura

A variação verificada na madeira em função da idade da árvore é uma fonte que deve ser conhecida e explorada para o controle da qualidade da madeira e para a fabricação de produtos com características particulares. Como é de conhecimento, as madeiras jovens apresentam mais elevada quantidade de madeira juvenil, que se caracteriza por apresentar propriedades químicas, físicas e anatômicas diferentes da madeira adulta (ZOBEL & TALBERT, 1984). A presença destes dois tipos distintos de madeiras existentes em proporções diferentes no sentido medula-casca e base-topo é responsável por grande parte da variabilidade dentro da madeira. É reconhecida na literatura, a variação de propriedades da madeira dentro da árvore, como relatam os trabalhos desenvolvidos por FERREIRA(1972), BRASIL, VEIGA & MELLÔ (1972), FOELKEL et alii(1982), CARPIM et alii(1983) e BARRICHELO & BRITO (1984), e a consequente influência no rendimento em celulose (MANFREDI & BARRICHELO, 1985). Uma das grandes vantagens do conhecimento da variabilidade de propriedades da madeira dentro da árvore é a determinação do grau de uniformidade da madeira, o qual é essencial para a qualidade do produto final (ZOBEL et alii, 1983).

A possibilidade da utilização de madeira jovem de Eucalyptus para produção de polpa kraft foi estudada por FOELKEL et alii(1981) e RAT NIEKS & SANSÍGOLO(1986). Concluíram que a possibilidade tecnológica da utilização de madeira jovem é viável para produção de polpa kraft com características particulares, excetuando o consumo específico de madeira, o qual foi mais elevado que árvores em idade comercial.

As características e propriedades da madeira de Acacia mearnsii para produção de polpa kraft foram investigadas nos trabalhos desenvolvidos por GONZAGA et alii(1982), MARTINS et alii(1983), PETRIK et alii(1984) e BUSNARDO et alii(1984). Estes trabalhos mostram uma excelente abordagem das propriedades físicas, químicas e anatômicas da madeira e polpa de Acacia, bem como as principais diferenças quando comparada ao Eucalyptus.

### 3. Material

O material utilizado para a realização do presente estudo consistiu-se de árvores de Acacia mearnsii aos 4, 7 e 10 anos de idade, provenientes de plantios comerciais localizados em Montenegro, no estado do Rio Grande do Sul.

### 4. Metodologia e resultados

#### 4.1. Amostragem

A amostragem efetuada consistiu em selecionar e abater três árvores por idade, correspondentes àquelas de diâmetro médio. Em seguida, procedeu-se as medições das alturas comercial e total e amostragem de discos na base, DAP, 25% H, 50% H, 75% H e 100% H, sendo H a altura comercial da árvore, considerada até um diâmetro mínimo com casca de 6 cm.

#### 4.2. Determinação dos parâmetros dendrométricos

O volume das árvores abatidas foi calculado através da utilização da fórmula de Smalian a partir dos diâmetros dos discos a cada particular altura. Nestes discos foram determinadas as proporções relativas e respectivas densidades básicas para as madeiras de cerne, alburno e madeira integral, através da utilização do método da balança hidrostática. Posteriormente realizou-se a determinação da variabilidade da densidade básica da madeira nos sentidos axial e radial utilizando a seguinte metodologia:

- no sentido do diâmetro do disco, tirava-se uma fatia a qual era dividida em dez pedaços proporcionais aos raios, tomando-se como ponto inicial a medula,

- nesses bloquinhos de madeira, previamente identificados, determinava-se a densidade básica pela utilização do método do máximo teor de umidade,

- para os blocos que representavam igual posição em relação à medula, variando apenas o sentido esquerdo ou direito, obtinha-se a média da densidade básica, o seu valor máximo e seu valor mínimo,

- os resultados para densidade básica, médias para três árvores por idade, foram representados graficamente, a fim de permitir a observação da densidade básica da madeira, tanto no sentido medula-casca, como no sentido base-topo.

O Quadro I mostra os resultados dendrométricos para as árvores de Acacia mearnsii nas três idades e as Figuras 1 a 3, as representações gráficas da variabilidade da madeira nos sentidos radial e axial. As

densidades básicas localizadas à esquerda das Figuras, correspondem aos valores médios, máximos e mínimos de cada bloquinho para cada posição. No Quadro II pode ser visualizada a proporção entre cerne, alburno e casca a cada altura amostrada para madeira de Acacia mearnsii em três idades.

QUADRO I - Resultados dendrométricos médios para árvores de Acacia mearnsii em três idades

PARÂMETROS	Idade da árvore, anos		
	4	7	10
Altura total, m	13,65	16,63	19,60
Altura comercial, m	9,60	12,07	16,93
Diâmetro a altura do peito, cm	10,35	10,05	16,83
Volume cilíndrico com casca, m <sup>3</sup>	0,084	0,096	0,386
Volume cilíndrico sem casca, m <sup>3</sup>	0,071	0,084	0,329
Fator de forma com casca	0,721	0,672	0,613
Fator de forma sem casca	0,709	0,673	0,609
Volume da árvore com casca, m <sup>3</sup>	0,060	0,064	0,234
Volume da árvore sem casca, m <sup>3</sup>	0,050	0,056	0,199
Volume da casca, m <sup>3</sup>	0,010	0,008	0,035
% volumétrica de casca na árvore, %	16,22	12,48	15,40
Densidade básica da casca na árvore, g/cm <sup>3</sup>	0,373	0,448	0,391
Peso de casca na árvore, kg s.e.	3,63	3,57	13,72
% gravimétrica de casca na árvore, %	10,97	9,31	9,95
Volume de cerne na árvore, m <sup>3</sup>	0,010	0,020	0,096
Volume de alburno na árvore, m <sup>3</sup>	0,040	0,036	0,104
Densidade básica do cerne na árvore, g/cm <sup>3</sup>	0,517	0,547	0,607
Densidade básica do alburno na árvore, g/cm <sup>3</sup>	0,607	0,662	0,687
Peso da árvore sem casca, kg s.e.	29,24	34,91	128,68
Peso do cerne na árvore, kg s.e.	5,39	11,00	58,12
Peso do alburno na árvore, kg s.e.	24,01	23,96	70,84
% volumétrica de cerne na árvore sem casca, %	19,49	35,72	48,46
% gravimétrica de cerne na árvore sem casca, %	17,41	31,65	45,48
% volumétrica de alburno na árvore sem casca, %	80,51	64,28	51,54
% gravimétrica de alburno na árvore sem casca, %	82,59	68,35	54,52
Densidade básica para árvore integral sem casca, g/cm <sup>3</sup>	0,586	0,621	0,646

FIGURA 1 - Variabilidade da densidade básica da madeira de Acacia mearnsii aos 4 anos de idade

VARIABILIDADE DA DENSIDADE BASICA DA MADEIRA

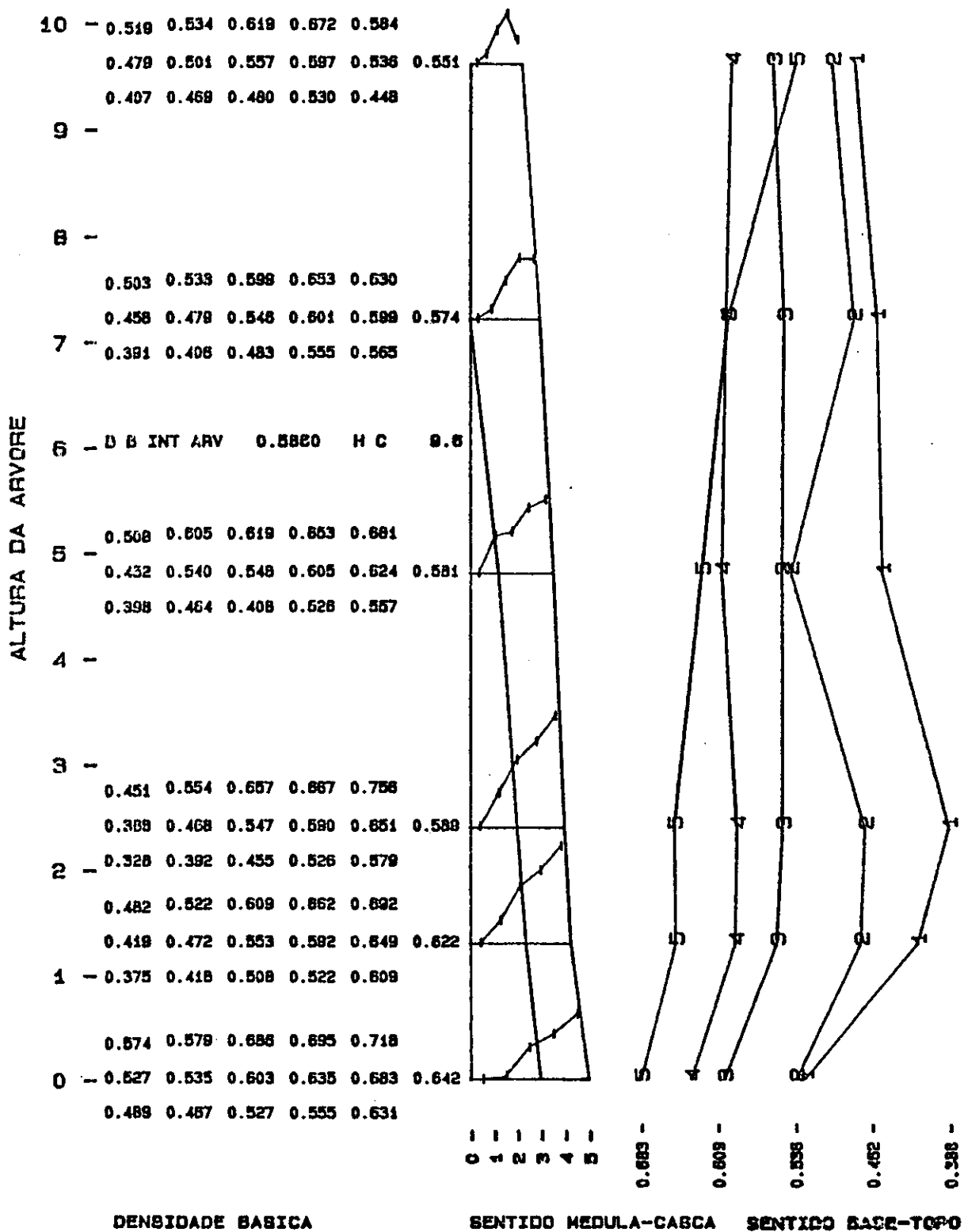


FIGURA 2 - Variabilidade da densidade básica da madeira de Acacia mearnsii aos 7 anos de idade

