

**Densidade básica e características das fibras de madeira de Eucalyptus grandis**

MFN -0662

N CHAMADA:

TITULO: Densidade básica e características das fibras de madeira de Eucalyptus grandis

AUTOR(ES): BARRICHELO, L.E.G.BRITO, J.O.BAZANELLI, A.V.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO: 02. Celulose

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 16

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 21-26.11.1983

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1983, ABTCP

PAG/VOLUME: p.113-125, v.1

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 16, 1983, São Paulo, v.1, p.113-125

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR: densidade básica, madeira, eucalipto

RESUMO:

DENSIDADE BÁSICA E CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS DE  
MADEIRA DE *Eucalyptus grandis*



Barrichelo, L.E.G.  
Erito, J.O.  
Eazanelli, A.V.

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Piracicaba-SP - Brasil

RESUMO

O objetivo do trabalho foi procurar estabelecer as correlações entre as características das fibras e a densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis*, a par da variabilidade destas características entre árvores.

Para tanto foram amostradas 100 árvores, retirados discos ao nível do DAP e utilizados para a determinação da densidade básica pelo método da balança hidrostática. Separados em quatro classes de densidade, foram agrupados e subdivididos em duas seções no sentido medula-casca, resultando 8 tratamentos. Transformados em cavacos e homogeneizados dentro de cada tratamento, foi determinada a densidade básica dos mesmos pelo método do máximo teor de umidade. Uma segunda amostragem foi feita sobre 4000 cavacos de madeira de *E. grandis* de outra procedência, e determinadas as densidades. A seguir os cavacos foram agrupados em 25 classes de densidade.

Para ambos os materiais foram retiradas amostras para preparo de lâminas e medições das fibras.

De uma maneira geral, os resultados apontaram altos valores do coeficiente de correlação para a maioria dos parâmetros ensaiados. Isto sugere a possibilidade de utilização simultânea dos mesmos dentro de programas de melhoramento florestal.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentro de um dado processo de obtenção de celulose a qualidade final da mesma está altamente dependente das características da matéria-prima sob os aspectos anatômicos, físicos e químicos.

A literatura especializada registra um grande número de trabalhos mostrando os reflexos das variações dos parâmetros da madeira e as características de resistências das celuloses (HIETT et alii, 1960; TAMO LANG & WANGAARD, 1961; DINWOODIE, 1965 e 1966; WARDROP, 1969; HORN, 1974).

Entre os principais parâmetros da madeira destacam-se a densidade, características das fibras, vasos e parênquima e teores de celulose, lignina, pentosanas e extrativos. Enquanto que estes últimos respondem pelos aspectos quantitativos de rendimento e consumo de produtos químicos nos cozimentos, os aspectos físicos e anatômicos estão mais diretamente relacionados com a qualidade da celulose traduzida pelas resistências físico-mecânicas, e características superficiais e óticas.

---

Trabalho apresentado no III Congresso Latino-Americano de Celulose e Papel - em São Paulo - Brasil - de 21 a 26 de Novembro de 1983.

No estudo dos parâmetros de qualidade da madeira, o enfoque deve abranger sobretudo, o conhecimento da variabilidade e as inter-relações dos diferentes parâmetros entre si.

Para a densidade básica da madeira e dimensões das fibras ocorre uma variação mais ou menos acentuada entre gêneros, entre espécies dentro de um mesmo gênero e árvores dentro de uma mesma espécie. A variação dentro da espécie ainda pode ocorrer em função da origem da semente, condições locais de clima e solo, sistema de implantação e condução da floresta, idade, ritmo de crescimento, etc. Mesmo dentro da árvore, a variação pode ser acentuada, principalmente nos sentidos base-topo e medula-casca (SANTOS, 1961; BRASIL & FERREIRA, 1971 e 1972; FERREIRA, 1972; FERREIRA et alii, 1978; BARRICHELO, 1980).

PANSHIN & DE ZEEW (1970) apresentam os principais modelos de variação longitudinal dentro das árvores como sendo:

- a. decrescente uniformemente com a altura;
- b. decrescente até o meio do tronco e crescente deste ponto até o topo; e
- c. crescente da base para o topo, não obedecendo a um padrão uniforme de variação.

Por outro lado, estes autores destacam como principais modelos de variação radial (medula-casca):

- a. crescente da medula para a casca;
- b. decrescente nos primeiros anos e crescente nos anos subsequentes;
- c. crescente no início, próxima à medula, permanecendo, a seguir, mais ou menos constante ou podendo decrescer nas porções mais próximas à casca; e
- d. decrescente da medula para a casca.

Em nosso meio, tanto para o gênero *Eucalyptus* como para o gênero *Pinus* a variação tem se mostrado de acordo com o primeiro modelo (BRASIL & FERREIRA, 1972; FOELKEL et alii, 1975, 1976 e 1982; BARRICHELO & BRITO, 1979; CARPIM et alii, 1983).

