

**AVALIAÇÃO DA DUPLA ESPESSURA DE CASCA EM  
ÁRVORES INDIVIDUAIS DE PINHEIRO BRASILEIRO  
*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) REFERENTE  
AO NÍVEL DO DAP**

**Evaluation of double thickness of bark in singular trees  
of Parana pine (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.)  
concerning breast height**

**José Alves da Silva (\*), Valduino Estefanel (\*) e Franz Andrae (\*)**

**RESUMO**

O conhecimento de um fator capaz de converter o volume sobre casca em volume sem casca constitui uma importante prática florestal, principalmente, quando se trata de estudos relativos a acácia negra (*Acacia* spp.).

Neste sentido, o fator de casca de MEYER, expresso por uma constante ao quadrado, tornou-se o meio ideal para avaliar o volume sólido sem casca através de uma simples operação de multiplicação.

A presente pesquisa procurou mostrar a relação entre a dupla espessura de casca em árvores individuais de pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*) ao nível do peito pela computação do fator de casca, através de comparações entre algumas equações como a de KORSUN, LAAR, ÖSTLIN e outros, em IBM-1130.

A equação de KORSUN apresentou melhores resultados que as demais funções, obtendo uma correlação de 0,5726 entre as variáveis (d) e (E).

A introdução da idade (I) e da altura (H) para estimar a espessura de casca resultou em decréscimo de correlação.

Nessas condições, determinou-se um fator de casca para diâmetro igual a  $k = 0,8209$  e para volumes igual  $k^2 = 0,6739$  com um erro de aproximadamente igual a 1,0%.

A porcentagem de casca estimada por indivíduo foi de 32,60% e o rendimento 18,290 m<sup>3</sup>/ha/ano e 12,332 m<sup>3</sup>/ha/ano respectivamente, com casca e sob casca.

**SUMMARY**

The knowledge about a tariff used for converting a volume over bark in volume under bark can be a very important practice, mainly if we deal with about some forest works applied to comercial kinds like the *Acacia* spp.

In this sense the MEYER bark factor, which is traduced by a square tariff, was used to avaluate the volume without bark on the field, only by a very simple operation, for exemple, a multiplication.

\* Respectivamente, Professor Auxiliar de Ensino das Disciplinas de Dendrometria e Inventário Florestal, Professor Assistente da Disciplina de Técnica de Experimentação Vegetal e Professor Auxiliar de Ensino de Manejo Florestal da U. F. S. M. R. S.

The present research tried to show the relationship between the double thickness of bark in singular trees of Parana pine (*Araucaria angustifolia*) at breast height level by the comparison of some equations like those presented by KORSON, LAAR, ÖSTLIN and others which were adjusted by computation in IBM — 1130 to field datas of this native specie.

The KORSUN's equation demonstrated better results than the others equations, obtaining a correlation of 0,5726 between the variables (d) and (E).

The introduction of age (I) and height (H) to estimate the thickness of bark did not show great results.

In this work conditions, were determined a diameter bark factor of  $k = 0,8209$  and a volume bark factor of  $k^2 = 0,6739$  with a error closely equal to 1,0%.

The individual bark percentage estimated was about 32,60% and the yield volume 18,290 m<sup>3</sup>/ha/ano and 12,322 m<sup>3</sup>/ha/ano respectively over and under bark.

## INTRODUÇÃO

Em biometria florestal o conhecimento da espessura de casca e sua evolução através do tronco pode, muitas vezes, ser colocado em um plano relevante, dependendo da espécie estudada e dos objetivos em questão.

É o caso, por exemplo, da acácia negra (*Acacia spp.*) e (*Acacia molissima*), onde a casca representa o suporte principal e gerador de tanino, largamente utilizado em escalas industriais para fins variados.

No presente caso, embora a casca do pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze) não apresente, ainda, valor industrial palpável, justifica-se a sua investigação pelo fato de se poder, facilmente, extrair o volume sólido de madeira comerciável, seja para celulose ou serraria, a partir do volume bruto sobre casca.

O presente trabalho procura determinar, através de regressões, a melhor equação que se ajusta aos dados de campo, a fim de estimar a dupla espessura de casca, ao nível de 1,30 m do solo DAP, para a espécie e condições em estudo.

A investigação levada a efeito permite, também, a determinação do fator de casca de MEYER, a partir do qual nos possibilita, com facilidade e rapidez, o conhecimento do valor dos diâmetros e volumes sob casca por simples multiplicação.

A utilização deste fator, contudo, torna-se mais eficiente quando se dispõe de uma tabela de volume local ou regional, em vez de se calcular o volume individual através de um fator de correção.

## REVISÃO DE LITERATURA

LÖETSCH (6), trabalhando com a acácia negra (*Acacia decurrens*) em JAVA, na Indonésia, com uma amplitude de diâmetro variável de 14,0 a 35,0 cm e idade de 6,0 a 8,0 anos para produção de tanino, verificou que a relação peso da casca e diâmetro à altura do peito ficaria bem representada por uma linha reta. A mesma série de dados forneceu para JAVA Ocidental um fator de casca  $k = 0,9159$ , cujo valor quadrático era  $k^2 = 0,8389$  e para JAVA Oriental um fator  $k = 0,9293$ , sendo  $k^2 = 0,8636$ .

Deste modo, foi possível determinar o volume de madeira sob casca, a partir do conhecimento desta tarifa, multiplicando-se a constante quadrática pelo volume sobre casca.

GOMES (2) citando TEMUDO, estudando a porcentagem de casca do pinheiro bravo, em relação à altura, verificou que o volume de casca aumentou com o diâmetro e idade, em valor absoluto, porém decresceu com a idade, quando considerou valores relativos.

Em conformidade com GOMES (2), citando SHERRY, concluiu que o decrescer da espessura da casca ao longo do tronco, ao estudar a acácia negra (*Acacia molissima*), deve ser encarado como uma regra geral, enquanto CAMPOS DE ANDRADA concluiu que, de modo geral, pode-se dizer que a porcentagem de casca aumentou à medida que se tornaram menos férteis as estações locais de crescimento, embora tal diferença fosse atenuada com a idade.

LANGE (5), trabalhando com 500 árvores de coníferas (*Pinus ponderosa* Laws, *Pinus contorta* Watts, *Larix occidentalis* Nutt e *Pseudotsuga menziesii* Franco) casualmente distribuídos concluiu que o fator de casca calculado segundo a expressão de MEYER  $k = du/d$  fornece estimativas fidedignas para o valor de diâmetro sob casca.