VARIABILIDADE DA DENSIDADE BASICA DA MADEIRA

13 -

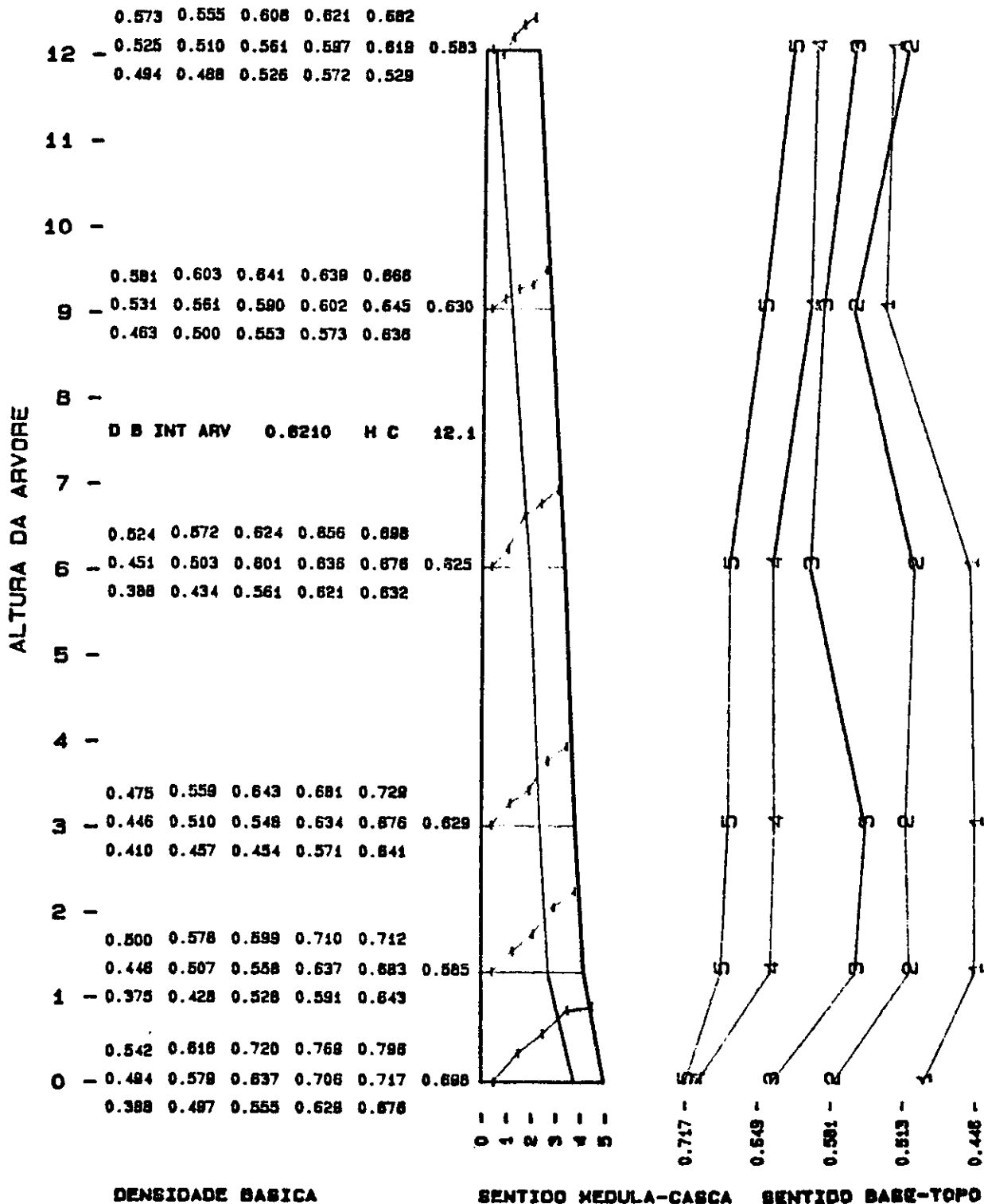
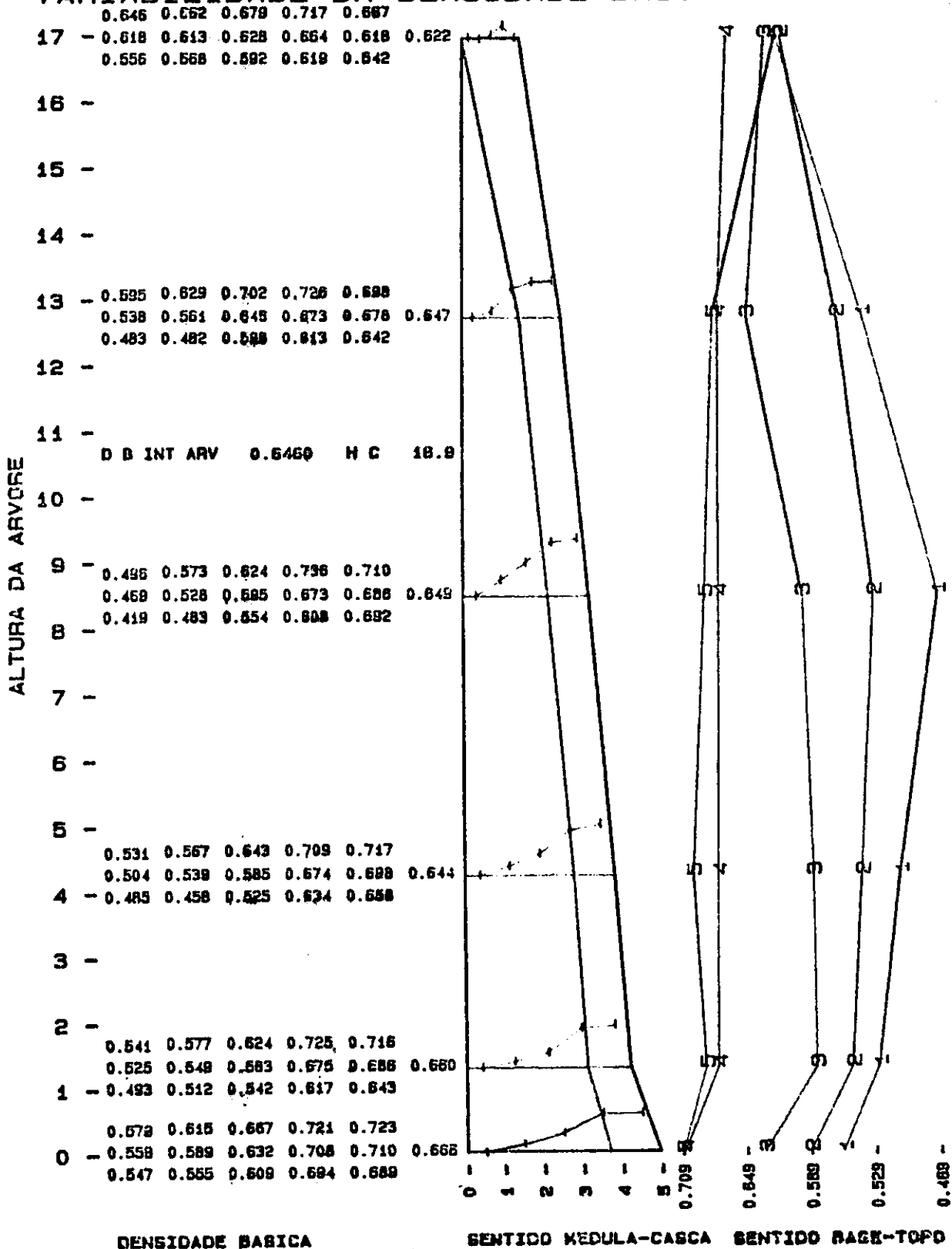


FIGURA 3 - Variabilidade da densidade básica da madeira de *Acacia mearnsii* após 10 anos de idade

VARIABILIDADE DA DENSIDADE BASICA DA MADEIRA



QUADRO II - Proporção entre cerne, alburno e casca a cada altura amostrada de Acacia mearnsii em três idades

Percentuais nos discos	Idade da árvore, anos	BASE	DAP	25%H	50%H	75%H	100%H
Casca, base volume, %	4	14,86	14,84	15,07	16,79	17,50	19,72
	7	13,89	12,54	12,06	11,26	13,44	13,39
	10	15,23	14,94	13,14	16,05	18,05	22,17
Casca, base peso, %	4	9,64	9,46	10,56	11,38	12,05	13,81
	7	8,82	9,35	8,83	8,50	10,09	10,97
	10	9,11	9,22	8,58	10,50	11,83	14,93
Cerne, base volume, %	4	31,04	27,14	21,79	10,03	0,00	0,00
	7	56,78	43,37	39,37	33,23	18,18	8,68
	10	56,21	56,01	53,68	47,15	34,60	0,00
Cerne, base peso, %	4	28,09	21,84	17,82	8,61	0,00	0,00
	7	53,21	36,41	34,60	28,89	16,60	7,93
	10	62,21	54,69	48,58	42,69	32,21	0,00
Alburno, base volume, %	4	68,96	72,86	78,21	89,97	100,00	100,00
	7	43,22	56,63	60,63	66,77	81,82	91,32
	10	43,79	43,99	46,32	52,85	65,40	100,00
Alburno, base volume, %	4	71,91	78,16	82,18	91,39	100,00	100,00
	7	46,79	63,59	65,40	71,11	83,40	92,07
	10	37,79	45,31	51,42	57,31	67,79	100,00



#### 4.3. Determinação das características anatômicas

As determinações das características anatômicas e elementos de vaso foram efetuadas com auxílio de técnicas de microscopia e microprojeção a partir de subamostras representativas dos discos amostrados nas seis posições. Os resultados médios obtidos, assim como demais medidas de dispersão estão apresentadas no Quadro III. Em seguida, procedeu-se às determinações das relações entre as dimensões anatômicas das fibras, cujos resultados estão apresentados no Quadro IV.

#### 4.4. Composição química das madeiras

As determinações para caracterização química das madeiras foram efetuadas a partir de subamostras representativas de cavacos retirados dos discos a diferentes alturas. As determinações foram efetuadas em serra gem fração 40/60, pela utilização das metodologias TAPPI & SCAN. Os respectivos valores médios para a composição química das madeiras estão apresentados no Quadro V.

#### 4.5. Deslignificação

O processo utilizado para a deslignificação dos cavacos foi o kraft. A quantidade de cavacos deslignificada em cada tratamento foi a equivalente a 1600 g s.e., distribuída em três células, uma para cada árvore. As condições utilizadas para os tratamentos foram as seguintes:

Alcali ativo, % Na <sub>2</sub> O base madeira s.e. original	14,5
Relação licor-madeira, l/kg s.e.	4/1
Sulfididade, %	20
Temperatura máxima, °C	170
Tempo até temperatura máxima, min	90
Tempo à temperatura máxima, min	60

Os cozimentos foram efetuados em digestor rotativo Regmed. Ao final do cozimento, quando da despressurização do digestor, retirava-se uma amostra do licor, o qual era analisado conforme as determinações apresentadas no Quadro VI. A fração sólida resultante de cada tratamento era passada através de um desfibrador de discos, para individualização das fibras, lavada e depurada. As propriedades das polpas foram avaliadas pela utilização das metodologias TAPPI & SCAN. Os resultados destas determinações se encontram no Quadro VII.