HANS et alii (1972) confirmam estas observações, para madeira de *Eucalyptus grandis* em Zâmbia enquanto que LANTICAN & MADAMBA (1978) analisando o *Eucalyptus deglupta* nas Filipinas constatou que o mesmo apresenta o modelo decrescente da densidade no sentido medula-casca.

As inter-relações entre a densidade e as dimensões das fibras são conhecidas há longo tempo para madeiras temperadas, notadamente coníferas. VAN BUIJTENEN (1965) apresenta completa revisão do assunto para coníferas da América do Norte.

Por outro lado, WATSON (1965) registrava, nesta data, que havia um número bastante limitado de informações entre as propriedades da madeira e características das fibras para folhosas tropicais e semi-tropicais.

Alguns anos após, HIGGINS et alii (1973) já apresentam resultados a respeito das relações entre a densidade básica da madeira de eucalipto e os elementos anatômicos.

Dado o reduzido número de trabalhos que procuram analisar este importante aspecto da qualidade da madeira do eucalipto, o presente trabalho procura trazer sua contribuição para um melhor conhecimento do *Eucalyptus grandis*, importante matéria-prima para a produção de celulose de fibras curtas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Material

Para os ensaios foram utilizados dois materiais distintos, a saber:

a) Material G1 - discos provenientes de 100 árvores de *E. grandis* amostrados ao nível do DAP. A floresta foi implantada com sementes provenientes da Rodésia e, quando da amostragem, contava com 8 anos de idade.

b) Material G2 - cavacos provenientes de diferentes discos de árvores amostradas de um povoamento implantado com sementes de Coff's Harbour e na idade de 6 anos.

### 2.2. Métodos

#### 2.2.1. Para o material G1

Os discos foram seccionados em quatro partes, das quais, duas opostas foram utilizadas para a determinação da densidade básica pelo método da balança hidrostática (Norma ABCP M14/70).

Em seguida as cunhas remanescentes foram agrupadas em quatro classes de densidades, a saber:

classe I :  $db < 0,500 \text{ g/cm}^3$   
classe II :  $0,500 < db < 0,550 \text{ g/cm}^3$   
classe III:  $0,550 < db < 0,600 \text{ g/cm}^3$   
classe IV :  $db > 0,600 \text{ g/cm}^3$

As cunhas foram seccionadas em duas regiões (na metade da distância medula-casca) resultando duas frações: A, da medula até o meio e B, do meio até a periferia.

Os materiais provenientes de ambas as frações foram agrupados e transformados em cavacos, obtendo-se oito lotes distintos.

Cada lote de cavacos foi utilizado na determinação da densidade básica pelo método do máximo teor de umidade segundo FOELKEL, BRASIL & BARRICHELO (1972).

#### 2.2.2. Para o material G2

Os discos foram transformados em cavacos tendo sido utilizados 4.000 amostras para a determinação da densidade pelo método do máximo teor de umidade.

Conhecendo-se a densidade básica de cada um, os mesmos foram agrupados em 25 classes de densidade desde 0,340 até 0,590  $\text{g/cm}^3$ .

#### 2.2.3. Para ambos os materiais

Tanto dos 8 lotes de cavacos do material G1 como dos 25 lotes do material G2 foram retiradas amostras de madeira para maceração, montagem de lâminas e medições de fibras.

As seguintes dimensões foram mensuradas: comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura das paredes das fibras.

A partir dos valores encontrados para densidades básicas e dimensões das fibras foram estabelecidas correlações e equações de regressão linear.

## 3. RESULTADOS

Tabela I. Valores das densidades básicas dos discos ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) do material Gl.

Disco	Densidade básica	Disco	Densidade básica
1	0,489	51	0,608
2	0,535	52	0,590
3	0,558	53	0,567
4	0,640	54	0,505
5	0,537	55	0,564
6	0,496	56	0,554
7	0,525	57	0,522
8	0,533	58	0,492
9	0,510	59	0,551
10	0,533	60	0,427
11	0,592	61	0,576
12	0,508	62	0,572
13	0,585	63	0,554
14	0,524	64	0,538
15	0,565	65	0,516
16	0,556	66	0,556
17	0,569	67	0,528
18	0,601	68	0,511
19	0,501	69	0,499
20	0,521	70	0,572
21	0,507	71	0,548
22	0,575	72	0,504
23	0,536	73	0,514
24	0,521	74	0,528
25	0,553	75	0,559
26	0,419	76	0,509
27	0,526	77	0,486
28	0,570	78	0,514
29	0,563	79	0,633
30	0,573	80	0,544
31	0,589	81	0,488
32	0,602	82	0,568
33	0,560	83	0,524
34	0,598	84	0,467
35	0,607	85	0,554
36	0,529	86	0,548
37	0,515	87	0,603
38	0,542	88	0,493
39	0,604	89	0,586
40	0,552	90	0,478
41	0,500	91	0,616
42	0,597	92	0,459
43	0,575	93	0,539
44	0,554	94	0,537
45	0,513	95	0,494
46	0,519	96	0,440
47	0,544	97	0,521
48	0,483	98	0,484
49	0,610	99	0,593
50	0,495	100	0,540

Tabela II. Densidades básicas dos cavacos das diferentes regiões dos discos do material GI.