O fator, neste caso, fora determinado, tomando-se as medidas em três pontos dos troncos, até uma altura máxima de mais ou menos 1,90 m do (tronco) toco.

STAYTON & HOFFMAN (9) testaram a equação de MEYER para casca e volume em 45 árvores de *Acer saccharum* Marsh., mostrando que o fator casca foi tão preciso quanto a equação.

Igualmente, SMITH (10) trabalhando com 209 árvores de *Acer saccharum* Marsh., encontrou uma relação linear entre a espessura de casca e o DAP expressa pela seguinte função:

$$Y = 0,135 + 0,020 X_1$$

Sendo;

. Y = espessura média da casca

X<sub>1</sub> = DAP

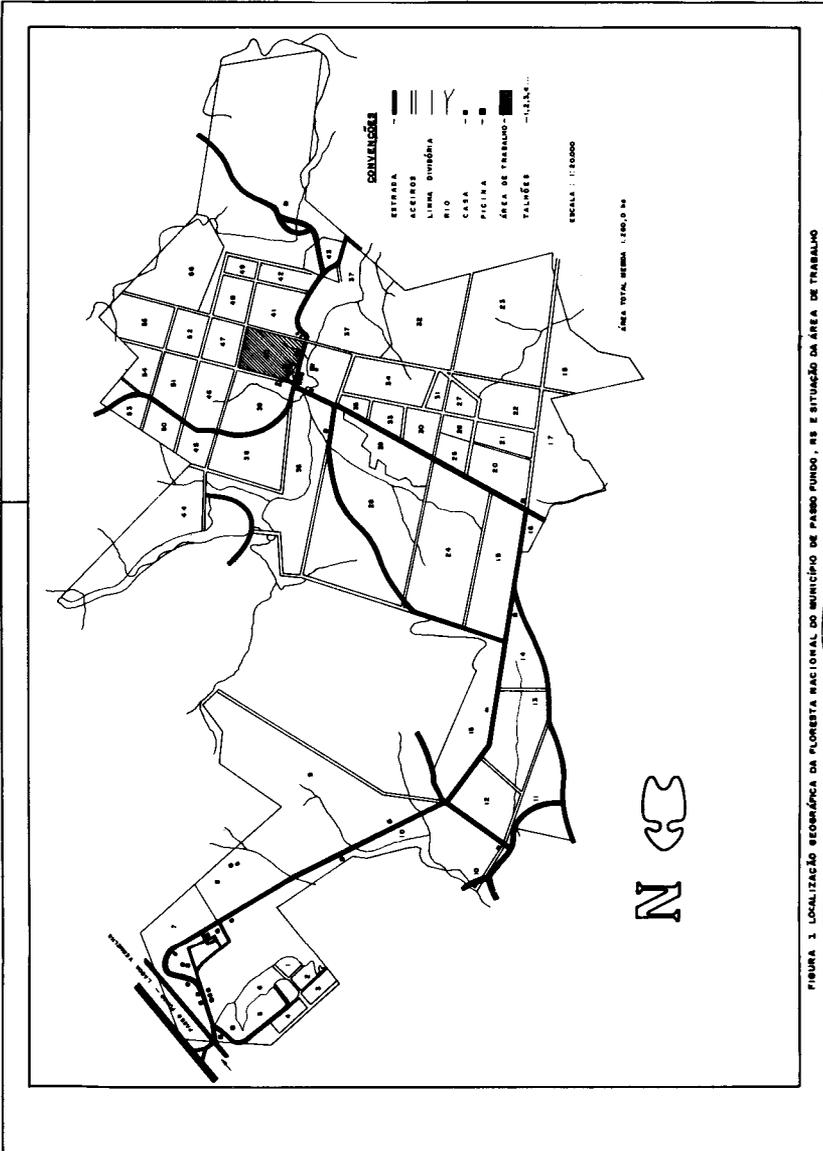
O coeficiente de determinação para a série de dados foi de 51%.

BRICKELL (1), procurando testar uma equação para prever a espessura de casca em coníferas, concluiu que se deve levar em consideração a distribuição de casca ao longo do tronco, a fim de se conseguir maior precisão nas estimativas.

## MATERIAL E MÉTODOS

**Caracterização da Área de Estudo** — O povoamento utilizado para o referido estudo encontra-se situado no município de Passo Fundo, às margens da rodovia BR-285 que une Passo Fundo a Lagoa Vermelha, distante 22 Km daquela cidade, sob a jurisdição do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF).

A Floresta Nacional de Passo Fundo possui uma área total de 1.260 ha, dos quais cerca de 400 ha (31,74%) constituem matas naturais, e os restantes representam os reflorestamentos com coníferas e áreas, ainda, incultas, conforme mostra a Figura 1.



Entre as espécies introduzidas dentro do parque, destacam-se, o pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*) em 463 ha (36,74%) com idade máxima de 27 anos, *Pinus elliottii* em 252 ha (20%) com idade máxima de 13 anos, 25 ha (1,98%) de área a ser reflorestada e 120 ha (9,52%) constituídos por estradas e aceiros.

O talhão escolhido para o trabalho corresponde a um dos mais velho plantios do parque, efetuado em 1947, em espaçamento 1,5 x 1,5 m, em área efetiva e originalmente de campo, com mais ou menos 4,0 ha. Cadastrado pela administração sob o número 40, apresenta uma declividade média de mais ou menos 14% e exposição LW.

As atividades silviculturais subsequentes ao plantio aplicadas nesse talhão, visando, inicialmente, a melhor cobertura do solo e, posteriormente, maior rendimento, foram quatro replantios, um raleamento e dois desbastes seletivos, deixando em 1971, após a última intervenção, uma média de 1.100 árvores por hectare obtidos por ocasião da enumeração dos dados "in loco", conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1 - Atividades silviculturais desenvolvidas no talhão de Pinheiro brasileiro até 1971 (Dados fornecidos pela administração)

TRATAMENTO	RALEAMENTO	DESBASTE SELETIVO 19	DESBASTE SELETIVO 29
PERIODOS	1959	1966	1971
Nº PÉS REMANESCENTES	15.165	8.791	5.210
PRODUÇÃO (m <sup>3</sup> )	-	261,86	333,94
PORCENTAGEM	15,75%	42,03%	40,73%

Os produtos dos desbastes são, na maioria, destinados à fabricação de celulose, especialmente para o Papel Celulose Catarinense (P.C.C.), sediada em Lages, Santa Catarina.