#### 4.6. Branqueamento

As polpas provenientes de madeiras de acácia em três idades foram branqueadas pela utilização da seqüência C<sub>D</sub> E<sub>H1</sub> D<sub>1</sub> E<sub>2</sub> D<sub>2</sub>, seguida por lavagem com solução de SO<sub>2</sub>. As dosagens dos produtos químicos no estágio C<sub>D</sub> foram efetuadas de acordo com as fórmulas propostas por FOELKEL et alii (1983), com substituição parcial de 30% do Cl<sub>2</sub> por ClO<sub>2</sub>. Antes do início do branqueamento, para o estágio C<sub>D</sub>, o pH da polpa foi ajustado para 9. Nos estágios de extração alcalina os pH's foram ajustados para 11,4 em E<sub>H1</sub> e 11,1 em E<sub>2</sub>. As condições utilizadas e os resultados obtidos para cada estágio podem ser visualizados nos Quadros VIII a XIII.

QUADRO III - Características dimensionais médias e medidas de dispersão para as fibras e elementos de vaso de Acacia mearnsii em três idades

PARÂMETROS	Idade da árvore, anos	FIBRAS				VASOS	
		Comprimento, mm	Largura, $\mu\text{m}$	Diâmetro do lúmen, $\mu\text{m}$	Espessura da parede, $\mu\text{m}$	Comprimento, mm	Largura, mm
Média	4	1,089	21,95	13,33	4,31	0,277	0,170
	7	1,096	21,44	12,38	4,53	0,251	0,148
	10	1,152	20,75	11,79	4,48	0,270	0,149
Desvio padrão	4	0,172	3,37	4,15	1,17	0,074	0,036
	7	0,177	3,04	3,78	1,26	0,066	0,035
	10	0,145	3,23	3,67	1,11	0,079	0,039
Coeficiente de variação	4	15,79	15,35	31,13	27,15	26,72	21,18
	7	16,15	14,18	30,53	27,82	26,30	23,65
	10	12,59	15,57	31,13	24,78	29,26	26,17
Maior valor	4	1,611	35,65	29,44	7,82	0,478	0,267
	7	1,567	34,50	26,45	8,86	0,444	0,272
	10	1,561	29,44	20,93	7,82	0,500	0,250
Menor valor	4	0,672	15,18	3,91	2,42	0,072	0,083
	7	0,767	14,72	3,22	2,07	0,083	0,067
	10	0,778	13,11	4,83	2,42	0,100	0,067
Amplitude	4	0,939	20,47	25,53	5,40	0,406	0,184
	7	0,800	19,78	23,23	6,79	0,361	0,205
	10	0,783	16,33	16,10	5,40	0,400	0,183
Número de observações	4	200	150	150	150	50	50
	7	200	150	150	150	50	50
	10	200	150	150	150	50	50

QUADRO IV - Relações fundamentais entre as dimensões das fibras de Acacia mearnsii em três idades

PARÂMETROS	Idade da árvore, anos		
	4	7	10
Índice de enfiamento	49,61	51,12	55,52
Coefficiente de flexibilidade, %	60,73	57,74	56,82
Fração parede, %	39,27	42,26	43,18
Índice de Runkel	0,647	0,732	0,761
Relação comprimento/espessura	253	242	257

QUADRO V - Composição química média para madeira de Acacia mearnsii em três idades

PARÂMETROS	Idade da árvore, anos		
	4	7	10
Teor de:			
Lignina	18,28	19,06	19,64
Holocelulose	81,65	80,96	80,29
Pentosanas	20,94	20,83	20,35
Cinzas	0,29	0,28	0,34
Solubilidades em:			
Água fria	1,48	1,22	1,62
Água quente	2,51	2,48	2,83
NaOH 1%	16,49	16,65	16,51
Diclorometano	0,23	0,41	0,29
Álcool-benzeno	1,70	2,22	2,70

QUADRO VI - Valores médios para as características dos licores residuais dos cozimentos de Acacia mearnsii em três idades

PARÂMETROS	Idade da árvore, anos		
	4	7	10
pH	13,1	13,1	13,2
NaOH, g/l como Na <sub>2</sub> O	7,52	10,07	8,97
Na <sub>2</sub> S, g/l como Na <sub>2</sub> O	4,18	3,18	3,66
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , g/l como Na <sub>2</sub> O	4,28	4,84	6,71
Álcali ativo, g/l como Na <sub>2</sub> O	11,70	13,25	12,63
Álcali efetivo, g/l como Na <sub>2</sub> O	9,61	11,66	10,80
Álcali total, g/l como Na <sub>2</sub> O	15,98	18,09	19,34
Teor de sólidos, % base material úmido	10,52	11,28	11,44
Teor de matéria orgânica, % base material seco	60,93	64,17	61,28
Teor de matéria inorgânica, % base material seco	39,07	35,83	38,72
Álcali ativo consumido base madeira, %	10,42	8,87	9,16
Álcali ativo consumido base produto químico, %	71,83	61,16	63,17
Densidade do licor, g/cm <sup>3</sup>	1,048	1,051	1,053

QUADRO VII - Valores médios para características das polpas produzidas com madeira de Acacia mearnsii em três idades

PARÂMETROS	Idade da árvore, anos		
	4	7	10
Fator H	1036	909	1047
Rendimento bruto, %	54,59	53,30	54,89
Rendimento depurado, %	54,48	53,11	53,98
Teor de rejeitos, %	0,11	0,19	0,91
Número kappa	18,03	18,68	22,53
Viscosidade intrínseca, cm <sup>3</sup> /g	1155	1181	1189
Alvura, % ISO	35,6	30,1	29,9
Relação Alvura/Kappa	1,97	1,61	1,34
Relação Viscosidade/Kappa	64,1	63,2	52,8
Solubilidades a 20°C, %			
S <sub>5</sub>	15,11	14,50	15,26
S <sub>8</sub>	10,29	10,20	9,36
S <sub>10</sub>	7,71	7,82	6,93
S <sub>18</sub>	5,73	5,77	5,09
Consumo específico de madeira, m <sup>3</sup> sólidos/t de celulose bruta s.e.	3,13	3,02	2,82
Consumo específico de madeira, m <sup>3</sup> sólidos/t de celulose depurada s.e.	3,13	3,03	2,87

QUADRO VIII - Condições e resultados obtidos para os branqueamentos de celulose de madeiras de Acacia mearnsii em três idades no estágio C<sub>D</sub>

PARÂMETROS	Idade da árvore, anos		
	4	7	10
% Cloro ativo total aplicado, base polpa	2,87	3,03	3,32
% Cl <sub>2</sub> como cloro ativo	2,01	2,12	2,33
% ClO <sub>2</sub> como cloro ativo	0,86	0,91	0,99
% de NaOH aplicado, base polpa (para correção do pH inicial)	0,08	0,03	0,08
Consistência, %	10	10	10
Tempo, min	30	30	30
Temperatura, °C	35	35	35
pH antes da adição de Cl <sub>2</sub> /ClO <sub>2</sub>	9,0	9,0	9,0
pH final da polpa	1,6	1,7	2,0
pH do licor residual	1,5	1,7	1,8
% Cl <sub>2</sub> consumido, base polpa			
- Total	2,87	3,02	3,18
- Cl <sub>2</sub> como Cl <sub>2</sub>	2,01	2,12	2,23
- ClO <sub>2</sub> como Cl <sub>2</sub>	0,86	0,90	0,95
% Cl <sub>2</sub> consumido, base produto químico			
- Total	100,00	99,67	95,78
- Cl <sub>2</sub> como Cl <sub>2</sub>	100,00	100,00	95,71
- ClO <sub>2</sub> como Cl <sub>2</sub>	100,00	98,90	95,96

QUADRO IX - Condições e resultados obtidos para os branqueamentos de celulose de madeiras de Acacia mearnsii em três idades no estágio E<sub>H1</sub>

PARÂMETROS	Idade da árvore, anos		
	4	7	10
% NaClO como Cl <sub>2</sub> ativo aplicado, base polpa	0,75	0,75	0,75
% NaOH aplicado, base polpa	1,33	1,67	1,50
Consistência, %	10	10	10
Tempo, min	90	90	90
Temperatura, °C	60	60	60
pH inicial	11,3	11,4	11,4
pH final da polpa	10,9	11,6	11,6
pH do licor residual	10,9	11,7	11,6
% NaOH consumido, base polpa	1,30	1,31	1,18
% NaClO como Cl <sub>2</sub> consumido, base polpa	0,75	0,75	0,75
% NaOH consumido, base produto químico	97,74	78,44	78,67
% NaClO como Cl <sub>2</sub> consumido, base produto químico	100,00	100,00	100,00

QUADRO X - Condições e resultados obtidos para os branqueamentos de celulose de madeiras de Acacia mearnsii em três idades no estágio D<sub>1</sub>

PARÂMETROS	Idade da árvore, anos		
	4	7	10
% ClO <sub>2</sub> como Cl <sub>2</sub> ativo aplicado, base polpa	2,25	2,25	2,25
% NaOH aplicado, base polpa (para correção do pH inicial)	0,67	0,03	0,05
Consistência, %	10	10	10
Tempo, min	180	180	180
Temperatura, °C	70	70	70
pH inicial	5,9	7,0	7,8
pH final da polpa	3,8	3,5	3,6
pH do licor residual	3,5	3,4	3,4
% ClO <sub>2</sub> como Cl <sub>2</sub> consumido, base polpa	2,14	2,25	2,25
% ClO <sub>2</sub> como Cl <sub>2</sub> consumido, base produto químico	95,11	100,00	100,00

QUADRO XI - Condições e resultados obtidos para os branqueamentos de celulose de madeiras de Acacia mearnsii em três idades no estágio E<sub>2</sub>

PARÂMETROS	Idade da árvore, anos		
	4	7	10
% NaOH aplicado, base polpa	0,50	0,50	0,50
Consistência, %	10	10	10
Tempo, min	90	90	90
Temperatura, °C	60	60	60
pH inicial	10,4	10,4	10,7
pH final da polpa	10,2	10,9	11,2
pH do licor residual	11,2	11,5	12,0
% NaOH consumido, base polpa	0,18	0,32	0,25
% NaOH consumido, base produto químico	36,00	64,00	50,00

QUADRO XII - Condições e resultados obtidos para os branqueamentos de celulose de madeiras de Acacia mearnsii em três idades no estágio D<sub>2</sub>

PARÂMETROS	Idade da árvore, anos		
	4	7	10
% ClO <sub>2</sub> como Cl <sub>2</sub> ativo aplicado, base polpa	0,75	0,75	0,75
% NaOH aplicado, base polpa (para correção do pH)	0,13	0,02	0,02
Consistência, %	10	10	10
Tempo, min	180	180	180
Temperatura, °C	70	70	70
pH inicial	5,5	8,5	8,4
pH final da polpa	5,0	4,6	4,5
pH do licor residual	4,7	4,4	4,3
% ClO <sub>2</sub> como Cl <sub>2</sub> consumido, base polpa	0,72	0,72	0,72
% ClO <sub>2</sub> como Cl <sub>2</sub> consumido, base produto químico	96,00	96,00	96,00

QUADRO XIII - Condições para o estágio de lavagem com solução de SO<sub>2</sub> e resultados finais obtidos para os branqueamentos de madeiras de Acacia mearnsii em três idades