	Classes de densidade (g/cm <sup>3</sup> )			
	I	II	III	IV
Faixa	< 0,500	0,500-0,550	0,550-0,600	> 0,600
Região A	0,420	0,490	0,507	0,557
Região B	0,521	0,539	0,605	0,652

Tabela III. Dimensões das fibras das classes de densidades e regiões dos discos do material GI.

Classe	Região	C	L	DL	E
I	A	0,89	17,9	9,8	4,0
	B	1,05	18,4	9,2	4,6
II	A	0,98	17,9	9,4	4,3
	B	1,10	18,6	9,0	4,8
III	A	1,01	18,1	8,9	4,6
	B	1,05	18,3	8,7	4,8
IV	A	0,98	17,7	8,6	4,6
	B	1,13	17,8	8,0	4,9

C = comprimento da fibra (mm)

L = largura da fibra (µm)

DL = diâmetro do lúmen (µm)

E = espessura da parede (µm)

Tabela IV. Densidades básicas e dimensões das fibras dos cavacos do material G2.

DB	C	L	DL	E
0,345	0,98	20,0	11,4	4,3
0,355	1,00	20,4	12,7	3,8
0,365	1,01	18,9	11,1	3,9
0,375	1,02	19,3	11,8	3,8
0,385	1,03	20,4	12,4	4,0
0,395	1,02	18,9	11,4	3,7
0,405	0,94	18,2	10,5	3,9
0,415	1,01	18,7	10,7	4,0
0,425	1,05	18,4	10,2	4,1
0,435	1,08	19,2	10,9	4,1
0,445	1,11	18,7	10,6	4,1
0,455	1,18	18,5	10,0	4,2
0,465	1,09	18,5	9,9	4,3
0,475	1,10	19,0	10,3	4,4
0,485	1,06	19,0	10,4	4,3
0,495	1,15	19,2	10,5	4,3
0,505	1,09	18,9	9,3	4,8
0,515	1,24	17,7	8,7	4,5
0,525	1,15	18,4	8,9	4,7
0,535	1,18	18,5	8,6	5,0
0,545	1,15	18,5	8,8	4,8
0,555	1,19	19,5	8,7	5,4
0,565	1,18	19,3	9,0	5,2
0,575	1,14	18,4	8,4	5,0
0,585	1,20	19,2	9,4	4,9

DB = densidade básica ( $\text{g/cm}^3$ )  
 C = comprimento da fibra (mm)  
 L = largura da fibra ( $\mu\text{m}$ )  
 DL = diâmetro do lúmen ( $\mu\text{m}$ )  
 E = espessura da parede ( $\mu\text{m}$ )

Tabela V. Correlações para os parâmetros ensaiados e equações lineares (Y = a + b X) para o material G1.

Y	X	r	a	b
DB	C	0,8342	-0,2600	0,7788
	L	0,0061	-	-
	DL	-0,9501	1,6581	-0,1254
	E	0,8721	0,4381	0,2137
C	L	0,3957	-	-
	DL	-0,7532	1,9750	-0,1065
	E	0,9338	-0,0950	0,2451
L	DL	0,1723	-	-
	E	0,4087	-	-
DL	E	-0,8259	15,9359	-1,5332

Y = variável dependente  
X = variável independente  
r = coeficiente de correlação  
a = coeficiente linear  
b = coeficiente angular  
DB = densidade básica (g/cm<sup>3</sup>)  
C = comprimento da fibra (mm)  
L = largura da fibra (μm)  
DL = diâmetro do lúmen (μm)  
E = espessura da parede (μm)

Tabela VI. Correlações para os parâmetros ensaiados e equações lineares (Y = a + b X) para o material G2.

Y	X	r	a	b
DB	C	0,8550	-0,3950	0,7861
	L	-0,3899	-	-
	DL	-0,8977	1,0200	-0,0545
	E	0,8904	-0,1401	0,1381
C	L	-0,3470	-	-
	DL	-0,7759	1,6146	-0,0511
	E	0,7516	0,5384	0,1269
L	DL	0,6420	15,4706	0,3415
	E	-0,1490	-	-
DL	E	-0,8515	19,7373	-2,1811

Y = variável dependente  
X = variável independente  
r = coeficiente de correlação  
a = coeficiente linear  
b = coeficiente angular  
DB = densidade básica (g/cm<sup>3</sup>)  
C = comprimento da fibra (mm)  
L = largura da fibra (μm)  
DL = diâmetro do lúmen (μm)  
E = espessura da parede (μm)



Gráfico 1. Material G1. Histograma referente aos valores das densidades básicas dos discos.