A grande abertura lateral causada pelos desbastes provoca o aparecimento de um vigoroso sub-bosque natural formado, principalmente, por camboatás (*Maliaceae* e *Sapindaceae*) e canelas (*Nectandra* sp.), tarumã (*Vitex* sp.) e regeneração de pinheiro brasileiro, oriunda de brotação dos tocos. O segundo andar é constituído por *Pteridophytas*, algumas leguminosas, especialmente unha-de-gato e, o andar inferior, por capim dos pampas, notadamente, nas partes hidromórficas.

A Floresta Nacional encontra-se a uma altitude média de mais ou menos 700 m, em região de clima subtropical com chuvas distribuídas durante todo o ano. A temperatura média anual oscila em torno de 17,4°C, com uma amplitude média mensal variável de 12,4°C da Tabela 2, atingindo em média 28,6°C e 7,8°C, respectivamente, a 22,1°C registrada no período de 1913 a 1942, de acordo com os dados máximas e mínimas.

A precipitação média anual de acordo com aqueles dados, oscila em torno de 1.700 mm, não se registrando, segundo o balanço hídrico de THORNTHWAITE apresentado por GOLFARI (3), "deficit" hídrico em algum mês.

A curva de evapotranspiração potencial, segundo aquele pesquisador, indicado pela Figura 2, mostrou um excelente hídrico durante todo o ano, e, mesmo durante os meses de menor precipitação (junho e julho), notou-se um índice de 30 mm.

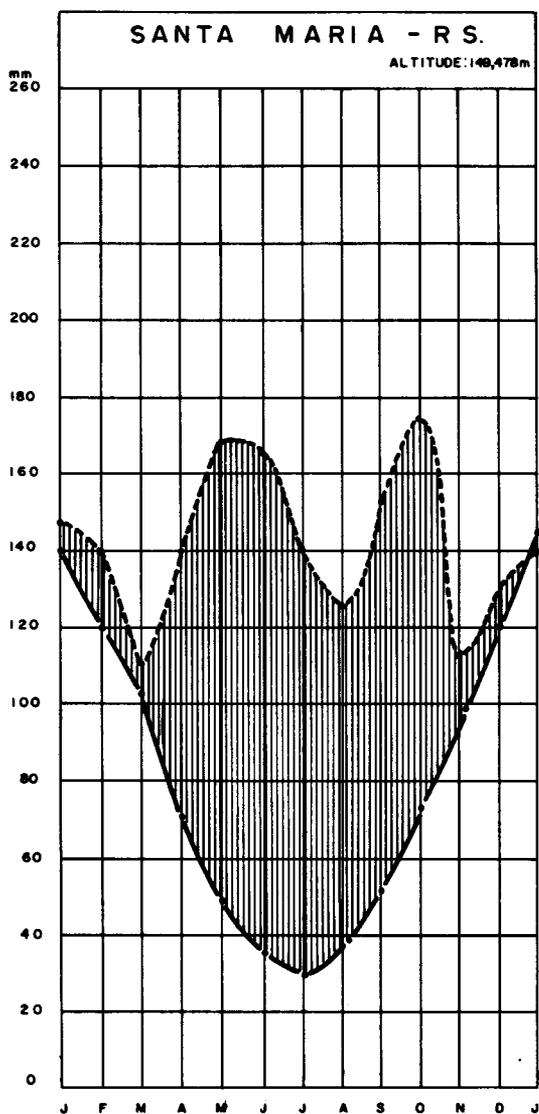


FIGURA 2 BALANÇO HÍDRICO DE THORNTHWAITE PARA O MUNICÍPIO DE SANTA MARIA SEGUNDO GOLFARI

A região, segundo a classificação climática de KÖEPPEN, identifica-se com tipo Cfa, caracterizado por clima subtropical, onde a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio é inferior a 18°C.

Tabela 7 - Elementos climatológicos dos municípios de PASSO FUNDO, referente ao período médio de 1913-1942 (valores normais) \*

LOCALIDADE	ALTITUDE MÉDIA	TEMPERATURAS °C			PRECIPITAÇÃO (mm)	UNIDADE RELATIVA (%)	GELADAS		MESES	INSOLAÇÃO Horas
		Médias das Máximas	Médias das Mínimas	Médias Mensais			Nº. máx	Nº. mín		
PASSO FUNDO.  (FLORESTA NACIONAL) -IBDF-	±700m	28,6	16,9	22,1	1510	78			JAN.	244
		28,1	16,3	21,6	1110	79			FEV.	216
		26,8	16,5	20,6	1220	79			MAR.	218
		23,7	13,1	17,7	1270	83			ABR.	189
		19,9	10,0	14,6	1730	84			MAI.	185
		18,1	8,5	12,4	1700	85	31	5	JUN.	148
		18,5	7,8	12,7	1380	83			JUL.	180
		20,2	8,8	14,0	1430	81			AGO.	192
		21,2	10,1	15,2	1800	81			SET.	174
		23,5	11,8	17,2	1470	79			OUT.	209
26,0	13,5	19,4	1160	75			NOV.	248		
28,2	15,6	21,5	1290	75			DEZ.	256		
MÉDIAS (ANO)		23,6	12,3	17,4	1714	80	18	ANO	-	

\* Fonte: Secretaria de Agricultura do Estado ( 8 )

**Descrição dos Solos** — O material de origem da área de estudo é formado uniformemente por basalto, ocorrendo variação nos tipos de solos devido as diferenças, de relevo. Nos três blocos de levantamento ocorreram tipos mais ou menos hidromórficos e intimamente entrelaçados. A partir de 55 cm ou mais de profundidade, encontra-se o material de origem em fase de intemperização, podendo ser-lhe atribuído, conforme a sua estratificação, a responsabilidade pela estagnação temporária da água, provocando hidromorfia periódica (locais planos a inclinados) ou permanente nas depressões. Nesses últimos locais ocorrem os menores incrementos do pinheiro brasileiro.

