

**VARIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE  
POVOAMENTOS COMERCIAIS DE *Eucalyptus grandis* HILL EX  
MAIDEN NAS IDADES DE 11, 12, 13, 14 E 14 ANOS**

Mário Ferreira<sup>(\*)</sup>

**I. INTRODUÇÃO**

A tendência geral da moderna silvicultura é a obtenção de maiores volumes de madeira em menor lapso de tempo. A alta produção volumétrica nem sempre está associada à madeira de boa qualidade, torna-se portanto necessário estudar as variações das qualidades da madeira em função das condições edafoclimáticas dos povoamentos, dos tratos culturais normais e em última análise da origem das sementes empregadas.

Para o estudo de tais relações a densidade básica vem sendo utilizada como índice da qualidade da madeira, segundo FOELKEL e outros (1972); para a indústria de celulose e papel a importância da densidade da madeira é caracterizada pela necessidade de se conhecer o peso seco da madeira no controle das operações industriais, rendimento por digestor e a uniformidade da matéria-prima.

No entanto, uma das causas da não utilização do peso seco por unidade de volume na comercialização é a ausência de métodos para a avaliação segura da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais.

Métodos não destrutivos vêm sendo utilizados na determinação da densidade básica da madeira visando principalmente estudar as variações populacionais, as variações dentre e entre indivíduos de uma população.

O rendimento em peso seco por unidade de área em geral é função da espécie, da idade, das condições edafoclimáticas dos povoamentos e da origem das sementes.

Este trabalho teve por objetivo estudar a variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais tidos como ***Eucalyptus grandis*** Hill ex Maiden, nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. Escolheu-se a espécie ***E. grandis*** em vista do grande interesse por ela despertado, face ao seu comportamento nas regiões tropicais do Estado de São Paulo. Considerou-se também como objetivos desenvolver um método rápido de determinação da densidade básica da madeira, baseado em amostras retiradas ao nível do D.A.P. através das Sondas de Pressler e estudar as bases estatísticas para amostragem em povoamentos comerciais visando determinar a variação da densidade básica da madeira em função da idade dos povoamentos; para tal, o trabalho foi desenvolvido em cinco etapas diferentes:

a) estudo da variação da densidade básica média da madeira em função da altura comercial da árvore;

b) estudo da variação da densidade básica média da madeira ao nível do D.A.P. em função da distância da medula para a casca;

c) estudo da variação da densidade básica média da árvore em função da densidade básica média ao nível do D.A.P. (1,30m do solo);

---

<sup>(\*)</sup> Prof. Livre Docente do Departamento de Silvicultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo.

- d) estudo da variação da densidade básica média da madeira dos povoamentos em função da idade;
- e) estudo da variação da densidade básica média da árvore em função do D.A.P.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Devido a sua alta taxa de crescimento em regiões caracterizadas por climas tropicais e subtropicais, a espécie **E. grandis** Hill ex Maiden vem despertando grande interesse por parte das indústrias que utilizam a madeira de **Eucalyptus** como matéria-prima básica.

PEREIRA (1969) ao estudar as propriedades físico-mecânicas da celulose sulfato de madeira de **E. saligna**, **E. alba** e **E. grandis** concluiu haver alta variação dentro das espécies e entre espécies. Acrescentou ainda que os resultados obtidos para a celulose sulfato de **E. grandis** aos 7 anos mostram a necessidade de imediatos estudos da madeira dessa espécie, que deverá, provavelmente, comportar-se de maneira semelhante ao **E. saligna**, dadas as suas características botânicas comuns.

FERREIRA (1968), estudando a densidade básica da madeira de árvores de **E. saligna** e **E. alba**, concluiu haver alta variabilidade entre as referidas espécies, e árvores de mesma espécie, sugerindo que para os programas de melhoramento genético florestal em curso deva-se considerar a densidade como um índice de seleção de árvores matrizes.

Em Portugal, DILLNER et al. (1971) estudando as propriedades da celulose obtida de madeira de **Eucalyptus globulus**, classificada segundo a densidade, concluíram que: 1) há uma tendência para a resistência à tração e ao arrebentamento decrescer com o aumento da densidade, podendo ocorrer mudanças drásticas nas classes de densidade elevada; 2) um aumento de 15 a 20 % na densidade básica média da madeira, não provocará alterações notórias nas propriedades físico-mecânicas da pasta celulósica, enquanto que um aumento no teor de celulose aumentará o rendimento em pasta e melhorará as suas qualidades; 3) variações individuais foram encontradas no tocante às propriedades físicas da madeira, tal fato possibilita incluir a densidade como fator importante na seleção de árvores matrizes visando a produção de sementes melhoradas.

A determinação da densidade da madeira baseada em amostragem não destrutiva em amostras retiradas ao nível do D.A.P., por meio de sondas especiais foi estudada por diversos investigadores: MITCHELL (1958), DADSWELL (1959), WAHLGREEN & FASSNACHT (1959), WALTERS & BRUCKMANN (1964), PRESTMON (1965), NYLINDER (1965), MAEGLIN (1966), BAKER (1966) e FERREIRA (1968).

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Material

As amostras de madeira estudadas foram coletadas de árvores da espécies **Eucalyptus grandis**, nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos, respectivamente, pertencentes a povoamentos comerciais da Ferrovia Paulista S.A. - FEPASA.

As plantações estão localizadas na região de Agudos (Estado de São Paulo) caracterizado por: altitude de 550m acima do nível do mar, latitude 22° 20' Sul e longitude 48° 50' Oeste. O solo era do tipo latosol vermelho escuro-fase arenosa. O clima, com base no sistema Köppen, é do tipo Cwa.

## Quadro n° I - Características principais das plantações comerciais amostradas.

	IDADE (anos)				
	11	12	13	14	16
Área total (ha)	34,60	6,77	31,21	16,97	2,85
Espaçamento original (m)	3,0x1,5	3,0x1,5	3,0x1,5	3,0x1,5	2,0x2,0
D.A.P. médio (cm)	22,0±0,70	21,15±0,83	22,65±0,86	21,23±0,72	20,58±1,08
Amplitude de variação (cm)	10,5-30,5	13,0-35,0	12,5-37,5	16,0-29,0	10,0-35,0
Altura total média (m)	34,91±1,02	26,37±0,74	27,72±0,52	24,55±1,76	27,50±0,81
Amplitude de variação (m)	19,5-42,0	19,5-34,5	18,5-31,5	20,5-30,5	20,0-32,5
Altura comercial média (m)	28,00±2,03	18,66±0,81	20,61±0,65	18,50±0,63	21,46±0,93
Amplitude de variação (m)	7,0-35,5	11,5-26,5	10,0-25,5	13,0-25,5	12,0-28,0

As plantações foram instaladas a partir de sementes comerciais da Ferrovia Paulista S.A. - FEPASA.