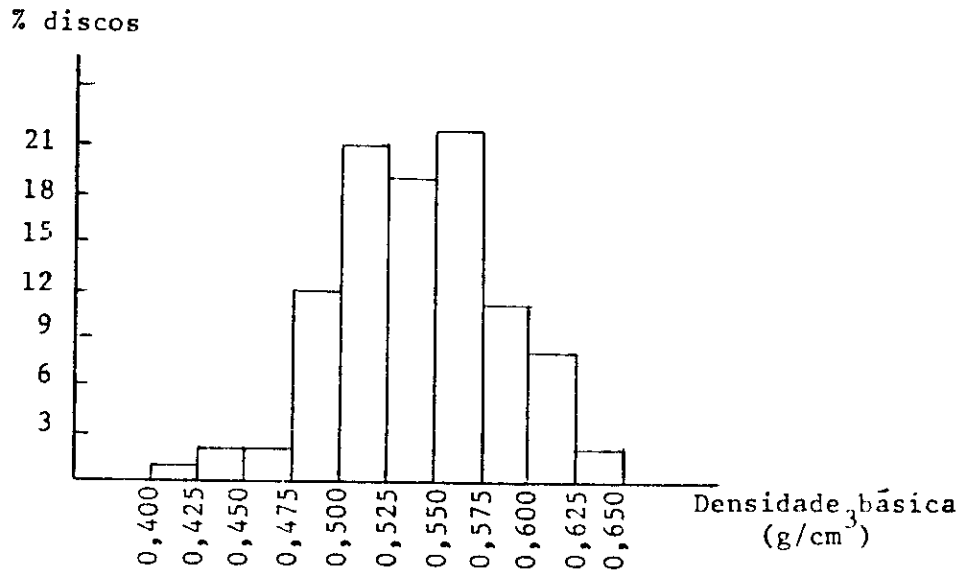


Gráfico 2. Material G1. Densidade básica correlacionada com o comprimento da fibra.

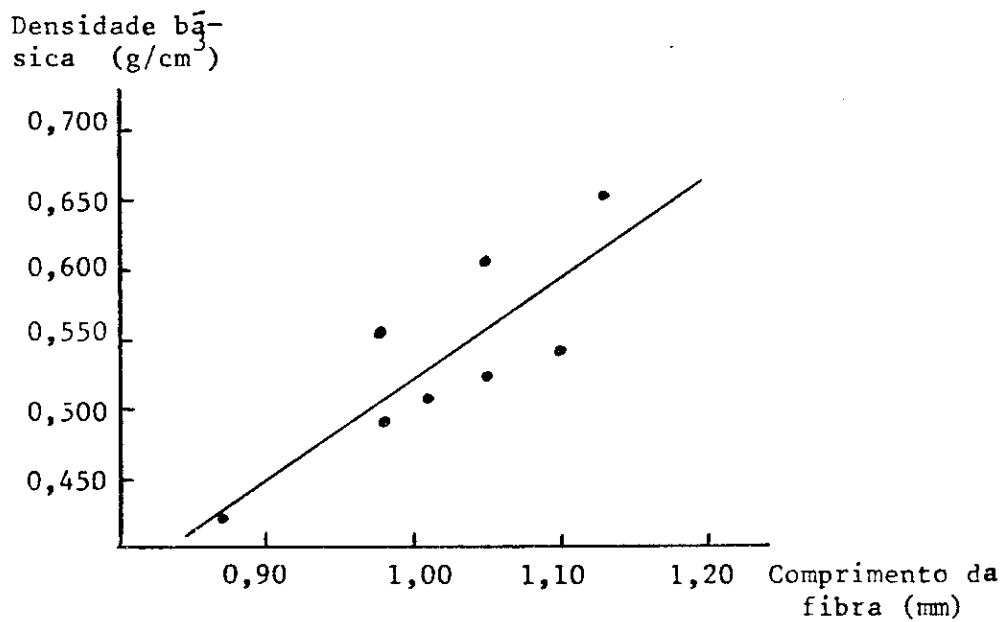


Gráfico 3. Material Gl. Densidade básica correlacionada com o diâmetro do lúmen da fibra.