Nas partes mais elevadas da área de trabalho a hidromorfia constitui o fator limitante para o desenvolvimento do pinheiro brasileiro, onde se registram baixos incrementos em alturas e diâmetros.

A textura é franca a franca-argilosa, excepcionalmente, franca-siltosa na parte superior.

A partir de 30 a 40 cm a textura torna-se argilosa, constituindo obstáculo a penetração de água. Notável a presença de pedras ocupando cerca de 20 a 60% do volume nas partes inferiores. O solo apresenta tonalidades de marrom, tornando-se avermelhados ou castanho e acinzentados nas superfícies.

Trata-se de um "habitat" onde a *Araucaria angustifolia* não alcança seu pleno desenvolvimento, e onde o enraizamento é prejudicado pela hidromorfia.

**Coleta dos Dados** — O levantamento geral para o conhecimento das estruturas e distribuição diamétrica fora efetuado, inicialmente, em parcelas de amostras retangulares de superfícies variáveis, com o principal objetivo de estudar diferentes tamanhos de parcelas amostrais, distribuídas em blocos causalizados. No levantamento mais específico, onde se procurava determinar as principais variáveis implícitas neste trabalho, considerou-se, tão somente, 10% dos indivíduos de maior frequência distribuídos por classes de diâmetro, tomados nos diferentes blocos originais.

Conhecidos os limites dos diâmetros de cada classe, procurou-se identificar, no campo, aqueles indivíduos que satisfaziam o critério adotado, até perfazer um total de 82 árvores, casualmente localizadas.

Em cada árvore amostra identificada, efetuaram-se duas veruragens, diametralmente opostas, ao nível do DAP e, a posteriori, as seguintes estimativas:

- a. Diâmetro à altura do peito sobre casca (d) — SUTA
- b. Altura total da árvore (H) — BLUME LEISS.
- c. Dupla espessura de casca (E) — TRADO DE PRESSLER
- d. Idade média contada nos anéis de crescimento (I) —

#### CILINDRO DE MADEIRA.

A espessura de casca determinada pela verrumagem, embora contenha erros de avaliação com magnitudes de até 20%, de acordo com LÖETSCH et alii (7), cometidos pela compressão do cilindro no ato de verrumagem, reduz as estimativas da idade e da espessura de casca em operação simples e simultânea.

Os elementos coletados em cada árvore amostra foram anotados em fichas especiais, a fim de facilitar os cálculos posteriores. Para a computação dos dados, partiu-se do princípio de que, pelo menos teoricamente, a relação espessura dupla de casca e o diâmetro à altura do peito, obedece a linearidade.

Procurou-se, entretanto, não só estudar este comportamento, como também, verificar o grau de associação entre o diâmetro, idade e altura, em relação a espessura de casca.

Assim, para a série de dados referentes às árvores de pinheiro brasileiro, foram testados em IBM-1130, as funções estudadas por KORSUN, ÖSTLIN e LAARA, cujas expressões matemáticas segundo LÖETSCH et alii (7), ligeiramente modificadas, são as seguintes:

- |    |  |        |        |
|----|--|--------|--------|
|    | $E = \frac{d}{bo + bd}$                  | KORSUN | — 1955 |
| a. |  |        |        |
| b. | $\text{Log } E + 1 = bo + \text{log } d$ | ÖSTLIN | — 1963 |
| c. | $E = bo + b1d + b2I + b3dI$              | LAAR   | — 1964 |

Em todas as expressões deve-se ler:

d = diâmetro à altura do peito sobre casca

I = idade média em anos

E = dupla espessura de casca em mm

b, bo, b1, b2 = coeficientes de regressão.

Estas funções mostraram que não foi possível estimar equações aplicáveis a todas as espécies e condições, devendo ser estudadas em função da idade, qualidade local de crescimento e espécie, a fim de se poder inferir com certa precisão sobre o valor da espessura da casca.

**Conversão do Volume sobre Casca em Volume sob Casca** — Vários são os pesquisadores que desenvolveram trabalhos sobre casca, procurando determinar equações que pudessem ajustar-se aos dados de campo.

O fator de transformação do diâmetro bruto (d) sobre casca em diâmetro sob casca (du) foi, inicialmente, introduzido por MEYER em 1942, obtido por uma relação constante entre dois diâmetros tomados no mesmo período, representados pela expressão  $K = d/du$ , cuja recíproca  $1/K$ , ou seja,  $du/d$  é denominada de (k).

No presente trabalho, a computação do fator decíproco médio foi obtido pela expressão:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n du_i}{\sum_{i=1}^n d_i}$$

Após subtrair de cada árvore a espessura dupla de casca obtida pela equação de regressão.

O diâmetro sob casca, assim determinado, representou a melhor estimativa para a série de valores coletados no campo.

Segundo LÖETSCH (6), se a espessura de casca pode ser convenientemente expressa por este fator médio, então o seu produto pelo diâmetro sobre casca fornecerá o diâmetro sem casca isto é:

$$du = k \cdot d$$

A cubagem de árvores em pé, como se sabe, é obtida multiplicando-se o comprimento da tora pela sua área seccional e por um fator de correção da forma da árvore, ou seja,

$$V = G \cdot H \cdot F$$

ou então:

$$V = (0,785 \cdot F) \cdot d^2 \cdot H$$

sendo:

$$d \text{ e } V, \text{ respectivamente, sobre casca.}$$

Representando-se o volume sob casca por (v) e tomando-se o diâmetro (du), tem-se:

$$v = (0,785 \cdot F) \cdot du^2 \cdot H$$

Se, originalmente,  $du = k \cdot d$ , então;

$$v = (0,785 \cdot F) \cdot (k \cdot d)^2 \cdot H \text{ ou seja;}$$

$$v = (0,785 \cdot F) \cdot d^2 \cdot H \cdot k^2$$

$$v = k^2 \cdot V$$

Nota-se, portanto, que se pode obter o volume de madeira por uma simples multiplicação do fator médio quadrático pelo volume sobre casca.

**Cálculo do Rendimento Volumétrico** — Para a computação do volume individual sobre casca, efetuou-se para o conjunto de dados, o ajustamento de quatro equações, a fim de verificar a melhor função para a série de dados.

Partindo-se da relação hipsométrica quadrática, indicada pela Figura 4, determinou-se a altura média por classe de diâmetro. Nestas condições, o volume médio em pé sobre casca, por classe de diâmetro, torna-se uma função da área basal média pelo produto daquela altura por um fator de forma médio ( $F=0,60$ ) obtido através de cubagem rigorosa efetuada por ocasião da coleta de dados.