### 3.2 Métodos

#### 3.2.1 Coleta de amostras de madeira no campo

Nas plantações relacionadas no Quadro n.º I foram sorteadas 12 árvores por idade, que apresentassem ausência de bifurcações tortuosidades ou espiralizações excessivas. A seguir foram retiradas ao nível do D.A.P. duas amostras no sentido casca a casca e nas direções Norte-Sul, Leste-Oeste, utilizando-se para tal, sondas de Pressler com 0,5 cm de diâmetro e cinturão especial para lixação da sonda ao tronco da árvore.

Após a retirada das amostras as árvores foram derrubadas e seccionadas em toros de 2m de comprimento, a partir da base da árvore até um diâmetro mínimo de 8 cm (limite comercial). Dos toros foram retiradas secções transversais com aproximadamente 3 cm de espessura em cada uma das extremidades, sendo que no primeiro toro, além das secções transversais, retirou-se a secção transversal correspondente ao D.A.P. Mediram-se a seguir o comprimento dos toros, a altura total e altura comercial das árvores.

As secções transversais foram identificadas recebendo numeração correspondente a plantação, árvore e nível de onde haviam sido retiradas. Após a identificação as secções transversais foram acondicionadas em sacos plásticos e remetidas ao laboratório para posterior processamento.

As amostras Pressler foram também identificadas, acondicionadas em sacos plásticos no interior de refrigeradores portáteis, sendo a seguir também enviadas ao laboratório.

#### 3.2.2 Determinação da densidade básica da madeira

##### 3.2.2.1 Secções transversais do tronco (Método destrutivo)

Em laboratório as secções transversais foram imersas em água até atingirem a saturação completa; após esse período retirou-se a casca das secções determinando-se em

seguida seus diâmetros sem casca. A seguir procedeu-se ao seccionamento das amostras em 4 partes iguais e tomou-se duas destas em sentidos opostos para posterior determinação da densidade básica.

O volume das amostras foi determinado pelo da Balança Hidrostática, utilizando-se balanças com leituras de 0,1g e de 0,01g de precisão. Após a determinação do volume, as amostras foram levadas à estufa de secagem a uma temperatura de  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  até atingirem peso constante, sendo a seguir determinada a densidade básica da madeira pela relação

$$d_{\text{básica}} = \frac{\text{Peso seco } (105 \pm 3^\circ\text{C})}{\text{Volume (Unidade de Saturação)}}$$

A densidade básica média da árvore foi determinada pela seguinte relação:

$$D_b = \left[ \frac{(D_0^2 + D_1^2)(2d_1).H_1 + (D_1^2 + D_2^2)(d_1 + d_2).H_2 + \dots + (D_{n-1}^2 + D_n^2)(d_{n-1} + d_n).H_n}{(D_0^2 + D_1^2).H_1 + \dots + (D_{n-1}^2 + D_n^2).H_n} \right]$$

onde:

$D_b$  = densidade básica média da árvore

$D_0$  = diâmetro sem casca ao nível de 0,30m do solo

$D_1$  = diâmetro sem casca ao nível de 1,30m do solo (D.A.P.)

$D_n$  = diâmetro sem casca da extremidade superior do enésimo toro da árvore

$D_{n-1}$  = diâmetro sem casca da extremidade inferior do enésimo toro da árvore

$d_1$  = densidade básica média da madeira ao nível de 1,30m do solo (D.A.P.)

$d_n$  = densidade básica média da madeira da extremidade superior do enésimo toro

$d_{n-1}$  = densidade básica média da madeira da extremidade inferior do enésimo toro

$H_n$  = comprimento do enésimo toro da árvore

### 3.2.2.2 Amostras da Sonda de Pressler (Método não Destrutivo)

As amostras foram retiradas do refrigerador e dos sacos plásticos e a seguir imersas em água até atingirem a saturação completa.

O volume de cada amostra foi determinado através da medição do seu comprimento, utilizando-se para tal paquímetro com precisão de leitura de 0,002 cm, e considerando-se como diâmetro das "amostras o diâmetro interno da Sonda de Pressler (0,5 cm).

Após a mensuração dos comprimentos as amostras foram levadas à estufa de secagem a uma temperatura de  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , até atingirem peso seco constante, quando então seus pesos secos foram determinados utilizando-se balança com precisão de 0,001g.

A densidade básica da amostra Pressler foi calculada com base na seguinte fórmula:

$$d_{\text{básica}} = \frac{\Pi}{4} \cdot \frac{P_s}{D^2 \cdot C}$$

onde:

$P_s$  = Peso seco da amostra a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$

D = diâmetro da Sonda Pressler utilizada (0,5 cm)

C = comprimento médio da amostra

#### 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

##### 4.1. Variação da densidade básica média da madeira em função da altura comercial da árvore

**Quadro nº II** - Variação da densidade básica expressa em  $\text{g/cm}^3$ , determinada em função da altura comercial em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (Amostras secções transversais do tronco).