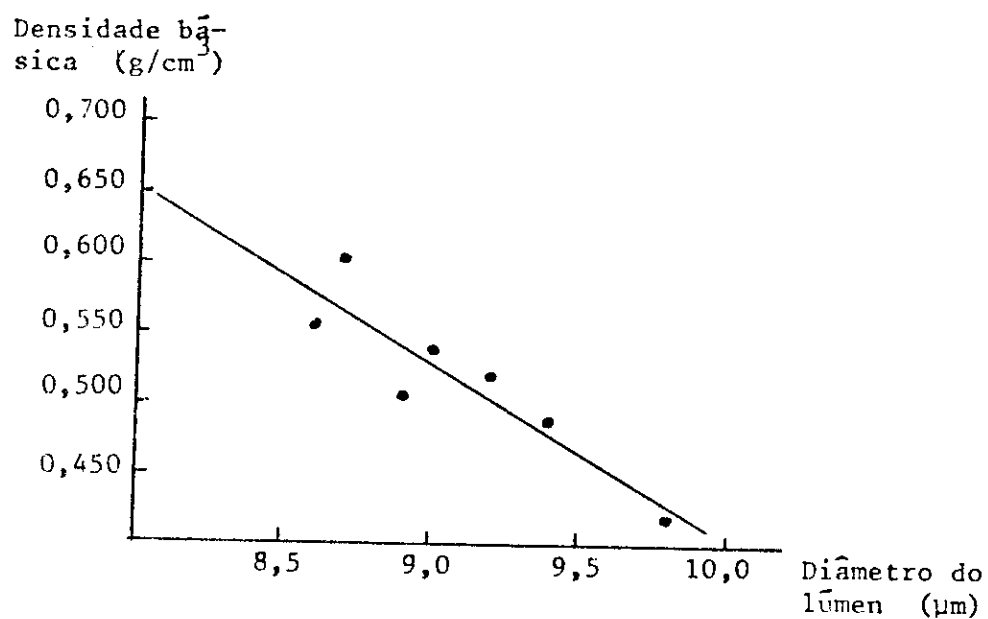


Gráfico 4. Material Gl. Densidade básica correlacionada com a espessura da parede da fibra.

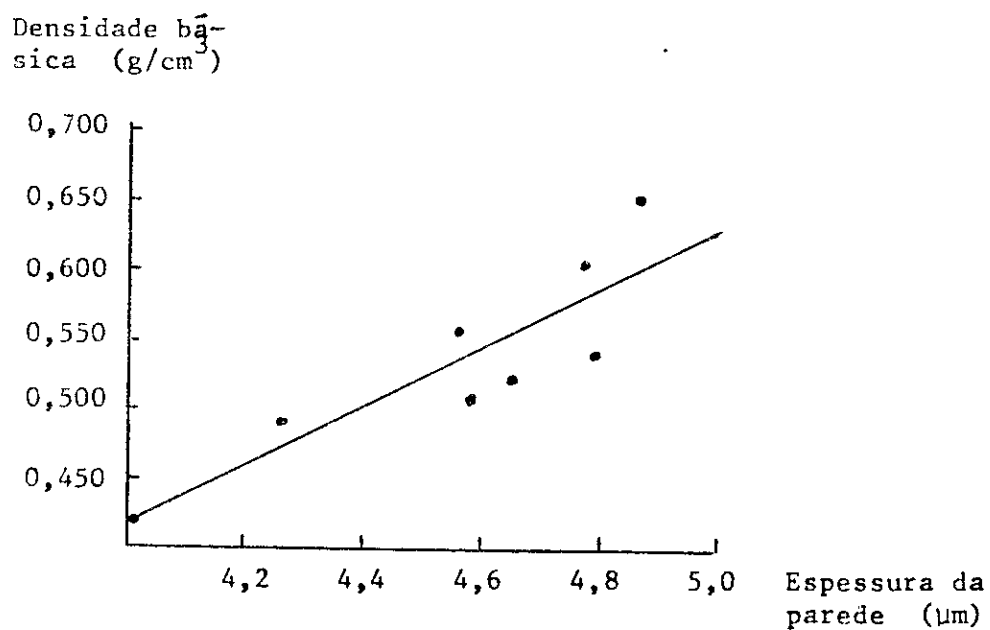


Gráfico 5. Material G2. Densidade básica correlacionada com o comprimento da fibra.