O fator de forma estimado não apresentou diferença significativa, em relação aos valores apresentados por HEINSDIJK (4).

Finalmente, o volume por classe de diâmetro multiplicado pelo número médio de árvores por hectare, forneceu-nos o volume médio por unidade de área.

O conhecimento da idade média do povoamento, tornou-se possível através da função ajustada para os pares de valores de altura e idade observados no campo.

A idade média assim estimada permitiu-nos efetuar a avaliação do rendimento de toda a população em termos de área basal e volume expressos por unidade de área.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não obstante a distribuição assimétrica dos diâmetros observada no campo, conforme mostra a Figura 3, sugerir-nos uma anormalidade, a sua análise levada a efeito através do teste ( $X^2$ ), conduziu-nos a um resultado não significativo ao nível de 95% de probabilidade. Pode-se inferir, portanto, que a fração do universo, tomada para estudo foi suficiente, estatisticamente, para a realização dos trabalhos, como mostram os elementos contidos na Tabela 3. Neste caso, as diferenças existentes entre as duas distribuições podem ser atribuídas ao acaso.

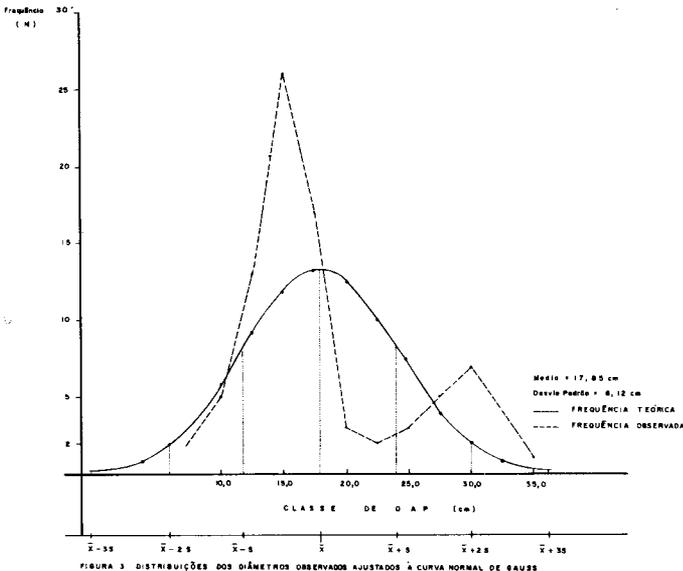


FIGURA 3. DISTRIBUIÇÕES DOS DIÂMETROS OBSERVADOS AJUSTADOS À CURVA NORMAL DE GAUSS

Tab. 10.7 - Teste de normalidade e ajustamento da curva de distribuição de diâmetros à curva de GAUSS.

Classe DAP (cm)	Desvio	Variável Reduzida	Ordenadas	Frequências Teóricas.	Frequências Observadas.	(Fo-Fe)	(Fo-Fe) <sup>2</sup>	$\frac{(Fo-Fe)^2}{F_e}$
Xc	(Xc- $\bar{X}$ )	$Z = \frac{(Xc-\bar{X})}{S}$	y	$F_c = \left(\frac{y}{S}\right) 2,5$	Fo	-	-	-
10,0	-7,85	-1,28	0,1758	5,89	5,00	2,96	8,76	0,583
12,5	-5,35	-0,87	0,2732	9,15	13,00	14,03	196,84	16,444
15,0	-2,85	-0,47	0,3578	11,97	26,00	3,66	13,40	1,004
17,5	-0,35	-0,06	0,3982	13,34	17,00	3,00	2,00	0,500
20,0	2,15	0,35	0,3752	12,57	3,00	14,78	218,448	6,105
22,5	4,65	0,76	0,2989	10,01	2,00	3,00	3,00	0,750
25,0	7,15	1,17	0,2012	6,74	5,00	7,00	7,00	1,750
27,5	9,65	1,58	0,1145	3,84	5,00	1,15	1,32	0,325
30,0	12,15	1,99	0,0551	1,85	7,00	5,15	26,52	6,630
32,5	14,65	2,39	0,0229	0,77	1,00	0,23	0,53	0,133
TOTAL	-	-	-	-	82	-	-	24,136

$\bar{X} = 17,85 \text{ cm}; S^2 = 37,50 \text{ cm}^2; S = 6,12 \text{ cm} - \chi^2_{\text{calc}} = 24,136 < \chi^2_{(0,05)} = 101$

Dentre as funções testadas para avaliar a espessura de casca, evidenciou-se a equação proposta por KORSUN, onde se pode obter uma correlação de 0,5726 entre as variáveis (d) e (E), respectivamente diâmetro sobre casca e espessura dupla de casca em milímetro, embora seja baixa a variação explicada (32, 79%), conforme mostra a Figura 4.

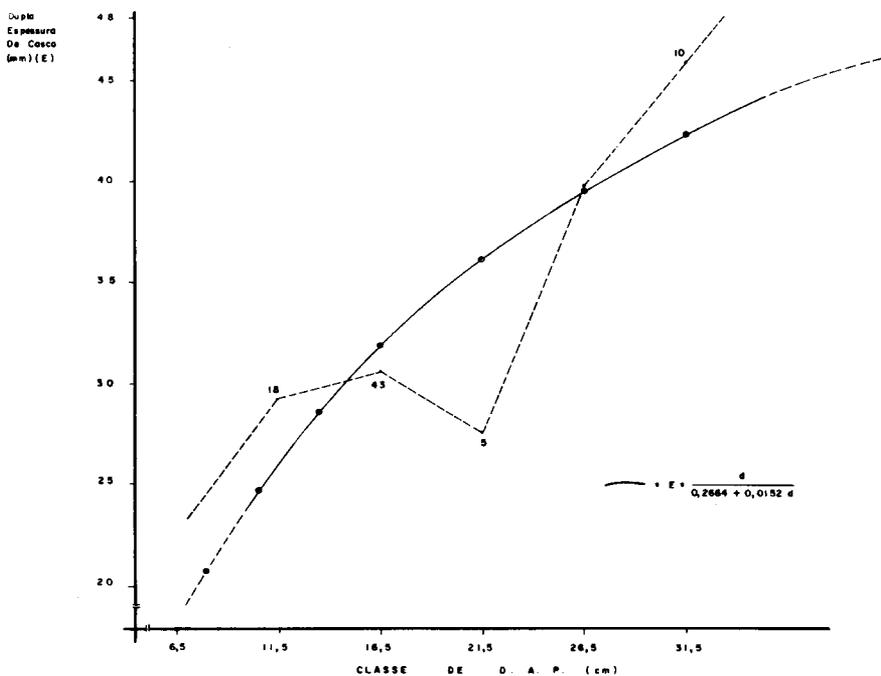


FIGURA 4 AJUSTAMENTO DA DUPLA ESPESSURA DE CASCA EM RELAÇÃO AO D. A. P.