Altura comercial (m)	Número de árvores	Altura (m)														
		1,3	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0
12	13	0,528	0,538	0,552	0,559	0,566	0,573	0,578								
14	5	0,535	0,531	0,544	0,557	0,558	0,555	0,565	0,570							
16	6	0,518	0,526	0,553	0,564	0,555	0,561	0,568	0,577	0,579						
18	5	0,566	0,580	0,585	0,583	0,595	0,601	0,598	0,605	0,600	0,586					
20	4	0,586	0,585	0,584	0,588	0,587	0,587	0,591	0,591	0,595	0,598	0,604				
22	4	0,580	0,582	0,596	0,611	0,618	0,628	0,632	0,630	0,636	0,640	0,635	0,632			
24	3	0,586	0,586	0,591	0,599	0,603	0,604	0,600	0,600	0,603	0,607	0,608	0,609	0,608		
26	2	0,495	0,495	0,499	0,500	0,498	0,505	0,511	0,520	0,521	0,526	0,526	0,514	0,511	0,515	
28	3	0,607	0,607	0,613	0,619	0,620	0,626	0,624	0,622	0,622	0,630	0,633	0,627	0,631	0,631	0,617

Analisando os valores apresentados no Quadro nº II pode-se notar que nas diferentes classes de altura comercial a densidade básica média da madeira cresce da base para a copa da árvore. A mesma tendência foi encontrada por CURRO (1957) trabalhando com *E. camaldulensis* Dehn aos 15 anos, e por FERREIRA (1968) estudando *E. alba* Reinw e *E. saligna* Smith aos 5 e 7 anos.

##### 4.2 Variação da densidade básica média da madeira ao nível do D.A.P. em função da distância da medula para a casca

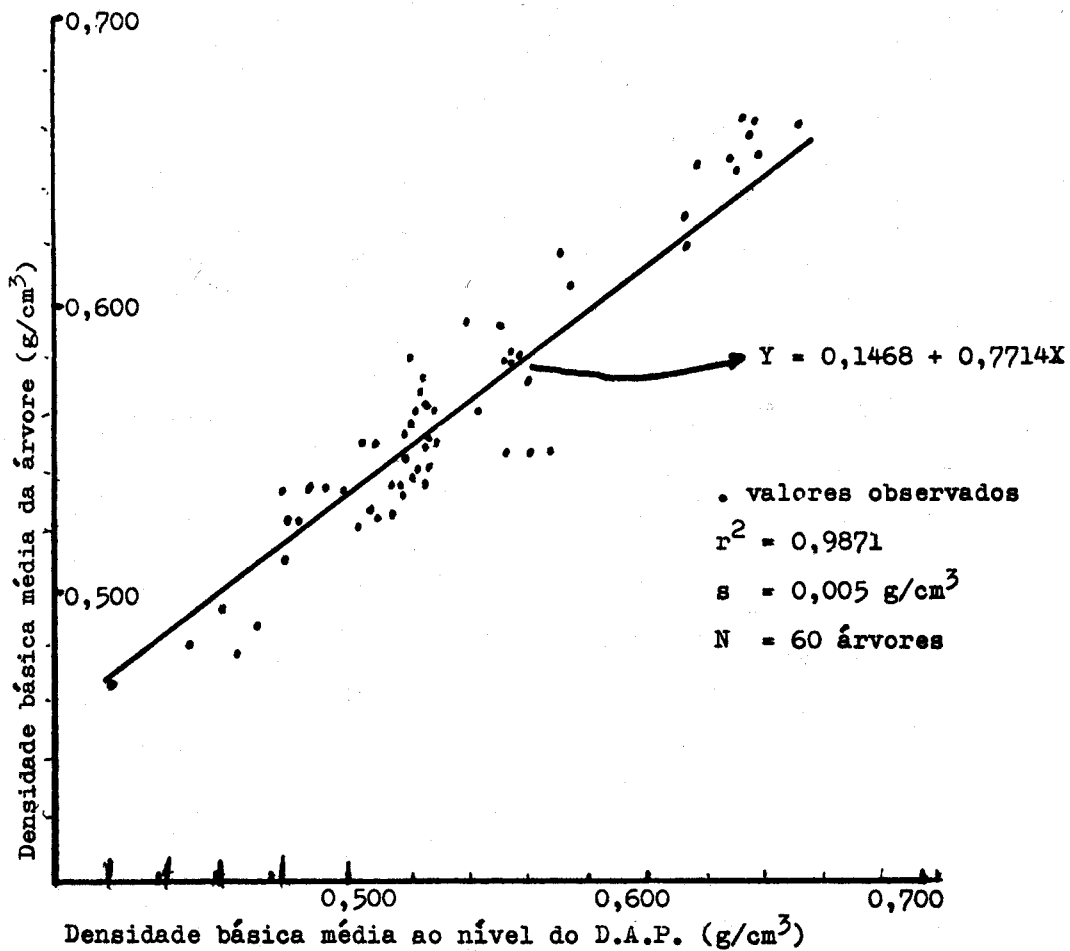
**Quadro nº III** - Valores da densidade básica média da madeira, expressos em g/cm<sup>3</sup>, determinados em função da distância da medula para a casca ao nível do D.A.P. (Amostras Pressler)

Classe de Diâmetro (cm)	N.º de Árvores N	Medula → Casca								
		2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm	14 cm	16 cm	18 cm
13,0-14,9	5	0,457		0,541						
15,0-16,9	5	0,467		0,541						
17,0-18,9	5	0,482		0,579						
19,0-20,9	6	0,404		0,464		0,570				
21,0-22,9	5	0,461		0,509		0,649				
23,0-24,9	9	0,490		0,556		0,674				
25,0-26,9	7	0,458		0,527		0,626				
27,0-28,9	5	0,433		0,459		0,565		0,675		
29,0-30,9	4	0,446		0,464		0,523		0,579		
31,0-32,9	1	0,592		0,612		0,673		0,718		
37,0-38,9	1	0,406		0,448		0,463		0,522		0,559

Analisando, detalhadamente, os valores apresentados no Quadro III pode-se notar que nas diferentes classes diamétrais a densidade básica média da madeira aumenta, pronunciadamente, no sentido medula-casca. ROBERGER e MIKOLA (1967), apresentando extensa revisão em relação a variação das propriedades da madeira, afirmam que a densidade das angiospermas com poros dispostos em anel decresce da medula para a casca, mas nas angiospermas com poros difusos esta tendência parece não ser válida. Pode-se muito bem notar que a tendência do aumento pronunciado na densidade, principalmente na zona próxima à casca, é comum a todas as classes diamétrais. Seria de todo aconselhável que se estudasse as possíveis variações anatômicas e na composição química da madeira que possam estar associadas com a variação na densidade da madeira.