Densidade básica ( $\text{g/cm}^3$ )

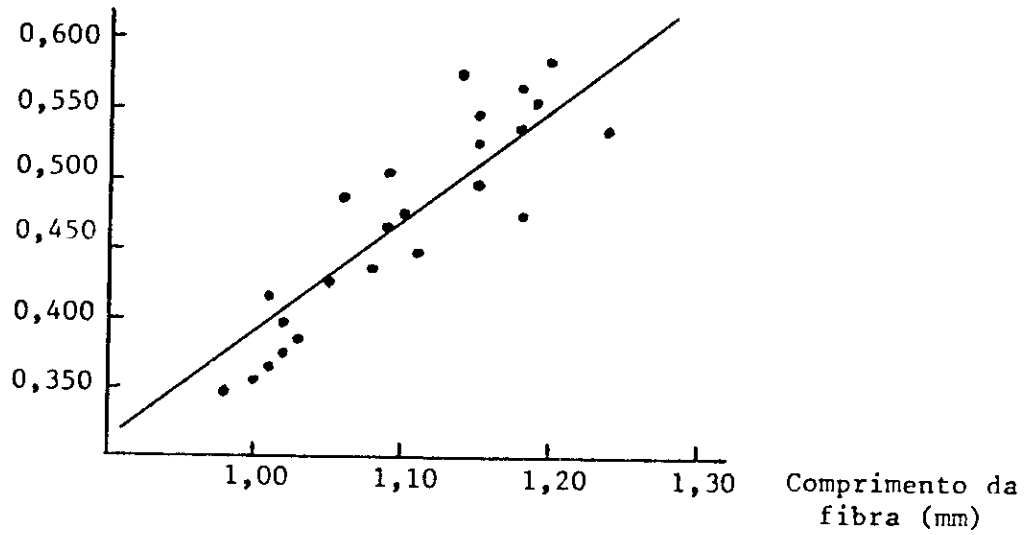


Gráfico 6. Material G2. Densidade básica correlacionada com o diâmetro do lúmen da fibra.

Densidade básica ( $\text{g/cm}^3$ )

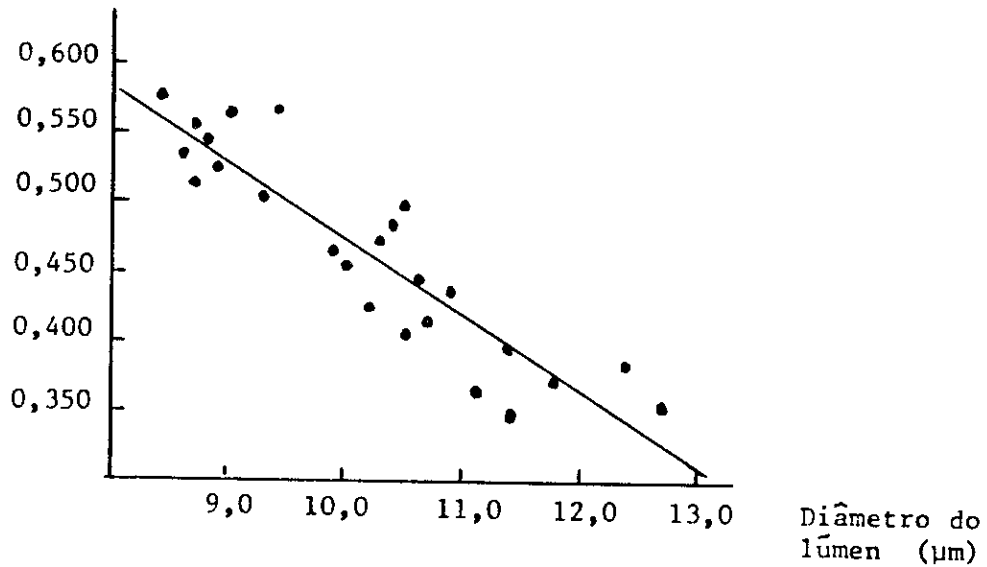
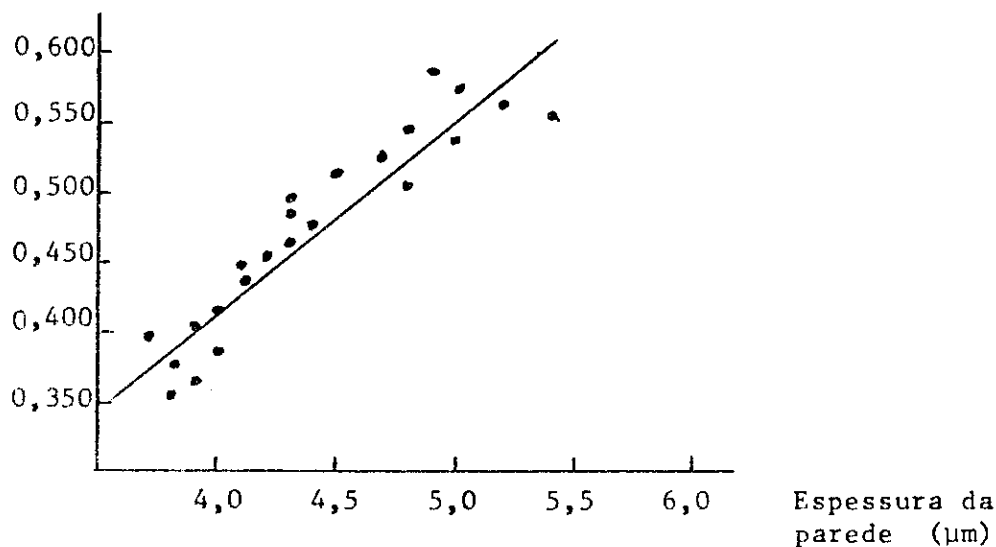


Gráfico 7. Material G2. Densidade básica correlacionada com espessura da parede da fibra.