As demais funções usadas para termo de comparação, como as propostas por LAAR, ÖSTILIN e as regressões múltiplas revelaram-nos que a introdução de outras variáveis, como por exemplo, a idade (I) e a altura (H) para estimar a espessura de casca, não resultou em acréscimo de correlação, para esta série de dados.

Nota-se pelo exame das Tabelas 4 e 5 que todas as equações estudadas apresentaram significância ao nível de 1% de probabilidade, muito embora, ainda, seja baixo o grau de associação entre as variáveis.

Tabela 4 - Estimativas de espessura da casca de árvores individuais de Pinheiro brasileiro, referentes ao nível de DAF. FLORESTA NACIONAL DE PASSO FUNDO - RS

	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	Coefficiente de Correlação(R)**	Variável de (N) Explicada (X)
KORSUN	$E = \frac{d}{0,2664 + 0,0152d}$	0,5726	32,79
LAAR	$E = -35,3002 + 3,1275d + 3,1094I - 0,1300dI$	0,5532	30,61
ÖSTLIN	a) $\log E = 2,3478 + 0,0095d - 1$	0,4729	22,36
	b) $\log E + 1 = 2,0109 + 0,4124 \log d$	0,4577	20,95
Simplex	a) $E = 20,6697 + 0,7610 d$	0,4957	24,
Múltipla	b) $E = 8,4693 + 0,6097 d + 0,7953 I$	0,5239	27,
Simplex	c) $E = 20,8272 + 1,0561 H$	0,4023	11,13
Múltipla	d) $E = 20,3860 + 0,7314 d + 0,0639 H$	0,4960	24,60

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

d. medido em (cm) sobre casca.

E. expressa em (mm).

Tabela 5 - Análise de variância efetuada para as equações calculadas para a avaliação das espessuras de casca.

FONTES DE VARIAÇÃO		GRAUS DE LIBERDADE.	QUADRADO MEDIO	FREQÜÊNCIA	F **
KORSUN	REGRESSÃO	1	0,7040	82	39,042
	DESVIOS	80	0,0180		
LAAR	REGRESSÃO	3	731,6169	82	11,471
	DESVIOS	78	63,7791		
ÖSTLIN	a) REGRESSÃO	1	0,2761	82	23,046
	DESVIOS	80	0,0119		
	b) REGRESSÃO	1	0,2586		
	DESVIOS	80	81,0000		
REGRESSÕES	a) REGRESSÃO	1	1762,3902	82	26,074
	DESVIOS	80	67,5903		
	b) REGRESSÃO	2	984,1065		
	DESVIOS	79	65,8406		
REGRESSÕES	c) REGRESSÃO	1	1160,5157	82	15,450
	DESVIOS	80	75,1138		
	d) REGRESSÃO	2	881,9844		
	DESVIOS	79	68,4259		

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Igualmente, a análise de variância para as equações hipsométricas, conforme dados das Tabelas 6 e 7, mostrou-nos que o melhor ajustamento para fins práticos foi evidenciado pela função quadrática (Figura 5).

Tabela 6 - Equações estimadas para avaliar as alturas médias do povoamento de Pinheiro brasileiro em função do DAF.

EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	Coefficiente de Correlação (R)**	Varição de (R) explicada (X)
SIMPLES $H = 4,4342 + 0,4638 d$	0,7932	62,92
QUADRÁTICA $H = -3,0131 + 1,2576 d - 0,0188 d^2$	0,8140	66,26
MÚLTIPLA a) $H = 0,0456 + 0,4094 d + 0,2861 I$	0,8092	65,48
MÚLTIPLA b) $H = -11,3746 + 1,06634d + 0,88981I - 0,03394I^2$	0,8183	66,96

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 7 - Análise de Variância efetuada para as equações hipsométricas, referentes às 82 árvores de Pinheiro brasileiro.

FONTES DE VARIAÇÃO		GRAUS DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	F **
SIMPLES	REGRESSÃO	1	654,6370	135,776
	DESVIOS	80	8,8214	
QUADRÁTICA	REGRESSÃO LINEAR	1	654,6370	147,349
	REGRESSÃO QUADRÁTICA	1	34,7385	7,819
	DESVIOS	79	4,4427	
MÚLTIPLA	a) REGRESSÃO	2	340,6346	74,941
	DESVIOS	79	4,3453	
MÚLTIPLA	b) REGRESSÃO	3	232,2327	52,710
	DESVIOS	78	4,4058	