PARÂMETROS	Idade da árvore, anos		
	4	7	10
% SO <sub>2</sub> aplicado, base polpa	0,25	0,25	0,25
Consistência, %	5	5	5
Tempo, min	15	15	15
Temperatura, °C	amb.	amb.	amb.
% Cl <sub>2</sub> total aplicado, base polpa	6,62	6,78	6,97
% Cl <sub>2</sub> consumido, base polpa	6,48	6,74	6,90
% Cl <sub>2</sub> consumido, base produto químico	97,89	99,41	99,00
% NaOH total aplicado, base polpa	2,71	2,25	2,15
% NaOH consumido, base polpa	2,36	1,71	1,58
% NaOH consumido, base produto químico	87,08	76,00	73,49
Viscosidade intrínseca, cm <sup>3</sup> /g	865	937	969
Alvura, % ISO	92,2	91,5	91,1
Número de cor posterior	1,179	1,235	0,987
Solubilidade em NaOH 5%, %	12,67	13,80	12,77

QUADRO XIV - Valores médios para as propriedades físico-mecânicas e óticas para as polpas não branqueadas de Acacia mearnsii em três idades

Idade da árvore, anos	°SR	Nº de revoluções, x 10 <sup>3</sup>	Índice de tração, gf.m/g	Índice de rasgo, gf.m <sup>2</sup> /100g	Índice de estouro, gf/cm <sup>2</sup> /g/m <sup>2</sup>	Alongamento, %	Volumen específico, cm <sup>3</sup> /g	Resistência ao ar, s/100cm <sup>3</sup>	Opacidade, %	Coef. de disp. de luz, m <sup>2</sup> /kg	Alvura, % ISO	Ascensão capilar KLEMM, mm/10min
4	18	0,00	3829	53,2	20,6	1,4	2,07	0,5	99,6	47,4	35,6	94
	25	3,15	7333	95,0	53,2	2,7	1,70	3,6	98,3	34,9	32,0	57
	30	5,10	8973	114,2	68,9	3,2	1,53	6,7	97,7	29,3	30,4	39
	40	8,36	9666	121,0	78,1	3,3	1,48	15,4	97,7	28,5	30,0	29
	55	15,10	11084	118,8	84,5	3,5	1,45	70,7	96,9	28,1	30,1	24
7	19	0,00	4275	52,4	20,7	1,4	2,06	0,5	99,1	41,5	34,7	93
	25	3,90	8628	111,4	54,9	2,7	1,79	2,6	97,8	31,4	31,9	66
	30	5,30	9752	121,3	66,0	3,0	1,69	12,9	97,6	28,7	31,0	54
	40	7,40	10749	121,7	79,3	3,4	1,56	37,7	97,6	26,0	29,8	36
	55	14,10	11938	118,9	90,9	3,7	1,47	173,6	96,9	24,8	29,1	21
10	18	0,00	3225	49,7	15,3	1,0	2,21	0,4	99,3	38,1	30,5	102
	25	4,90	9613	119,8	63,4	3,0	1,65	6,0	98,8	29,1	26,2	60
	30	6,40	10016	119,8	69,1	3,2	1,62	13,8	98,6	28,4	26,0	52
	40	9,40	10822	120,0	80,6	3,6	1,55	29,3	98,2	26,8	25,6	36
	55	14,50	11753	135,8	89,1	3,8	1,42	57,4	98,7	28,2	25,4	24



QUADRO XV - Valores médios para as propriedades físico-mecânicas e óticas para as polpas branqueadas de Acacia mearnsii em três idades

Idade da árvore, anos	OSR	Nº de revoluções, x 10 <sup>3</sup>	Índice de tração, gf.m/g	Índice de rasgo, gf.m <sup>2</sup> /100g	Índice de estouro, gf/cm <sup>2</sup> /g/m <sup>2</sup>	Dobras duplas, nº	Alongamento, %	Volume específico, cm <sup>3</sup> /g	Resistência ao ar, s/100cm <sup>3</sup>	Opacidade, %	Coef. de disp. de luz, m <sup>2</sup> /kg	Alvura, % ISO	Ascensão capilar KLEMM, mm/10 min
4	14	0,00	2650	30,9	10,2	1	1,2	2,46	0,3	79,8	47,0	89,9	107
	25	5,00	8488	92,9	43,3	41	2,8	1,61	1,4	74,9	34,0	87,5	66
	30	7,50	8784	98,2	46,6	65	3,0	1,59	2,7	74,6	33,7	87,4	59
	40	12,50	9375	108,8	53,3	112	3,2	1,53	5,5	73,8	33,3	87,2	47
	55	15,80	9723	123,1	59,9	308	3,3	1,51	9,8	73,4	31,6	87,5	32
7	15	0,00	2194	27,7	3,10	-	0,5	2,66	0,2	79,3	45,6	89,4	158
	25	4,50	7332	94,3	43,20	-	2,0	1,62	1,2	74,4	30,8	85,8	103
	30	7,10	7728	97,0	46,30	-	2,1	1,60	2,7	74,1	31,2	85,0	51
	40	12,20	8521	102,5	52,50	-	2,4	1,56	5,8	73,6	29,6	83,6	40
	55	16,20	9896	126,0	59,20	-	2,9	1,55	13,3	74,0	28,0	85,4	33
10	16	0,00	1925	25,2	5,8	1	1,0	2,72	0,2	79,7	46,1	89,1	133
	25	5,70	7584	126,5	41,2	34	2,8	1,98	1,0	77,1	36,5	86,2	73
	30	7,60	7631	125,9	42,7	39	2,9	1,91	1,3	76,6	35,8	86,2	70
	40	11,50	7727	124,7	45,9	49	3,2	1,78	1,9	75,7	34,5	86,0	64
	55	14,80	9457	119,5	60,6	361	3,4	1,50	21,7	74,2	31,6	85,3	34

#### 4.7. Ensaio físico-mecânico e ótico

As polpas obtidas para cada tratamento, tanto na forma não branqueada como branqueada, foram refinadas em moinho centrífugo Jokro-Mühle, 150 rpm, utilizando-se água deionizada e 16g s.e. por panela, a uma consistência de 6%. As folhas para os ensaios físico-mecânicos e óticos, com gramatura aproximada de 60 g/m<sup>2</sup>, foram formadas em aparelho formador de folhas tipo TAPPI, e acondicionadas em ambiente climatizado nas condições de 50 ± 2% de umidade relativa e temperatura de 23 ± 2°C. Os resultados médios das propriedades físico-mecânicas e óticas em graus de refino pré-estabelecidos estão apresentados nos Quadros XIV e XV.

### 5. Discussão dos resultados

O Quadro I, relativo aos resultados dendrométricos, mostra considerável diferença para os parâmetros avaliados. O desenvolvimento silviculturas das árvores aos 10 anos de idade foi superior, atingindo altura comercial de 16,9m e DAP de 16,8cm. A cilíndricidade, expressa pelo fator de forma, é maior em árvores jovens (0,721, com casca e 0,709, sem casca) quando comparada com árvores adultas (0,613, com casca e 0,609, sem casca). Principalmente por ser madeira jovem, o percentual de cerne nas árvores aos 4 anos de idade é baixo (19,49%, volumétrico e 17,41%, gravimétrico) tendo como referência o percentual aos 10 anos de idade (48,46%, volumétrico e 45,48%, gravimétrico). Os teores de casca em árvores aos 4, 7 e 10 anos de idade não são muito elevados se comparados com outras espécies. Maiores valores de densidade básica foram encontrados com a elevação da idade da árvore. Aos 10, 7 e 4 anos de idade as densidades básicas do cerne foram 607 kg/m<sup>3</sup>, 547 kg/m<sup>3</sup> e 517 kg/m<sup>3</sup>; do alburno, 687 kg/m<sup>3</sup>, 662 kg/m<sup>3</sup> e 607 kg/m<sup>3</sup> e da árvore integral, 646 kg/m<sup>3</sup>, 621 kg/m<sup>3</sup> e 586 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. Os valores mais elevados de densidade básica em árvores adultas podem ser atribuídos às características das fibras e elementos de vasos, conforme será visto posteriormente.

As Figuras 1 a 3 mostram a variabilidade da densidade básica das madeiras. Conforme pode ser notado, a madeira de Acacia mearnsii é altamente heterogênea, apresentando valores de densidade básica crescentes no sentido medula-casca e decrescente no sentido base-topo. A alta variação da densidade básica no sentido medula-casca é indicativo da presença de madeiras com características diferenciadas.

O Quadro II mostra a proporção entre cerne, alburno e casca a cada altura amostrada. A distribuição da casca ao longo do fuste mostrou uma diminuição do teor relativo de casca da base até cerca de 25% da altura comercial, para depois aumentar até o topo. Quanto à distribuição do cerne ao longo do fuste pode ser notada a diferença de quantidade de cerne entre madeiras adulta e jovem.

Os resultados relativos às dimensões das fibras e elementos de vaso revelam para a madeira com 10, 7 e 4 anos comprimentos médios de fibra de 1,152 mm, 1,096 mm e 1,089 mm. A madeira adulta apresenta maior comprimento de fibra, o qual é essencial para o desenvolvimento de melhores propriedades de resistências físico-mecânicas. A madeira com 4 anos de idade caracterizou-se por apresentar dimensões juvenis, como maiores largura de fibra, diâmetro de lúmen, comprimento e largura de vasos e menor espessura de parede. As características anatômicas das madeiras adulta e jovem, explicam os resultados encontrados para densidade básica, isto é, as madeiras adultas apresentaram maior densidade básica devido a mais elevada espessura de parede das fibras e menores comprimento e largura de vasos.

Nas Figuras 4 a 21 podem ser visualizadas a variação existente para dimensões anatômicas de fibras e elementos de vaso. É conveniente

lembrar que esta variação é devido a heterogeneidade existente dentro e entre três árvores avaliadas por idade.

As relações fundamentais entre as dimensões das fibras, conforme análise do Quadro 4, permitem concluir que as árvores adultas (10 anos) apresentaram índice de enfeitramento, fração parede e relação comprimento/espessura mais elevados, os quais são indicativos para a produção de polpas com melhores propriedades físico-mecânicas, principalmente resistência ao rasgo.

A análise do Quadro V, relativa à composição química das madeiras, mostra com o aumento da idade da árvore valores mais elevados para lignina, cinzas e solubilidades em água fria, água quente e álcool benzênico. Conforme pode ser observado, a madeira de *Acacia mearnsii* é rica em hemiceluloses, a julgar pelos elevados teores obtidos para pentosanas e solubilidade em solução de NaOH 1% a quente, e nas três idades estudadas, estes teores praticamente permaneceram constantes. Os valores mais elevados de lignina e extrativos encontrados nas árvores adultas (10 anos) são indicativos de maior dificuldade de deslignificação kraft.

Os valores relativos às características dos licores residuais, conforme análise do Quadro VI, mostram que o consumo de álcali ativo base madeira e base produto químico foi decrescente, quando da deslignificação de madeiras com 4, 10 e 7 anos. Este comportamento pode ser explicado tendo em vista a maior acessibilidade do licor de cozimento aos constituintes químicos da madeira, através dos vasos. No Quadro III pode ser observado que o tamanho dos vasos é decrescente para madeira de 4, 10 e 7 anos de idade. Teores de sólidos totais e densidade do licor mais elevados foram encontrados na deslignificação de madeira adulta (10 anos) e são devido aos maiores teores de lignina e extrativos na referida idade.