Densidade básica (g/cm<sup>3</sup>)



#### 4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Na tabela I são apresentados os valores individuais das densidades básicas dos discos. Pelo fato da amostragem ter sido totalmente ao acaso, podemos observar, através do gráfico 1, uma distribuição praticamente normal entre densidades compreendidas desde 0,400 até 0,675 g/cm<sup>3</sup>, com valor médio se situando em torno de 0,530 g/cm<sup>3</sup>. A amplitude de variação é bastante ampla se considerarmos todas as árvores ensaiadas. Porém, na realidade, cerca de 60% dos indivíduos apresentam densidade entre 0,500 e 0,575 g/cm<sup>3</sup>, faixa que pode ser considerada bastante estreita.

A análise dos resultados das densidades das diferentes classes e regiões, conforme mostrado na tabela II, permite visualizar uma nítida diferença entre a madeira da parte central e externa dos discos. Como já é fato observado para o eucalipto, de um modo geral, a densidade tende a aumentar no sentido medula-casca. Decorrencia disso é comum o cerne mostrar densidade inferior ao albúrnio (FOELKEL et alii, 1982).

No presente caso, dependendo da classe de densidade do disco, as diferenças entre as regiões internas e externas oscilou desde 10 até 25%. Isto permite confirmar que no sentido radial reside uma grande fonte de variação dentro da árvore, podendo ser superior àquela variação mostrada no sentido base-topo (BARRICHELO, BRITO & MIGLIORINI, 1982). Porém, se mostra bastante inferior àquela passível de ocorrer entre árvores de um mesmo povoamento.

Através das tabelas III e IV pode-se observar que, acompanhando as variações da densidade, as dimensões das fibras se alteram razoavelmente com exceção da largura que permanece mais ou menos constante.

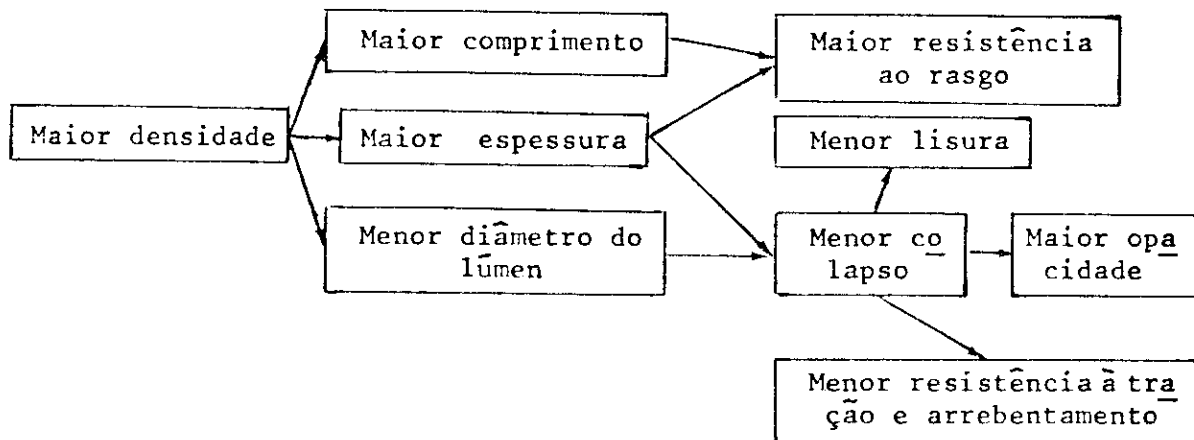
As tabelas IV e V apresentam as variações dos parâmetros analisados através das correlações estabelecidas.

A densidade, importante característica ligada à qualidade da madeira, se mostra altamente correlacionada com o comprimento, diâmetro do lúmen e espessura da parede da fibra. Os gráficos 2 a 7 ilustram essas fa

tos. Da mesma forma, estas dimensões das fibras estão correlacionadas entre si: o comprimento diretamente correlacionado com a espessura da parede e inversamente correlacionado com o diâmetro do lúmen. Por outro lado, a fibra de maior diâmetro do lúmen é menos espessa.

Decorrencia desses fatos, quando da seleção das árvores através da densidade básica, automaticamente poderão ocorrer uma seleção simultânea para madeira com características anatômicas diferentes. Daí se poder prever uma conseqüente alteração das propriedades da celulose.