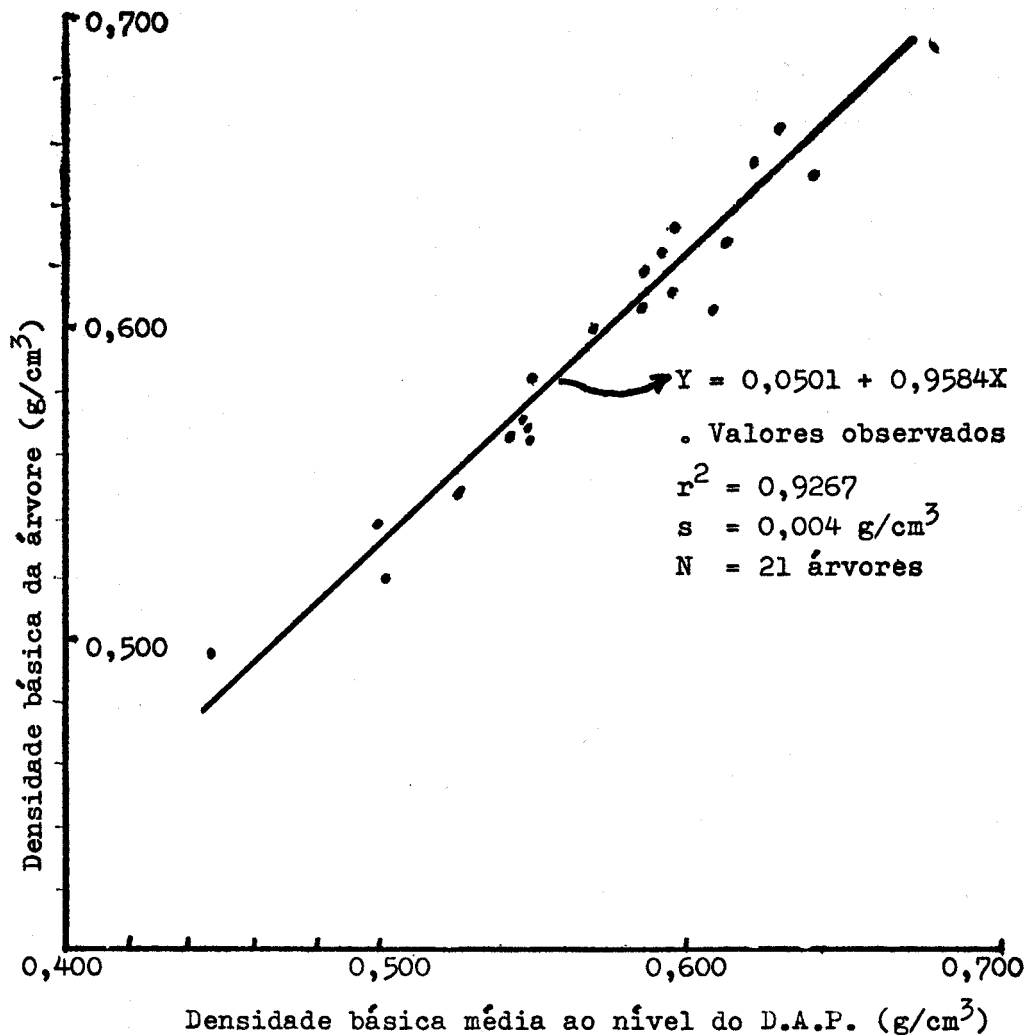
### 4.3 Variação da densidade básica média da árvore em função da densidade básica média ao nível do D.A.P.

#### 4.3.1 Secções transversais do Tronco (Método destrutivo)



A relação entre densidade básica média ao nível do D.A.P. (X) e a densidade básica média da árvore (Y), quando se utilizam secções transversais do tronco como amostras é dada pela equação significativa ao nível de 1% de probabilidade:  $Y = 0,1468 + 0,7714X$ . FERREIRA (1968) estudando a densidade básica da madeira de *E. saligna* aos 5 e 7 anos, pelo método destrutivo concluiu também haver alta significância para a regressão linear expressa pela equação  $Y = 0,1193 + 0,7885X$ . Comparando-se a equação obtida para *E. grandis* com a apresentada por FERREIRA (1968), para *E. saligna*, é evidenciada a semelhança entre elas, muito embora as determinações tenham sido feitas em árvores de diferentes idades em diferentes localidades.

#### 4.3.2 Amostras Pressler (Método não destrutivo)



A relação entre densidade básica média ao nível do D.A.P.(X) e a densidade básica média da árvore (Y) , quando se utilizam amostras da sonda de Pressler, é expressa pela equação significativa ao nível de 1% de probabilidade:

$$Y = 0,0501 + 0,9584X.$$

FERREIRA (1968), estudando a variação da densidade básica média da árvore em função da densidade básica média ao nível do D.A.P., através do método não destrutivo, em **E. saligna** aos 7 anos; constatou haver alta significância para a regressão linear, expressa pela equação:

$$Y = 0,0944 + 0,8329X.$$

Comparando-se a equação obtida para **E. grandis** com a do **E. saligna** nota-se novamente grande semelhança entre elas.

Considerando-se os resultados obtidos na utilização do método não destrutivo, a fixação do diâmetro da sonda e a utilização de paquímetros na mensuração do

comprimento, eliminará a necessidade da padronização e conservação das amostras em refrigeradores e sacos plásticos, pois as mediações poderão ser feitas no local da amostragem.

#### 4.4 Variação da densidade básica média da madeira dos povoamentos comerciais em função da idade.

##### 4.4.1 Pré-amostragem

O número de árvores necessárias para a amostragem casualizada, visando determinar a densidade básica média da espécie nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos, foi determinado segundo SPURR (1952), NASH (1960), FREESE (1967) através da fórmula:

$$n = \frac{t^2 s^2}{d^2}$$

onde:

$s^2$  = variância das densidades básicas médias das árvores

$d^2$  = erro permissível (para o nosso caso consideramos  $d = \pm 0,01 \text{g/cm}^3$ )

t = valor da tabela de distribuição de t (Student) (nível de 80% de probabilidade da exatidão desejada)

n = número de árvores necessárias para o erro permissível (d) e o nível de probabilidade de exatidão desejada.

Após o estudo inicial de uma pré-amostragem constituída por 40 árvores, concluiu-se que 35 árvores eram suficientes para se determinar a densidade básica média da espécie em qualquer das idades analisadas para um erro permissível da ordem de  $\pm 0.01 \text{g/cm}^3$  e 80% de probabilidade de exatidão desejada.