Os resultados para as características das polpas não branqueadas, apresentados no Quadro VII, mostram para árvores jovens (4 anos) facilidade de deslignificação, ligeiro decréscimo de viscosidade e alvura bem mais elevada, quando estes parâmetros são comparados à madeira adulta (10 anos). Tal comportamento era esperado, devido aos menores teores de lignina e extrativos na madeira jovem, bem como ao maior tamanho médio dos vasos, os quais facilitam a penetração e distribuição do licor de cozimento ao longo dos cavacos.

As relações alvura/kappa e viscosidade/kappa foram calculadas e estabelecidas a partir dos dados individuais. Os tratamentos de maior significância devem apresentar os mais elevados valores para ambas relações, com nítida vantagem para as madeiras jovens. O consumo específico de madeira para a produção de uma tonelada de celulose, tanto bruta como depurada, foi decrescente com o aumento da idade da árvore. O valor mais elevado de consumo específico das madeiras mais jovens é um dos parâmetros que prejudica sua utilização para produção de celulose. Entretanto para a produção de alguns tipos de papéis especiais as propriedades da polpa de madeiras jovens são bastante desejáveis, embora apresentem consumos específicos elevados. As polpas de madeiras jovens apresentaram valores ligeiramente mais elevados para solubilidades em solução de NaOH, os quais devem ser considerados para o desenvolvimento de propriedades físico-mecânicas que dependem de ligação inter-fibras.

A análise do Quadro XIII, relativo aos valores finais do processo de branqueamento nos indica que a polpa de árvores jovens requereu menor quantidade de cloro e alcançou maior valor de alvura final. A dosagem de aplicação de NaOH foi maior para a polpa de árvores jovens, devido às maiores quantidades utilizadas nos estágios de dioxidação para correção dos pH's iniciais. O decréscimo de viscosidade para a polpa de árvores jovens foi mais acentuado e pode ser atribuído às maiores facilidades

de deslignificação e branqueamento. Valores para número de cor posterior usualmente obtidos para Acacia mearnsii foram verificados, cabendo à polpa de árvores jovens os mais altos valores.

Os resultados para os ensaios de propriedades de resistências físico-mecânicas e óticas das polpas na forma não branqueada, apresentados no Quadro XIV, indicam que a polpa de árvores adultas necessita de maior consumo de energia de refino para atingir os níveis de drenabilidade pré-estabelecidos. Este comportamento pode ser atribuído às fibras mais rígidas de madeiras adultas, as quais necessitam de maior tempo de refino para o desenvolvimento de fibralações externa e interna. De uma maneira geral, resistências à tração, rasgo, estouro, alongamento são ligeiramente superiores para as polpas das madeiras adultas. Opacidade e alvura das polpas não branqueadas foram distintas, cabendo às fibras jovens, valores mais elevados de alvura e fibras adultas maiores opacidade. É importante salientar que as polpas na forma não branqueada estão em graus de deslignificação diferenciados, os quais devem ser considerados para explicar o comportamento das propriedades de resistências físico-mecânicas.

O Quadro XV, relativo aos resultados para os ensaios de propriedades físico-mecânicas e óticas das polpas branqueadas, mostra o comportamento das fibras jovens e adultas frente ao refino. O consumo de energia de refino é essencialmente dependente das características anatômicas das fibras, admitindo poucas variações nas características químicas. As fibras mais rígidas das madeiras adultas oferecem maior dificuldade a ação de refino em baixos valores de graus Schopper Riegler. Em níveis de refino mais elevados, o consumo de energia gasto em fibras adultas é menor que para as fibras jovens.

A polpa de fibras adultas conduzem a formação de folhas de maior volume específico e mais porosas, gerando valores mais elevados para opacidade, rasgo e coeficiente de dispersão de luz, mas perdem em resistência à tração, estouro e alvura para fibras jovens.

## 6. Conclusão

Os estudos permitiram observar que:

- a possibilidade tecnológica da utilização de madeiras jovens de Acacia mearnsii é viável para produção de polpa kraft com características particulares;

- os principais problemas das árvores jovens para uso industrial são a mais baixa densidade básica da madeira e o menor volume das árvores, o que implicará em alto consumo específico de madeira e maior número de árvores para produção de uma tonelada de celulose;

- a madeira de Acacia mearnsii é altamente heterogênea, apresentando valores de densidade básica crescentes no sentido medula-casca e decrescente no sentido base-topo. A alta variabilidade dentro da árvore é indicativo da presença de madeiras com características diferenciadas;

- a madeira adulta apresenta maior comprimento de fibra e a madeira jovem dimensões juvenis, como maiores largura de fibra, diâmetro de lúmen, comprimento e largura de vasos e menor espessura de parede;

- as relações entre as dimensões das fibras da madeira adulta revelaram índice de enfeitramento, fração parede e relação comprimento/espessura mais elevados, os quais são indicativos para a produção de polpas com melhores propriedades físico-mecânicas, principalmente resistência ao rasgo;

- a composição química das madeiras mostra com o aumento da idade das árvores, valores mais elevados para lignina, cinzas e solubilidades em água fria, água quente e álcool benzeno;

- a madeira jovem (4 anos) foi facilmente deslignificada, sempre da considerável de viscosidade e obtendo polpa de alvura mais elevada que a madeira adulta (10 anos);

- o consumo específico de madeira para a produção de uma tonelada de celulose, tanto bruta como depurada, foi decrescente com o aumento da idade da árvore;

- a polpa de madeira jovem requer menor quantidade de cloro ativo e alcançou maior alvura final, mas necessitou de maior dosagem de hidróxido de sódio para correção dos pH's iniciais nos estágios de dioxidação;

- a polpa de madeira adulta, na forma não branqueada, necessitou de maior consumo de energia para a obtenção dos níveis de refino pré-estabelecidos, obtendo valores mais elevados para tração, rasgo, estouro, alongamento e opacidade;

- na forma branqueada, a polpa de madeira adulta requereu menor consumo de energia de refino e conduziu a formação de folhas de maior volume específico, mais porosas e com opacidade e rasgo superiores, mas perdeu em resistências à tração, estouro e alvura para a polpa de madeira jovem.

Como conclusão geral, pode-se afirmar que a idade da árvore está intimamente relacionada à qualidade da madeira e comportamento frente deslignificação, branqueamento e refino, bem como a qualidade do produto final. No caso da Acacia mearnsii, uma das limitações para uso industrial da madeira de árvores jovens é o próprio volume individual médio das árvores. Entretanto, é preciso lembrar que há um amplo campo para melhoramento genético dessa espécie no Rio Grande do Sul.

## 7. Literatura citada

BARRICHELO, L.E.G. & BRITO, J.O. Variabilidade longitudinal e radial da madeira de Eucalyptus grandis. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 17., São Paulo. Trabalhos técnicos ... São Paulo, ABCP, 1984.

BUSNARDO, C.A.; BENFATTO, C.S.; GONZAGA, J.V. & FOELKEL, C.E.B. Branqueamento e caracterização das celuloses kraft a partir de cozimentos conjuntos de misturas de cavacos de Eucalyptus saligna e Acacia mearnsii. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 17., São Paulo. Trabalhos técnicos ... São Paulo, ABCP, 1984.

BRASIL, M.A.M.; VEIGA, R.A. de & MELLO, H. do A. Densidade básica da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden aos 3 anos de idade. IPEF, Piracicaba, (19):63-76, 1979.

CARPIM, M.A. et alii. Variabilidade da densidade da madeira de Eucalyptus spp. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3., São Paulo. Trabalhos técnicos ... São Paulo, ABCP, 1983.

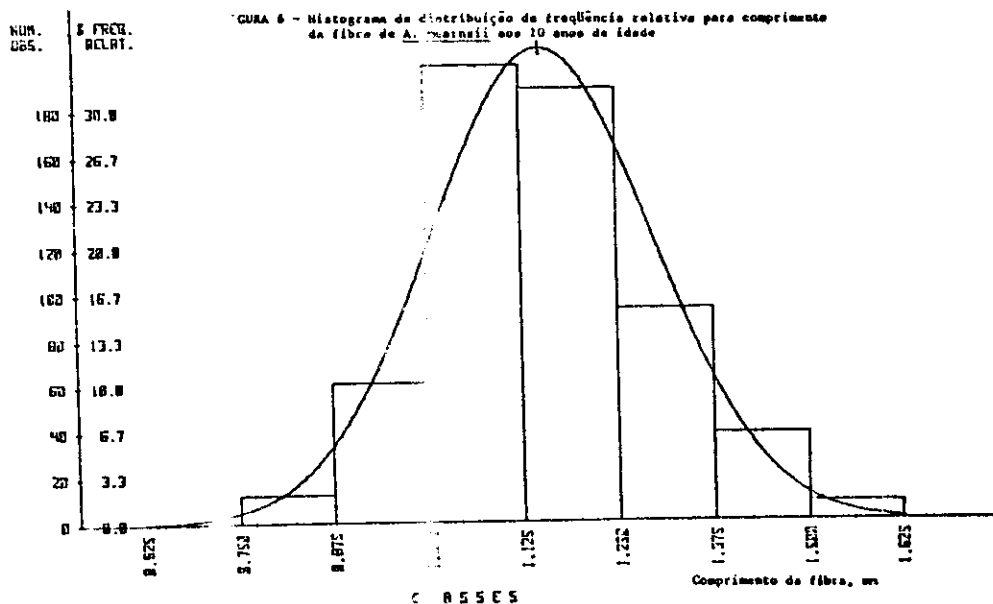
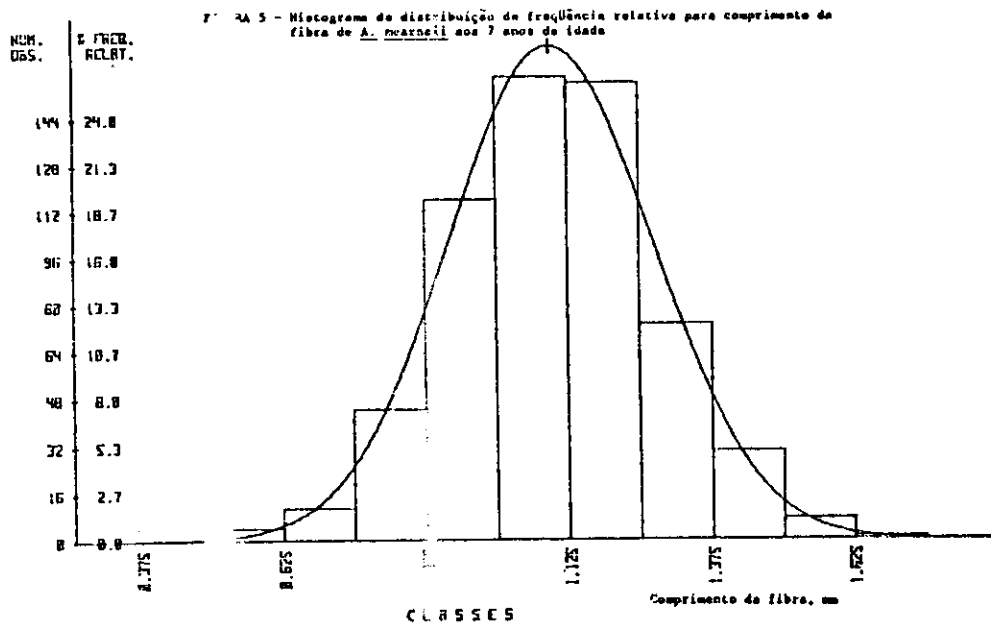
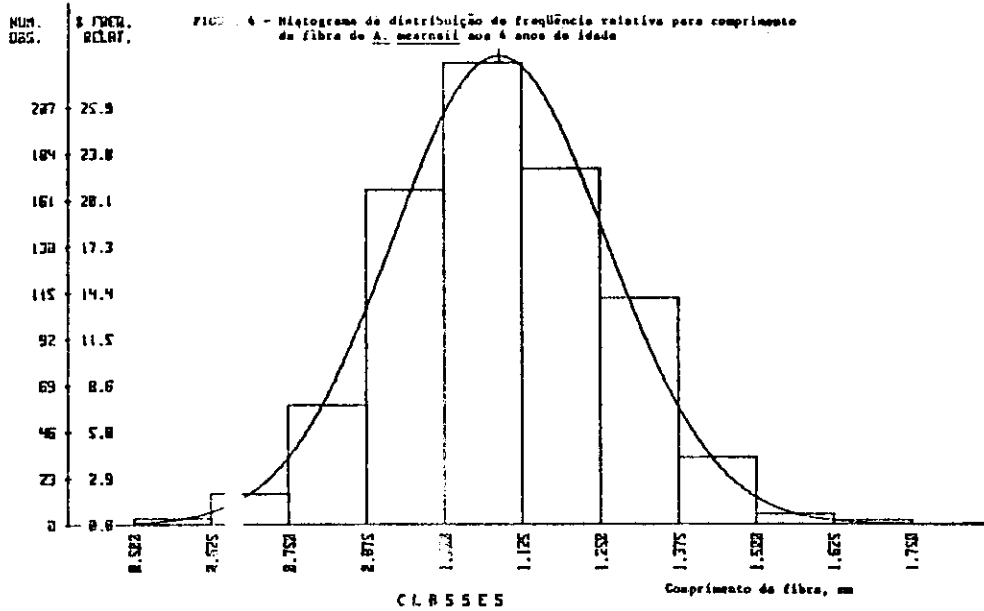
FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden nas idades 11, 12, 13, 14 e 16 anos. IPEF, Piracicaba, (4):65-89, 1972.