De uma maneira genérica deve-se esperar:



## 5. LITERATURA

- BARRICHELO, L.E.G. & BRITO, J.O.. Variabilidade radial de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. IPEF, Piracicaba (18): 81-102, 1979.
- BARRICHELO, L.E.G. et alii. Densidade básica, teor de holocelulose e rendimento em celulose de madeira de *Eucalyptus grandis*. In: SIMPÓSIO IUFRO EM MELHORAMENTO GENÉTICO E PRODUTIVIDADE DE ESPÉCIES FLORESTAIS DE RÁPIDO CRESCIMENTO. Águas de São Pedro, 25-30 ago. 1980. 29 p. (no prelo).
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. & MIGLIORINI, A.J.. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. Silvicultura, São Paulo, 8 (28): 726-31, jan./fev. 1983.
- BRASIL, M.A.M. & FERREIRA, M.. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm., *E. alba* Reinw e *E. grandis* Hill ex Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento. IPEF (2/3): 129-49, 1971.
- BRASIL, M.A.M. & FERREIRA, M.. Variação da densidade básica e das características das fibras em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden ao nível do DAP. IPEF, Piracicaba (5): 81-90, 1972.
- CARPIM, M.A. et alii. Variabilidade da densidade de madeira de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3, São Paulo, 21-26 nov. 1983. 11 p.
- DINWOODIE, J.M.. The relationship between fiber morphology and paper properties: a review of literature. TAPPI, Atlanta, 48 (8): 440-7, 1965.
- DINWOODIE, J.M.. The influence of anatomical and chemical characteristics of softwood fibers on the properties of sulfate pulps. TAPPI, Atlanta, 49 (2): 57-67, 1966.

- FERREIRA, C.A.; FREITAS, M. & FERREIRA, M.. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp em função da idade e qualidade do local . Boletim informativo IPEF, Piracicaba, 6 (20): 1-19, nov. 1978.
- FERREIRA, M.. Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. IPEF, Piracicaba, (4): 65-89, 1972.
- FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M. & BARRICHELO, L.E.G.. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. IPEF, Piracicaba, (2/3): 65-74, 1971.
- FOELKEL, C.E.B. et alii. Variabilidade no sentido radial da madeira de *Pinus elliottii*. IPEF, Piracicaba, (10). 1-11, 1975.
- FOELKEL, C.E.B. et alii. Celulose kraft de madeiras juvenil e adulta de *Pinus elliottii*. IPEF, Piracicaba, (12): 127-42, 1976.
- FOELKEL, C.E.B. et alii. Variabilidade radial da madeira de *Eucalyptus saligna*. Silvicultura, São Paulo, 8 (28): 782-91, jan./fev. 1983.
- HANS, A.J. et alii. Wood quality in *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden , grown in Zambia. Holzforschung, 26 (4): 138-41, 1972.
- HIETT, L.A.; BEERS, W.L. & ZACHARIANSEN, K.A.. Relationship between wood density and other wood pulp properties. TAPPI, Atlanta, 43 (2): 169 - 73, 1960.
- HIGGINS, H.G. et alii. The density and structure of hardwoods in relation to paper surface characteristics and other properties . Appita, Melbourne, 27 (1): 1-56, 1973.
- HORN, R.A.. Morphology of wood pulp fiber from softwoods and influence on paper strength. USDA Forest Service. FPL research paper. Madison (242): 1-12, 1974.
- LANTICAN, C.B. & MADAMBA, C.B.. Variation of some wood quality indicators in some plantation species of the Phillipines. I. Specific gravity and fiber length. In: IUFRO CONFERENCE ON WOOD QUALITY AND UTILIZATION OF TROPICAL SPECIES. 1, Proceedings. Laguna, Phillipines, p.: 29-41, 1978.
- PANSHIN, A.J. & DE ZEEW, C.. Textbook of wood technology. New York, Mc Graw-Hill, 1970. 705 p.
- TAMOLANG, F.N. & WANGAARD, F.F.. Relationship between hardwood fiber characteristics and pulpsheet properties. TAPPI, Atlanta, 44 (3): 201-16, 1961.
- VAN BUIJTENEN, J.P.. Inheritance of fiber properties in North American conifers. In: IUFRO Proceedings, Melbourne, CSIRO, 1965. v. 2, 12 p.
- VAN BUIJTENEN, J.P.. Relationship between wood properties and pulp and paper properties. In: World consultation on forest tree breeding, 2 , Washington, august 7-16, 1969. Proceedings. Roma, FAO, 1969. 2 v. 13p.
- WARDROP, A.B.. Fiber morphology and papermaking. TAPPI, Atlanta, 52 (3) : 396-408, 1969.
- WATSON, A.J.. Fibre characteristics and wood properties: tropical and semi-tropical hardwoods. In: IUFRO Proceedings, Melbourne, CSIRO, 1965. v.2, p.: 423-33.