##### 4.4.2 Determinação da variação da densidade básica média da madeira dos povoamentos comerciais em função da idade

Nos povoamentos comerciais citados no item 3.1 foram sorteadas 40 árvores por idade segundo o item 3.2.1. Após o sorteio das árvores foram retiradas ao nível do D.A.P., duas amostras de madeira no sentido casca a casca e nas direções Norte-Sul e Leste-Oeste, utilizando-se para tal a Sonda de Pressler com 0,5 cm de diâmetro, e um cinturão especial para fixação da sonda no tronco da árvore.

A determinação da densidade básica média das amostras foi feita segundo o item 3.2.2.2. A densidade básica média da árvore foi estimada pela equação de regressão  $Y = 0.0501 + 0,9584X$  apresentada no item 4.3.2.

**Quadro no IV** - Análise da variância dos dados de densidade básica média das árvores dos povoamentos comerciais de **E. grandis** nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos (Amostras Pressler)

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Idades	4	0,232725	0,058181	22,09**
Resíduo	195	0,513453	0,002633	

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. = Número de graus de liberdade

Q.M. = Quadrado médio

S.Q. = Soma de quadrados

**Quadro n.º V** - Confronto pelo teste de Tukey das densidades básicas médias dos povoamentos comerciais de **E. grandis** nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos.

Densidades Básicas Médias (g/cm <sup>3</sup> )	X	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos	16 anos
		0,479	0,552	0,569	0,597	0,559
11 anos	0,479	-	**	**	**	**
12 anos	0,552		-	n.s.	**	n.s.
13 anos	0,569			-	*	n.s.
14 anos	0,597				-	**
16 anos	0,559					-

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

A análise da variância dos dados da densidade básica média das árvores dos povoamentos apresentada no Quadro n.º IV. revelou significância ao nível de 1% de probabilidade para as densidades básicas médias a diferentes idades.

Após o confronto das densidades básicas médias dos povoamentos, pelo teste de Tukey (Quadro n.º V). concluiu-se que não houve diferença significativa entre as densidades básicas médias dos povoamentos de 12, 13 e 16 anos, ao contrário, altamente significativas foram as diferenças entre:

- o povoamento de 11 anos e os de 12, 13, 14 e 16 anos
- o povoamento de 12 e o de 14 anos
- o povoamento de 16 e o de 14 anos

Houve, porém, diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os povoamentos de 13 e o de 14 anos.

BENSON (1963) afirmou que para as folhosas, a contínua competição entre árvores nos povoamentos resultaria num decréscimo da densidade e que, para a produção de madeira com densidade uniforme e alta, seria necessário pensar-se em taxas de crescimento bem mais rápidas, o que conduziria à obtenção de diâmetros comerciáveis, em rotações menores, além de apresentarem densidade uniformemente mais alta. Os povoamentos estudados neste trabalho eram inexplorados, portanto é de se esperar que a competição entre árvores deva ter sido intensa. Analisando-se as características dos povoamentos relacionados no Quadro n.º I pode-se notar que, em relação a espaçamentos de 16 anos foi plantado, originalmente, a 2 x 2 m, ao passo que os outros o foram a 3,0 x 1,5 m. Pelos dados dendrométricos apresentados, o povoamento de 16 anos foi o que menor D.A.P. médio apresentou. Os povoamentos de maior D.A.P. médio foram os de 13, 11, 14 e 12 anos.

Confrontando-se os dados de desenvolvimento com as densidades básicas médias dos talhões, pode-se notar que a competição por si só não pode ser encarada como responsável pela variação na densidade básica. A análise do material botânico retirado de árvores abatidas para a aplicação do método destrutivo, revelou alta variabilidade. Não se encontrou uma árvore que fosse realmente típica da espécie **E. grandis** Hill ex Maiden.

PRYOR (1968), considerou provável que as sementes utilizadas nas plantações comerciais do Estado de São Paulo como **E. grandis** Hill ex Maiden sejam, em sua maioria

produto de cruzamentos dessa espécie com **E. saligna**, **E. robusta**, **E. botryoides** e **E. tereticornis**.

Seria recomendável que nos programas de melhoramento genético em andamento deveriam ser estudadas novas procedências de sementes e instaladas áreas de produção de sementes, devidamente isoladas, visando sobretudo controlar as variações morfológicas originárias da hibridação intensa nas áreas tradicionais de coleta de sementes.

Além da variabilidade nas características botânicas deve-se acrescentar a alta variabilidade entre árvores, encontrada nos diferentes povoamentos no tocante à densidade básica média. Aos 11 anos podemos encontrar árvores com densidades básicas médias variando de 0,431 a 0,585 g/cm<sup>3</sup>, aos 12 anos de 0,443 a 0,676g/cm<sup>3</sup>, aos 13 anos de 0,476 a 0,730 g/cm<sup>3</sup>, aos 14 anos de 0,527 a 0,682g/cm<sup>3</sup>, aos 16 anos de 0,476 a 0,668g/cm<sup>3</sup>.

#### 4.5 Variação da densidade básica média da árvore em função do D.A.P.

**Quadro n.º VI** - Variação da densidade básica média da árvore, em função do D.A.P. expresso em cm, em **E. grandis** (Amostras Pressler).

D.A.P. Intervalo de Classe (cm)	D.A.P. Centro de Classe (cm)	Número de Árvores	Densidade básica média (g/cm <sup>3</sup> )	Amplitude de Variação (g/cm <sup>3</sup> )
13,0 - 14,9	14,0	17	0,517	0,431 - 0,537
15,0 - 16,9	16,0	26	0,527	0,443 - 0,600
17,0 - 18,9	18,0	17	0,527	0,433 - 0,652
19,0 - 20,9	20,0	22	0,551	0,465 - 0,668
21,0 - 22,9	22,0	25	0,547	0,440 - 0,665
23,0 - 24,9	24,0	28	0,577	0,446 - 0,730
25,0 - 26,9	26,0	30	0,558	0,434 - 0,669
27,0 - 28,9	28,0	11	0,580	0,468 - 0,665
29,0 - 30,9	30,0	7	0,579	0,448 - 0,664