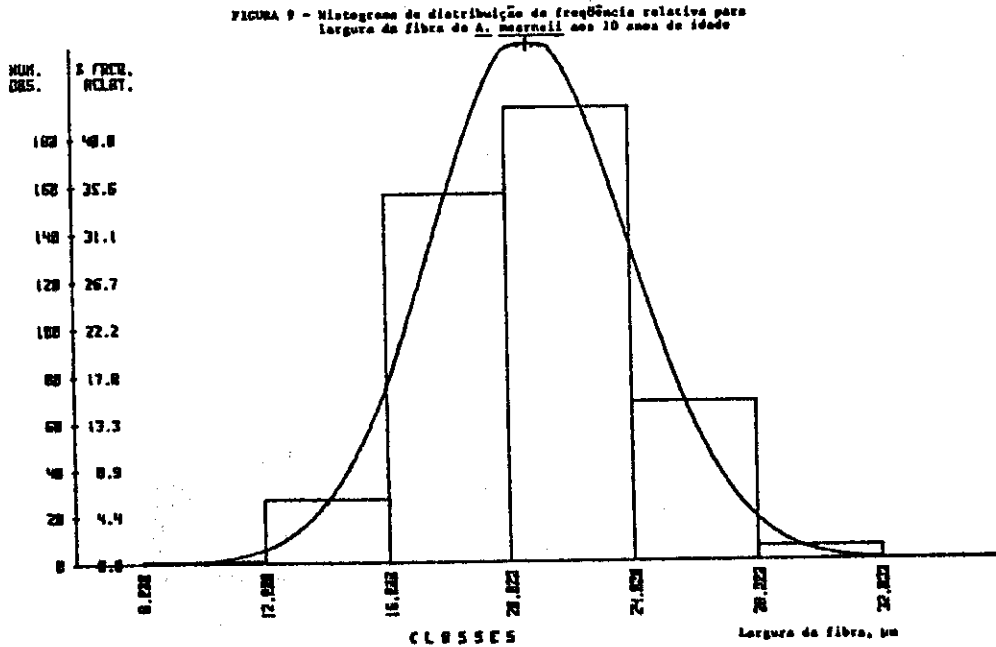
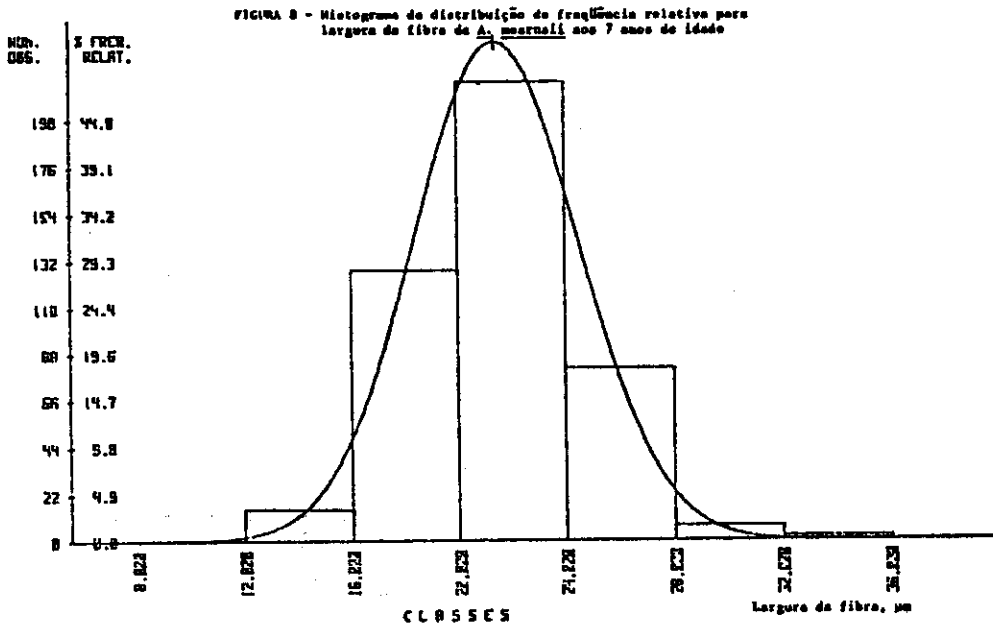
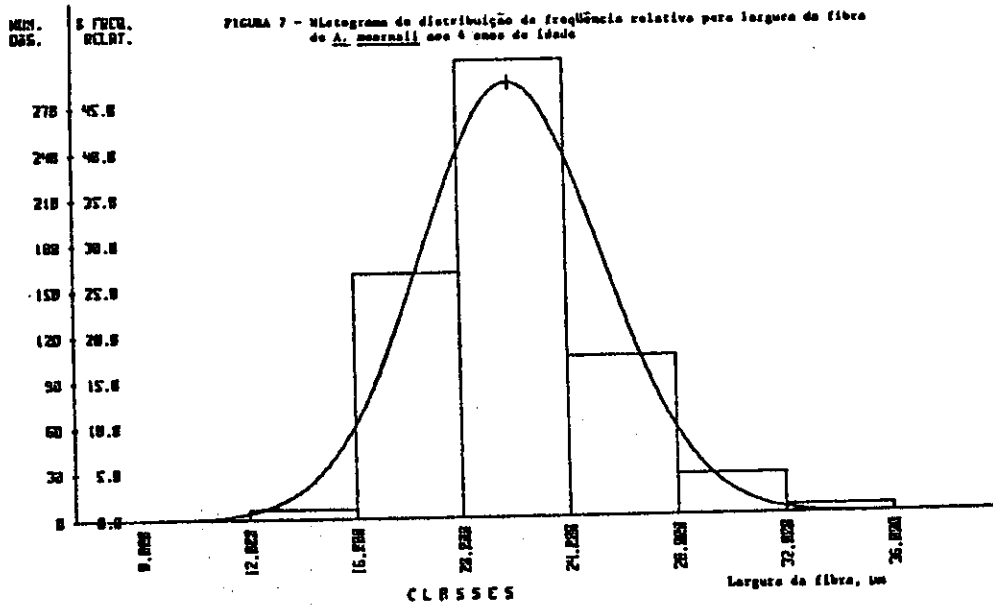
FOELKEL, C.E.B. et alii. Possibilidades do emprego de eucaliptos jovens na produção de polpa kraft. O Papel, São Paulo, 42:95-100, nov. 1981.

- FOELKEL, C.E.B. et alii. Variabilidade radial da madeira de Eucalyptus saligna. Silvicultura, São Paulo, 8(28):728-91, jan./fev., 1982.
- FOELKEL, C.E.B. Avaliação comparativa da Acacia mearnsii e Eucalyptus saligna quanto à qualidade de suas madeiras para celulose kraft. Guaíba, RIOCELL, 1982. 20p. (Relatório técnico DIQUA, 67).
- FOELKEL, C.E.B.; CABRERA, A.C.A. & VESZ, J.B.V. Novas fórmulas para do sagens de cloro ativo e soda cáustica nos estágios C & E do branqueamento de celulose kraft de eucalipto. O Papel, São Paulo, 44:43-47, jul., 1983.
- GONZAGA, J.V. et alii. Qualidade da madeira de Acacia mearnsii da região de Guaíba-RS. Silvicultura, São Paulo, 8(28):813-820, jan./fev., 1983.
- MANFREDI, V. & BARRICHELO, L.E.G. Variação no rendimento em celulose sulfato ao longo do tronco do eucalipto. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 18., São Paulo. Trabalhos técnicos ... São Paulo, ABCP, 1985.
- MARTINS, M.A.L. et alii. Estudo tecnológico da polpação kraft de Acacia mearnsii De Wild. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 16., São Paulo. Trabalhos técnicos ... São Paulo, ABCP, 1983.
- PETRIK, A.W. et alii. Produção de celulose kraft a partir de misturas de madeiras de Eucalyptus saligna e Acacia mearnsii. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 17., São Paulo. Trabalhos técnicos... São Paulo, ABCP, 1984.
- RATNIEKS, E. & SANSÍGOLO, C.A. Estudo comparativo das qualidades de madeira e polpa de árvores jovens de Eucalyptus saligna e Eucalyptus dunnii. Guaíba, RIOCELL, 1986. 66p. (Relatório técnico, 43).
- ZOBEL, B.; CAMPINHOS, E. & IKEMORI, Y. Selecting and breeding for desirable wood. TAPPI Journal, Atlanta, 70-4, jan. 1983.
- ZOBEL, B. & TALBERT, J. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons, New York, 1984. 505p.