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

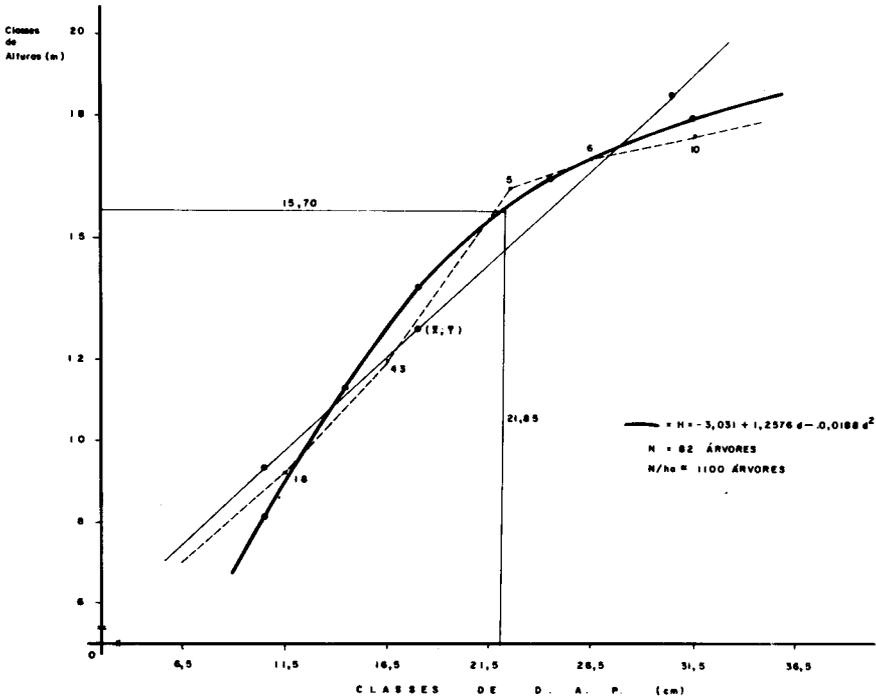


FIGURA 5. RELAÇÃO HIPSMÉTRICA QUADRÁTICA AJUSTADA AOS VALORES DE ALTURAS E DIÂMETROS

O fator de casca médio estimado para diâmetros ( $k=0,8209$ ) e para volumes ( $k^2=0,6739$ ), referente às árvores de pinheiro brasileiro, apresentaram um erro de aproximadamente  $+ 1,0\%$  para uma amplitude de  $0,6800$  a  $0,8657$ , ao nível de  $95\%$  de probabilidade e um coeficiente de variação de mais ou menos  $5,6\%$ .

Em conformidade com LÖETSCH et alii (7), o fator de casca somente deve ser aplicado para a árvore modelo, ou seja, a árvore média do povoamento, e não de modo generalizado, a não ser que a relação entre os dois diâmetros, ao longo do tronco, permaneça constante.

No presente caso, não obstante estas observações, calcularam-se os volumes individuais do pinheiro brasileiro, tomando-se por base o fator de casca médio, uma vez que não fora possível abater tão grande número de árvores pertencentes a uma reserva florestal nacional.

Neste caso, admitiu-se, conseqüentemente, que a relação entre o diâmetro sobre casca e o diâmetro sem casca referidos ao nível de  $1,30$  m, comportou-se como um constante, embora necessite de investigação mais profunda.

Contudo, o volume médio individual sob casca, estimado com este fator, forneceu-nos  $0,2465 \text{ m}^3$  de madeira sólida em pé ou seja:

$$v = 0,3658 \cdot k^2$$

Computando-se o volume médio através da árvore média do povoamento ( $G = 0,0376 \text{ m}^2$  e  $d = 21,8 \text{ cm}$ ) e altura média igual a  $H = 15,70 \text{ m}$  estimada pela melhor equação hipsométrica, tem-se:

$$V = 0,0376 \times 15,70 \times 0,6$$

$$V = 0,3542 \text{ m}^3 \text{ com casca}$$

Aplicando-se-lhe o fator calculado obtém-se cerca de 0,2387 metros cúbicos sob casca, ou seja:

A diferença encontrada entre os dois processos, foi da ordem de 0,0078  $\text{m}^3$  com casca, representando, tão somente, aproximadamente 3,2% em relação ao primeiro método. O volume médio calculado pela aplicação individual da tarifa média ( $k^2$ ), provocou uma superestimação da ordem de 3,2% em relação à árvore modelo. (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8 - Cálculo do Volume individual sobre casca referente às árvores amostras de Pinheiro brasileiro.

Classe DAP (cm)	FREQUÊNCIA (NV)	Área Basal Média por Classe/DAP ( $\text{m}^2$ )	Área Basal Média por hectare ( $\text{m}^2/\text{ha}$ )	Vol. Médio em P <sub>0</sub> s.c./Classe ( $\text{m}^3$ ) *	Vol. Médio em P <sub>0</sub> C.c./hectare ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )	Alturas Médias por classe (Cot. rígidos (H)).
9,0-13,9 11,50	18	0,0107	2,3540	0,0578	12,7160	9,00
14,0-18,9 16,50	43	0,0203	4,4660	0,1559	34,2980	12,80
19,0-23,9 21,50	5	0,0332	7,3040	0,3068	87,4960	15,40
24,0-28,9 26,50	6	0,0513	11,2860	0,5233	115,1260	17,00
29,0-34,9 31,50	10	0,0727	15,9940	0,7852	172,7440	18,00
<b>TOTAL</b>	<b>82</b>	<b>0,1882</b>	<b>41,4040</b>	<b>1,8290</b>	<b>402,3800</b>	<b>72,20</b>

\* Volume calculado tendo por base um fator forma  $F = 0,60$  e a seguinte expressão  $v = v \cdot L^2$

Tabela 9 - Cálculo do volume individual sob casca referente às árvores amostras de Pinheiro brasileiro.

Classe DAP (cm)	FREQUÊNCIA (NV)	Área Basal Média por Classe/DAP ( $\text{m}^2$ )	Área Basal Média por hectare ( $\text{m}^2/\text{ha}$ )	Vol. Médio em P <sub>0</sub> s.c./classe. ( $\text{m}^3$ ) *	Vol. Médio em P <sub>0</sub> s.c./hectare. ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )	Alt. Médias por classe (H). (H).	Fator $W$ MEYER p/ classe. - (K) **
9,0-13,9 11,50	18	0,0107	2,3540	0,0474	8,7160	9,00	0,7753
14,0-18,9 16,50	43	0,0203	4,4660	0,1051	23,1134	12,80	0,7932
19,0-23,9 21,50	5	0,0332	7,3040	0,2068	45,4856	15,40	0,8273
24,0-28,9 26,50	6	0,0513	11,2860	0,3527	77,5834	17,00	0,8508
29,0-34,9 31,50	10	0,0727	15,9940	0,5291	116,4822	18,00	0,8579
<b>TOTAL</b>	<b>82</b>	<b>0,1882</b>	<b>41,4040</b>	<b>1,2411</b>	<b>271,3106</b>	<b>72,20</b>	<b>4,1045</b>

\* Volume calculado tendo por base um fator forma  $F = 0,60$

\*\* Fator de casca de MEYER expresso pela relação  $du/d = k$ .