#### Análise da Variância

Causa da Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Regressão Linear	1	0,004083	0,004083	48,60**
Resíduo	7	0,000589	0,000084	
Total	8	0,004672		

$$R^2 = 0,8739$$

$$Y = 0,4598 + 0,0041 X$$

A análise da variância dos dados apresentados no Quadro n.º VI revelou a existência de correlação alta e positiva ( $r = 0,9715$ ) entre densidade básica média das árvores e classes de D.A.P. A relação linear entre a densidade básica média das árvores dentro das idades estudadas e classes de D.A.P. é dada pela seguinte equação:

$$Y = 0.4598 + 0.0041X$$

onde:

Y = densidade básica média da árvore (g/cm<sup>3</sup>) e  
X = D.A.P. (cm)

FERREIRA (1968) relatou que para **E. saligna** aos 5 e 7 anos. as árvores mais vigorosas possuem em média maior densidade básica média do que as menos vigorosas, sendo essa relação expressa pela equação  $y = 0,4348 + 0,0082X$  onde Y = densidade básica média da árvore e X= D.A.P. em cm. Embora as árvores vigorosas apresentem maior densidade básica média, como pode-se notar pelos dados relacionados no Quadro n.º VI, persistiu ainda alta variação individual, podendo-se, para um mesmo diâmetro, encontrar árvores com alta densidade ao lado de outras de baixa densidade.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

I - O presente trabalho teve por objetivo estabelecer a possibilidade do uso de amostras de madeira retiradas ao nível do D.A.P., como representativos da densidade básica média de árvores de **Eucalyptus grandis** nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos.

II - O trabalho foi desenvolvido em cinco etapas diferentes:

- 1 - Estudo da variação da densidade básica média em função da altura da árvore.
- 2 - Estudo da variação da densidade básica média da árvore ao nível de D.A.P. em função da distância da medula para a casca.
- 3 - Estudo da variação da densidade básica média da árvore em função da densidade básica média ao nível do D.A.P.
- 4 - Estudo da variação da densidade básica média dos povoamentos em função da idade.
- 5 - Estudo da variação da densidade básica média da árvore em função do D.A.P.

III - Dois métodos de determinação da densidade básica foram usados:

- a) Método destrutivo (usando como amostras secções transversais do tronco, tomadas de 2,0 a 2,0 m, em toda extensão dele, e ao nível do D.A.P.).
- b) Método não destrutivo (usando duas amostras de madeira retiradas ao nível do D.A.P., nas direções Norte-Sul, Leste-Oeste, e no sentido casca à casca, utilizando-se para tal as difundidas sondas de Pressler).

Com base nos resultados obtidos pela análise de 200 árvores, chegou-se às seguintes conclusões:

- 1 - A densidade básica média da madeira cresce no sentido da base para a copa da árvore sendo esta tendência comum para as classes de altura comercial estudadas.
- 2 - A densidade básica média da árvore ao nível do D.A.P. cresce no sentido da medula para a casca. Esta tendência também é comum para todas as classes diamétrais estudadas.
- 3 - Existe correlação alta, positiva e significativa ( $r = 0,9500$ ) entre o método não destrutivo (baseado no cálculo do volume das amostras através de medições de comprimento por paquímetros com precisão de leitura 0,002 cm e do diâmetro da sonda de Pressler 0.5 cm) e do método destrutivo, quando aplicados simultaneamente ao nível do D.A.P.
- 4 - Existe correlação alta, positiva e significativa ( $r = 0,9840$ ) entre o método não destrutivo (baseado no cálculo do volume das amostras por medição de comprimento e diâmetros médios, utilizando-se paquímetros e micrômetros com precisão de leitura de 0,002 cm e 0,001 cm), e o método destrutivo, quando aplicados simultaneamente ao nível do D.A.P.

5 - Na determinação da densidade básica média de árvores de **Eucalyptus grandis** Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos, a secção transversal do tronco ao

nível do D.A.P. pode estimar a densidade média da árvore. A equação que possibilita essa estimativa é:

$$Y = 0.1468 + 0,7714 X$$

sendo:

Y = densidade básica média da árvore pelo método destrutivo, e  
X = densidade básica média da secção do tronco ao nível do D.A.P. da árvore.

6 - Na determinação da densidade básica média de árvores de **Eucalyptus grandis** Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos, duas amostras tomadas no sentido casca a casca e nas direções Norte-Sul, Leste-Oeste ao nível do D.A.P. por meio da sonda de Pressler, podem estimar a densidade básica média da árvore. A equação que possibilita essa estimativa é

$$Y = 0,0501 + 0,9584 X$$

sendo:

Y = densidade básica média pelo método destrutivo e X = densidade básica média da árvore ao nível do D.A.P. pelo método não destrutivo, baseado em volumes determinados em função de mensurações do comprimento da amostra, por meio de paquímetros com precisão de leitura 0,002 cm, e do diâmetro da sonda de Pressler (0,5 cm).

7 - A determinação do volume das amostras Pressler através de mensurações do comprimento da amostra por meio de paquímetros, e do diâmetro da sonda de Pressler, eliminará a necessidade da padronização das amostras e da sua conservação em refrigeradores acondicionados em sacos plásticos; isto porque a determinação do comprimento médio da amostra poderá ser feita no local da amostragem.

8 - São necessárias 35 árvores para se determinar a densidade básica média da espécie em qualquer das idades analisadas, para um erro permissível da ordem de  $\pm 0,01\text{g/cm}^3$  e 80% de probabilidade de exatidão desejada.

9 - As densidades básicas médias dos talhões foram:

11 anos -  $0,479 \pm 0,007 \text{ g/cm}^3$

12 anos -  $0,552 \pm 0,010 \text{ g/cm}^3$

13 anos -  $0,569 \pm 0,008 \text{ g/cm}^3$

14 anos -  $0,597 \pm 0,007 \text{ g/cm}^3$

16 anos -  $0,559 \pm 0,007 \text{ g/cm}^3$

10 - Não houve diferença significativa entre as densidades básicas médias nas idades de 12, 13 e 16 anos. Ao contrário, altamente significativas foram as diferenças entre:

- o talhão de 11 anos e os de 12, 13, 14 e 16 anos.

- o talhão de 12 anos e o de 14 anos.

- o talhão de 16 anos e o de 14 anos.

Houve porém diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os talhões de 13 e o de 14 anos.