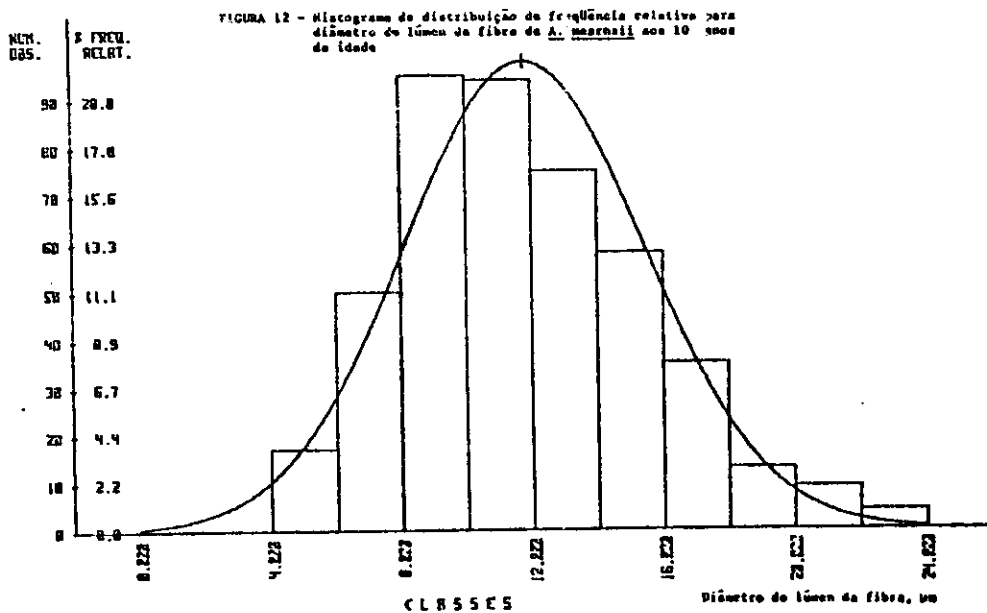
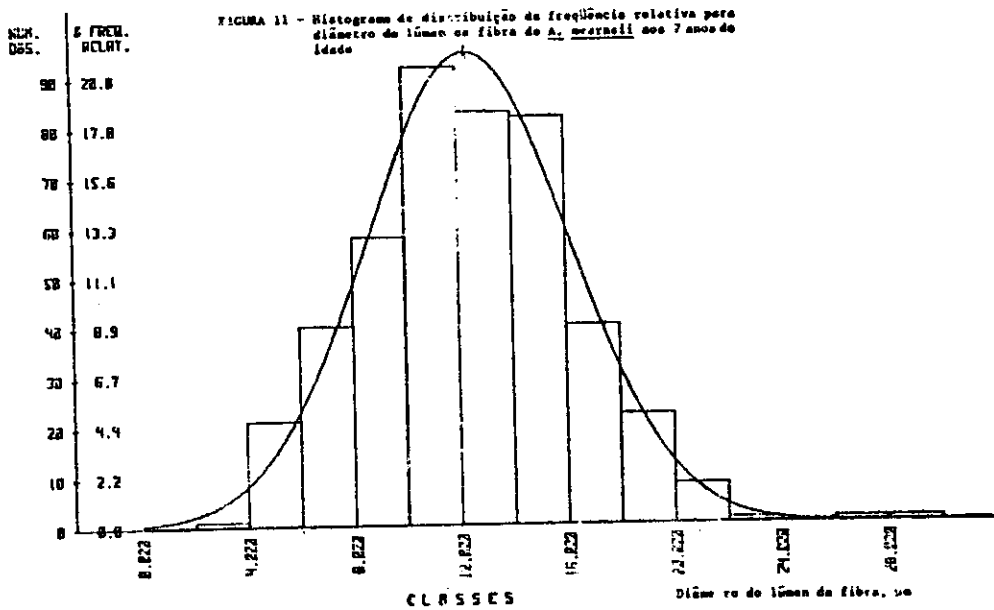
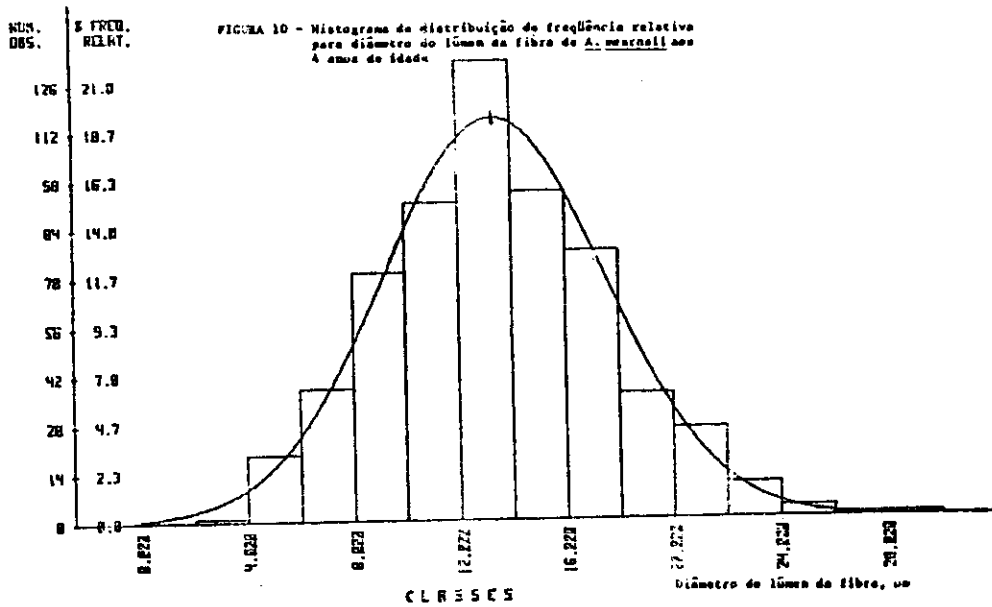
## 8. Agradecimentos

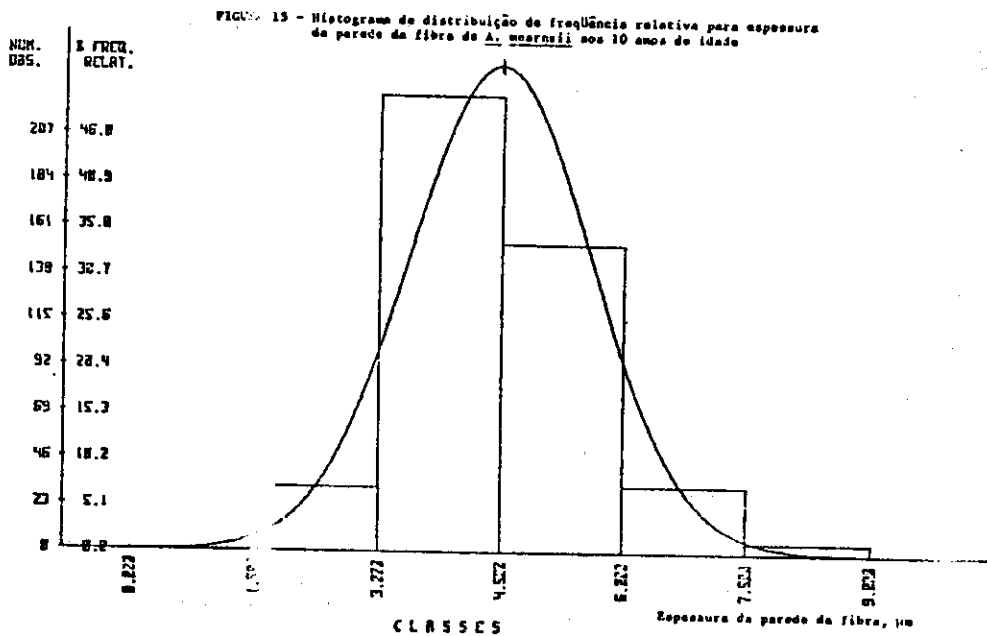
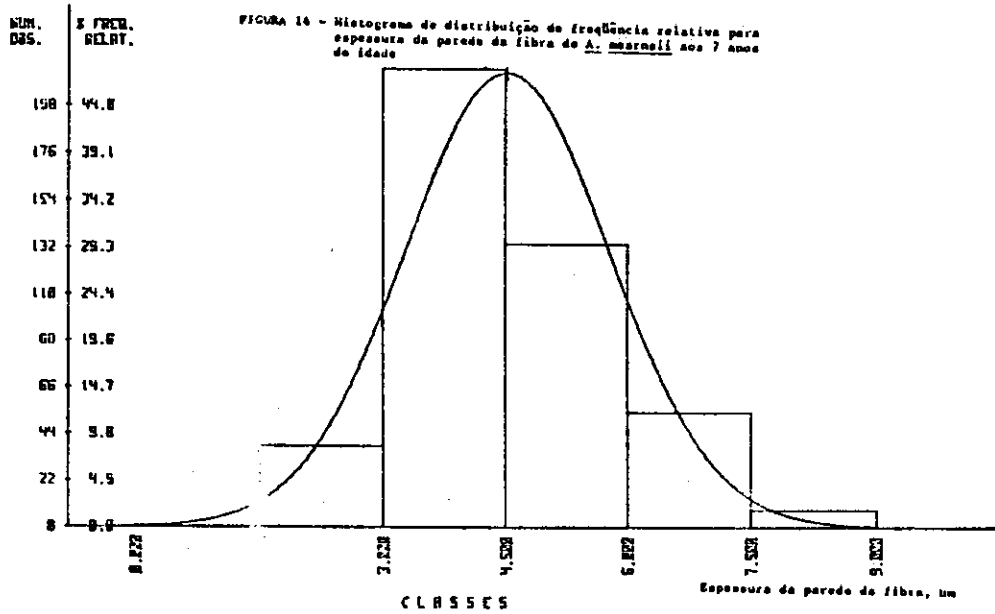
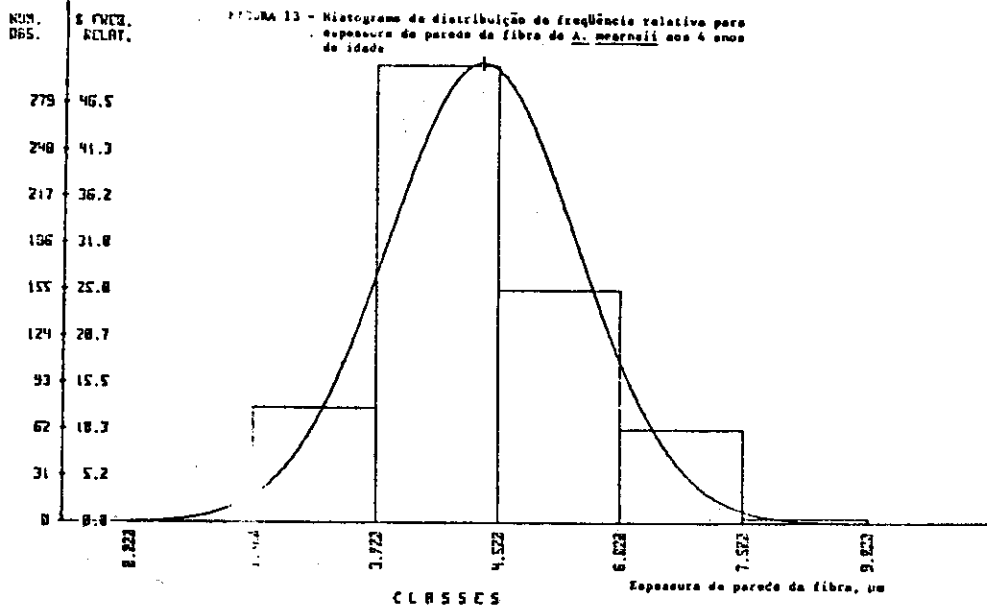
Os autores agradecem a TANAC S.A. Indústria de Tanino e a Dra. Maria Valesca Popp Borges pelo fornecimento do material para a realização do presente estudo.