11 - Verificou-se tendência para o aumento da densidade em função da idade dos talhões. Os talhões de 11 e 16 anos apresentaram densidades básicas médias inferiores ao

esperado. Pensando-se no rendimento da madeira em peso seco por unidades de área, essas diferenças adquirem alto significado.

12 - O material botânico coletado das árvores abatidas, quando da aplicação do método destrutivo, apresentou alta variabilidade não se encontrando uma árvore que pudesse ser considerada típica da espécie.

13 - As árvores mais vigorosas têm em média maior densidade básica média do que as menos vigorosas. Essa variação pode ser expressa pela equação de regressão:

$$Y = 0,4598 + 0,0041 X$$

onde:

Y = valores da densidade básica média das classes diamétrais expressos em g/cm<sup>3</sup>, e  
X = valores dos centros das classes diamétrais expressos em cm.

14 - Existe alta variabilidade individual na densidade básica média. dentro das classes diamétrais.

15 - Seria recomendável que nos programas atuais de melhoramento genético fosse incluído, além do controle das variações morfológicas, o estudo da variação da qualidade da madeira associado a espaçamentos mais amplos e fertilizações.

16 - Recomenda-se a importação de sementes certificadas, visando acelerar o controle das variações morfológicas (prática que já vem sendo feita por algumas indústrias do Estado de São Paulo). Aconselha-se também, a instalação de áreas de produção de sementes através da propagação vegetativa de matrizes que sejam realmente típicas da espécie **Eucalyptus grandis** Hill ex Maiden.

## 7. SUMMARY

I - The purpose of this study was to determine the relationships between specific gravity of wood samples taken at D. B. H. (Diameter at Breast Height) level, and tree specific gravity for merchantable volume) of **Eucalyptus grandis** Hill ex Maiden at the ages of 11, 12, 13, 14 and 16 years.

II - The work was conducted in five different phases:

- a) Determination of the relationship between tree specific gravity and tree height.
- b) Determination of the variation in wood specific gravity from pit to bark at D.B.H.
- c) Determination of the relationship between average tree specific gravity and wood specific gravity samples taken at D.B.H.
- d) Determination of the relationship between age and average plantation specific gravity.
- e) Determination of the relationship between average tree specific gravity and D.B.H.

III - Two methods were used in the determination of specific gravity:

- a) Destructive method: The samples consisted of cross sections of the bole, taken at two meter intervals a long the bole and at D.B.H.
- b) Non destructive method: Two samples were taken in the North-South and East-West directions from bark to bark. at D.B.H. level. using a Pressler increment borer.

On the basis of the results obtained with 200 trees, the author arrived at the following conclusions:

1 - Specific gravity increases from the base to the top of the tree, this increase being common to every merchantable height class studied.

2 - Specific gravity increases from pith to bark. this increase being common to every diameter class studied.

3 - There is a high, positive, and significant correlation between specific gravity at D.B.H. as determined by the destructive method, non-destructive methods. When green volume of the non destructive sample was computed from its length (measured to the nearest 0.002 cm) and the diameter of the cutting edge of the increment borer the correlation was ( $r = 0.9500$ ); and when the green volume of the non-destructive sample was compute from its length and diameter (measured to the nearest 0.002 and 0.001 cm respectively) the correlation was slightly higher at ( $r = 0.9840$ ).

4 - The relationship between specific gravity at D.B.H. (X) and tree specific gravity (y) for merchantable volume) is expressed by the following equations:

$$Y = 0.1468 + 0.7714 (X) \text{ Destructive Method}$$

$$Y = 0.0501 + 0.9584 (X) \text{ Non-Destructive Method}$$

5 - When green volume of the sample is computed from its length and the diameter of the cutting edge of the increment borer no standardization of the samples is necessary. Also, it was found that for accurate volume determination of the samples it is not necessary to store them in plastic bags under refrigeration.

6 - In order to obtain a representative sample of the average wood specific gravity in a plantation 35 trees are sufficient for a permissible error of  $+ 0.01 \text{ g/cm}^3$  at the 80% of probability level.

7 - The average specific gravity of the various aged plantations were:

$$11 \text{ years} - 0.479 \pm 0.007 \text{ g/cm}^3$$

$$12 \text{ years} - 0.552 \pm 0.010 \text{ g/cm}^3$$

$$13 \text{ years} - 0.569 \pm 0.008 \text{ g/cm}^3$$

$$14 \text{ years} - 0.597 \pm 0.007 \text{ g/cm}^3$$

$$16 \text{ years} - 0.559 \pm 0.007 \text{ g/cm}^3$$

8 - No statistically significant differences were found in average specific gravity among plantations at 12, 13, and 16 years of age. Significant differences (1% probability level) were found between:

11- and 12-, 13-, 14- and 16- years-old plantations

14- and 12-, 16-years-old plantations

Significant differences (5% probability level) were found between the 13 and the 14- years -old plantations.

9 - There was much variation in both wood specific gravity and other botanical characters among trees.

10 - The linear relationship between average tree specific gravity within the age classes studied, and D.B.H. is given by the following formula:

$$Y = 0.4598 + 0.0041 (X)$$

Where:

Y = specific gravity of the diameter class expressed in g/cm<sup>3</sup>, and  
X = D.B.H. of the diameter class