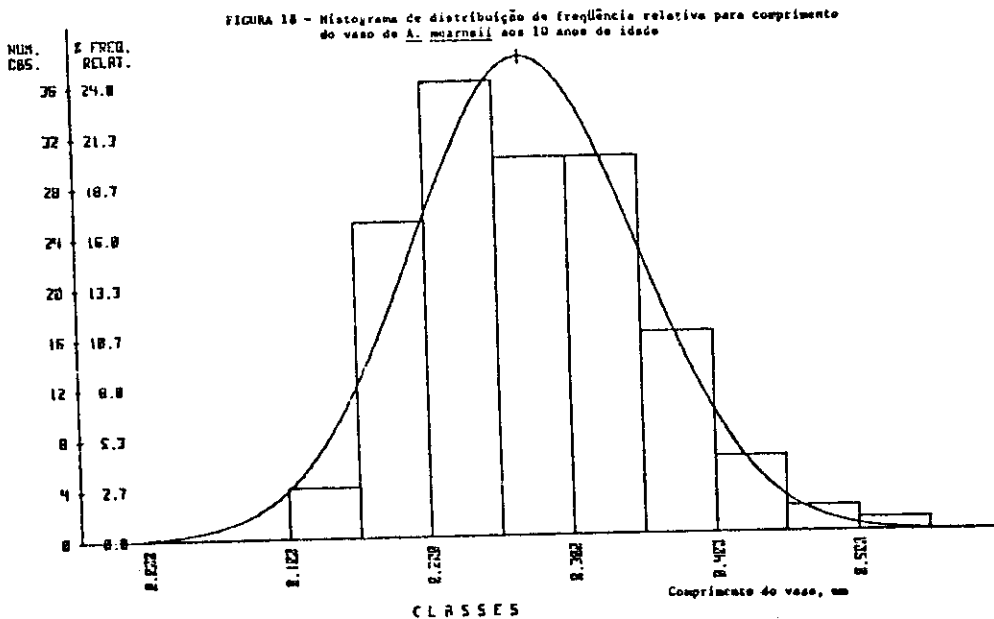
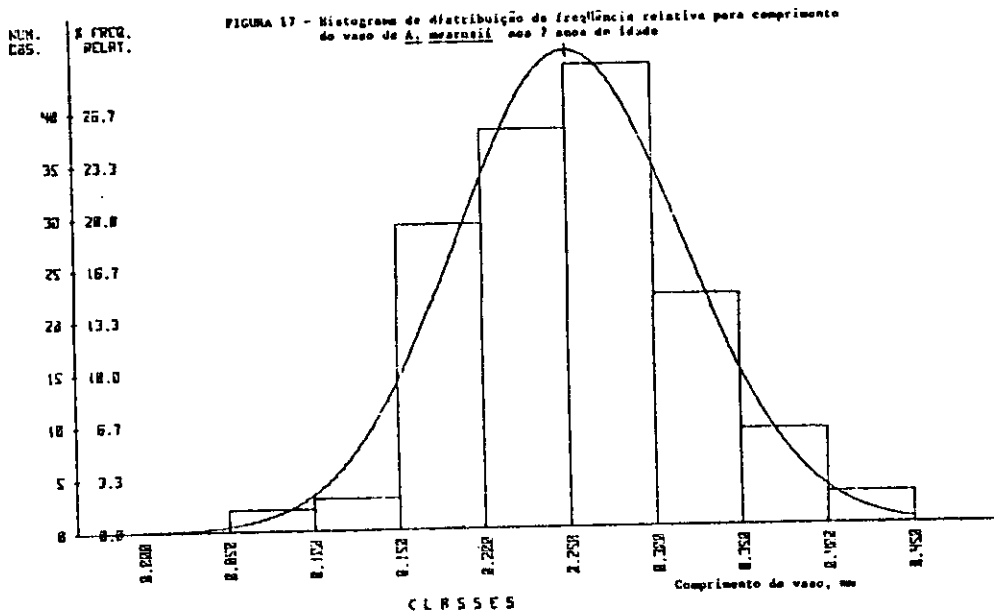
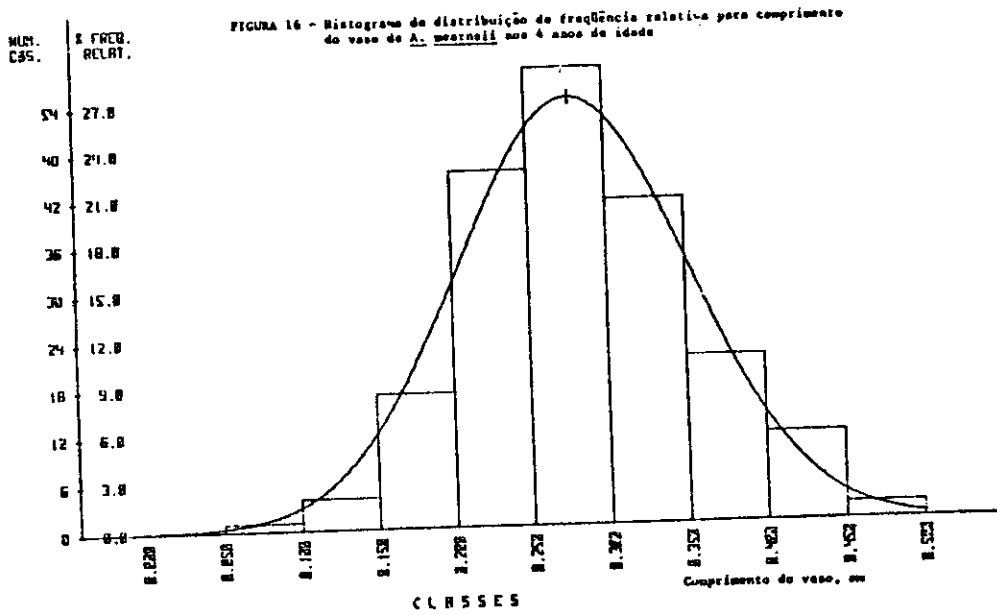


FIGURA 19 - Histograma de distribuição de frequência relativa para largura do vaso de *A. wearnii* aos 6 anos de idade

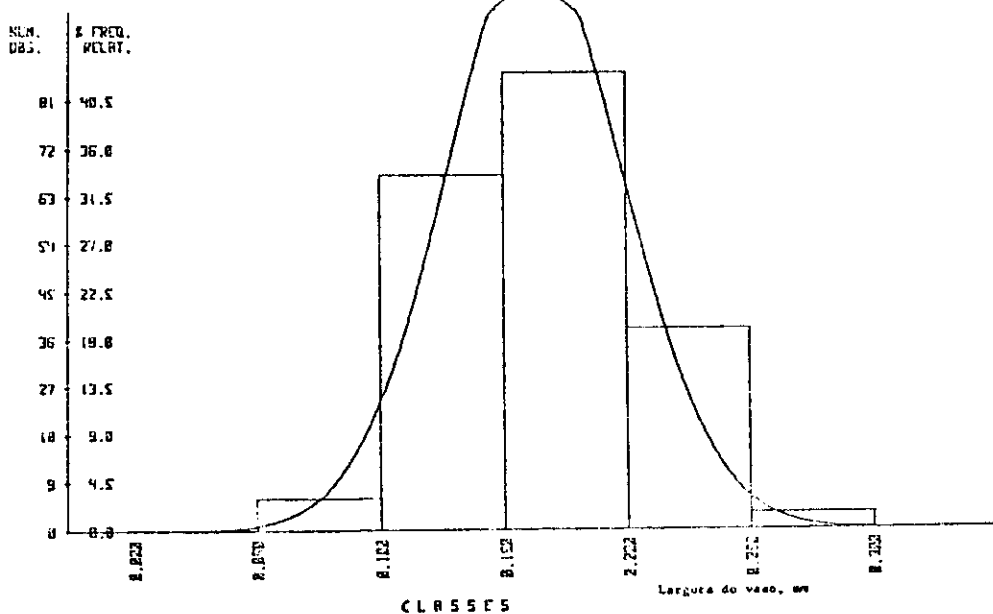


FIGURA 20 - Histograma de distribuição de frequência relativa para largura do vaso de *A. wearnii* aos 7 anos de idade

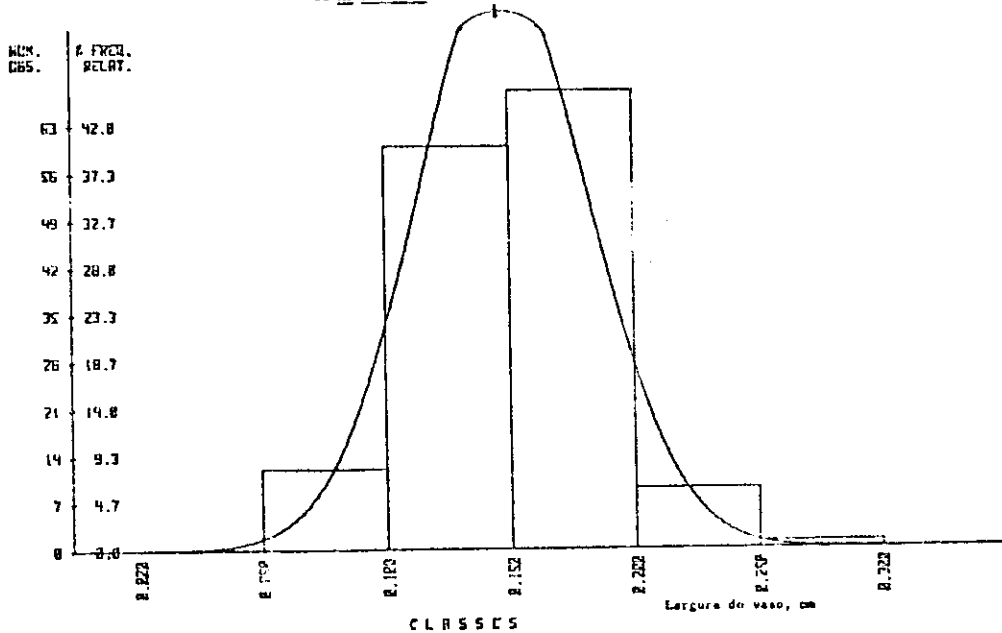


FIGURA 21 - Histograma de distribuição de frequência relativa para largura do vaso de *A. wearnii* aos 10 anos de idade