11 - The above findings show that there is much variation in specific gravity among individual trees of **Eucalyptus grandis** Hill ex Maiden. In future tree improvement programs it would be desirable to study wood quality variation as related to: seed source, spacing and fertilization.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- BAKER, G. 1966. Estimating Specific Gravity of Plantation Grown Red Pine. Forest Product. Journal 17 (8): 21-23.
- BENSON, H.P. 1924. The Influence of Growth Condition Upon the Properties of Wood. I. Forestry 22:707-723. /In The Influence of Environment and Genetics on Pulpwood Quality -An Annotated Bibliography. Tappi Monograph Series N.º 24:556(1962)/.
- CURRO', P. 1957. Variations in Moisture Content and Basic Density in 15 Trees of **Eucalyptus camaldulensis** Dehn. Pubbl. Cent.Sper.Agr. e Forestale. Roma 1 :227-238. /In The Influence of Environment and Genetics on Pulpwood Quality - An Annotated Bibliography. Tappi Monograph Series N.º 24:152 (1962)/.
- 1957. Seasonal Variations in Moisture Content and Basic Density in 4 Trees of **Eucalyptus camaldulensis** Dehn. Pubbl. Cent. Sper. Agr. e Forestale. Roma 1:215-226. /In .The Influence of Environment and Genetics on Pulpwood Quality -An Annotated Bibliography. Tappi Monograph Series N.º 24.151(1962)/.
- DADSWELL, H.E. 1959. Growing Trees With Wood Properties Desirable for Paper Manufacture. Australian Pulp and Paper Ind. Tech. Assoc. Proc. 12:129-136.
- DILLNER, B., A. LJUNGER, C.A. HERUD, e THUNE-LARSEN. 1971. The breeding of **Eucalyptus globulus** on the basis of wood density, chemical composition and growth rate. Symposium on the Production and Industrial Utilization of Eucalyptus. Lisboa, Portugal, 29 June to 3 July, 1971.
- FERREIRA, M. 1968. Estudo da Variação da Densidade Básica da Maeira de **Eucalyptus alba** Reiw e **Eucalyptus saligna** Smith. Tese de Doutoramento. E.S.A. "Luiz de Queiroz» -U.S.P. Piracicaba, SP. 72 pp.
- FOELKEL, C.E.B., M.A.M. BRASIL e L. E.G. BARRICHELO. 1972. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. O Papel, Ano XXXIII, Agosto 1972, 57-61.
- FREESE, F. 1967. Elementary Statistical Methods for Foresters. U.S. Dept. Agric., Forest Serv ., Agriculture Handbook N.º 317, 87 pp.

- MAEGLIN, R.R. 1966. Predicting Specific Gravity of Plantation Grown Red Pine. U.S. Dept. Agric., Forest Serv. Forest Prod. Lab. Res. Note 0149. 14pp.
- MITCHELL, H. L. 1958. Wood Quality Evaluation from Increment Cores. Tappi 41 (4):150-156.
- NASH, A.J. 1960. Elementary Statistics for Foresters. Lucas Brothers Publishers. Columbia. Missouri, 123 pp.
- NYLINDER, P. 1965. Non Destrutive Field Sampling Systems for Determing. The Wood Density of Standing Timber Over large Areas, Variation Within and Between Species an the Influence of Environmental and Other Factors on Wood Density. Intern. Union Forest Research Organizations, Meeting Section 41, Melbourne, Vol. II: 13pp.
- PEREIRA, R.A.G. 1969. Estudo Comparativo das Propriedades Físico Mecânicas da Celulose Sulfato de Madeira de **Eucalyptus saligna** Smith, **Eucalyptus alba** Reinw e **Eucalyptus grandis** Hill ex Maiden. Tese de Doutorado. E.S.A.L.Q. - U.S.P. - Piracicaba.
- PRESTMON, D.R. 1965. Improving the power Increment Borer for Hardwoods. J. of Forestry 63(10):763.
- PRYOR, D.I. 1968. Relatório da Viagem de Inspeção as Plantações de Eucaliptos no Estado de sao Paulo. (nao publicado).
- ROMBERGER, J.A. e P. MIKOLIA. 1967. Internation Review of Forestry Research Academic Press. New Y or k, London, 316 pp.
- SPURR, S.H. 1952. Forestry Inventory. The Ronald Press. Co. New York. 476pp.
- WAHIGREEN, H.E. e D.L. FASSNACHT. 1959. Estimating Tree Specific Gravity from a Single Increment Core. U.S. Dept. Agric., Forest Serv., Forest Prod. lab. Rep. N.º 2146. 24pp.
- WALTERS, C.S. e G. BRUCKMANN. 1964. A Comparison of Methods of Determining Volume of Increment Cores. J. Forestry 62 (3): 172-177.



## **NOSSAS ARVORES PARTICIPAM DO PROGRESSO DO BRASIL**

**CHAMPION CELULOSE S.A.**

Sede: Mogi Guaçu, S. P.

Caixa Postal 10 — Telefone 102

Rua Líbero Badaró, 501 — 9.º  
São Paulo 2, S. P.

End. Telegráfico — Champion  
Fones: 37-1111 A 37-1117  
Telex N.º 021 — 105

## RIGESA E SEUS PLANOS



### O que fizemos:

Nossa árvore foi plantada em 1953 e não parou de crescer mais. Durante esse tempo esse pinheiro transformou-se em 12 milhões. Construímos uma fábrica para embalagens de papelão corrugado com capacidade para 10 milhões de m<sup>2</sup> por mês. Isso quer dizer que ela é a maior do mundo. Por isso podemos fabricar com o mais alto «know how», caixas para despacho, corte e vinco, displays para propaganda, acondicionamento de produtos especiais, impressões a óleo e flexografia. Essas são as raízes da árvore da Rigesa.

### O que estamos fazendo:

Continuamos plantando. Nossa média hoje é de 4 milhões de pinheiros por ano.

Construindo uma nova fábrica integrada de celulose e papel em Santa Catarina, com capacidade inicial de 200 toneladas diárias de papel e recuperação de produtos químicos e controle absoluto de poluição. Associamo-nos à Westvaco, conhecida mundialmente.

Tudo isso para que nesse momento você conheça o mais novo ramo da árvore da Rigesa — o saco multifolhado.

Os engenheiros de nossa fábrica em Valinhos pensaram, foram aos Estados Unidos e voltaram. Tornaram a pensar, tornaram a estudar. O resultado não foi um simples saco. Foi uma linha completa de embalagens, foi quase uma obra prima.

Eles partiram do princípio de que o produto determina a embalagem. Então, para cimento, existe um saco feito especialmente para cimento. Para rações, um saco feito especialmente para rações. Impermeabilizados, plastificados, as qualidades do papel multifolhado foram exploradas ao máximo. Enquanto isso, outros ramos da árvore se desenvolveram em função dos sacos multifolhados.

A Rigesa tem capacidade de desenvolver embalagens específicas e cumprir prazos.

Mas a nossa árvore não vai parar aí.

### O que vamos fazer:

Para atingir a auto-suficiência em matéria-prima, pretendemos elevar nossa média de plantio para 5 milhões de pinheiros esse ano. E na hora de embalar o seu produto, tome a decisão de quem sabe o que está fazendo — procure a Rigesa.