A porcentagem média de casca estimada por indivíduo pela introdução do fator foi da ordem de 32,60%, tanto para o primeiro processo quanto em função da árvore média, ou seja:

$$\% \text{ casca} = \frac{0,1193}{0,3658} = \frac{0,1155}{0,3542} = 32,60\%$$

A evolução dos volumes, com casca e sem casca, em relação às classes de diâmetro estão evidenciadas na Figura 6.

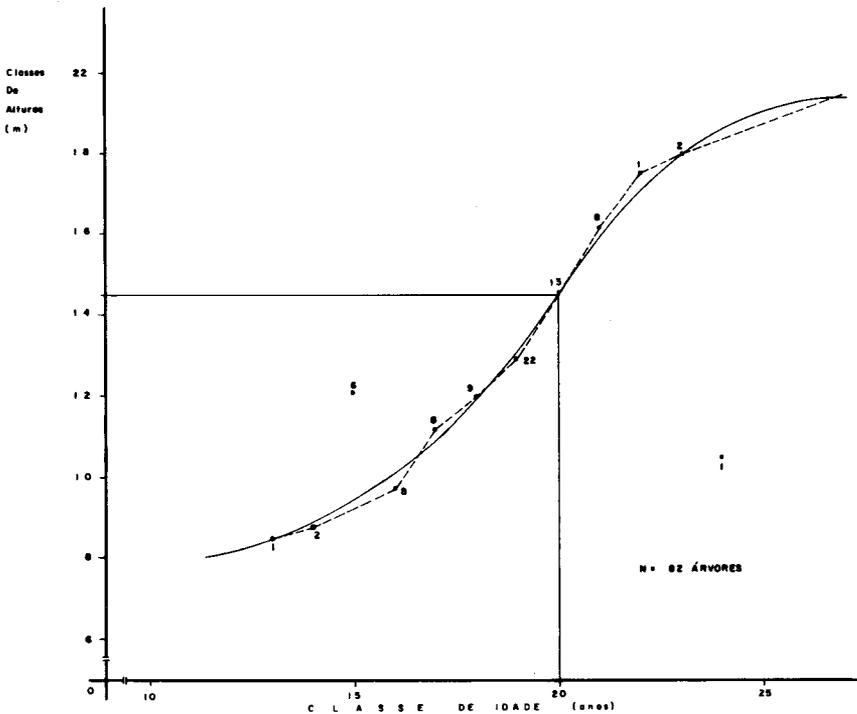


FIGURA 6. AJUSTAMENTO DAS ALTURAS EM RELAÇÃO ÀS IDADES, REFERENTES ÀS 82 ÁRVORES DE PINHEIRO BRASILEIRO

Não obstante às condições de solo serem muito adversas, o povoamento apresentou um bom rendimento.

HEINSDIJK, citado por GOLFARI (4), estimou que para os povoamentos mais velhos de *Araucária angustifolia* situados em Passo Fundo, Canela, e outras regiões, dever-se-ia esperar uma produção compreendida no intervalo de 12 a 20 m<sup>3</sup>/ha/ano, classificada como de segunda categoria.

No presente caso, considerando-se a idade máxima teórica isto é, 27 anos, a amostragem conduziu-nos a um incremento volumétrico médio de 14,902 m<sup>3</sup>/ha/ano e 10,048 m<sup>3</sup>/ha/ano, respectivamente sobre casca e sem casca. O rendimento estimado pelas regressões forneceu-nos os volumes médios de 18,290 m<sup>3</sup>/ha/ano e 12,332 m<sup>3</sup>/ha/ano, respectivamente com casca e sob casca, considerando-se a idade média de 22 anos e um incremento médio anual em altura de mais ou menos 0,73 m. (Figura 7).

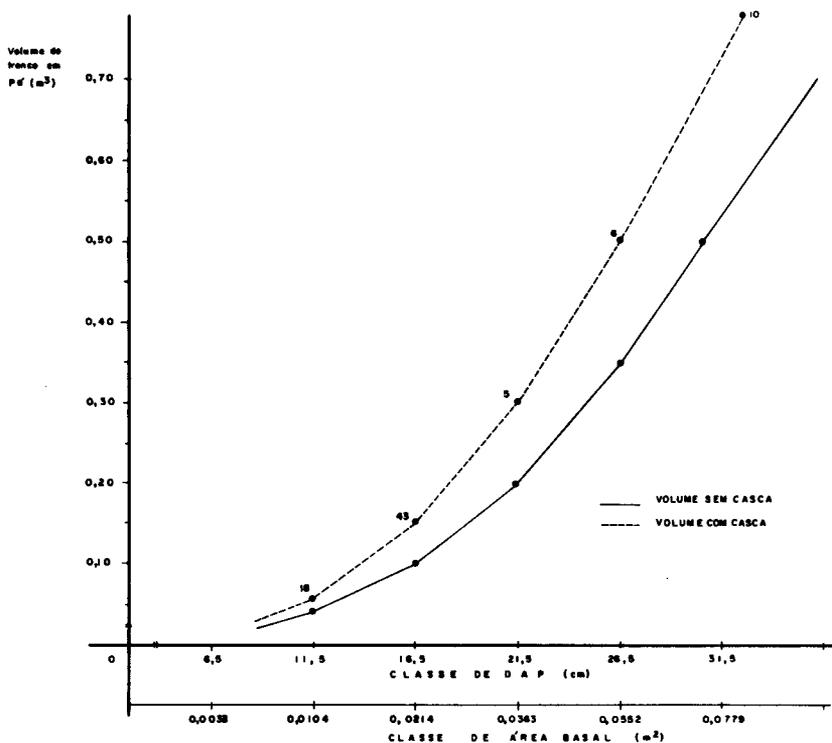


FIGURA 7. EVOLUÇÃO DOS VOLUMES EM RELAÇÃO ÀS CLASSES DE DIÂMETROS

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento dos trabalhos levou-nos a concluir que o rendimento do pinheiro brasileiro (*Araucária angustifolia*), apesar das limitações dos solos e dos pesados desbastes aplicados ao povoamento, pode ser considerado como de segunda categoria segundo o conceito de HEINSDJIK, apresentando  $\cong 41,40 \text{ m}^2/\text{ha}$ .

O fator de casca calculado para a amplitude de idade observada (13-27 anos), não obstante a sua limitação, introduzida pelo critério adotado, forneceu-nos uma boa estimativa para avaliar a espessura dupla de casca ao nível do DAP (erro + 1,0%). Entretanto, recomenda-se que, em outras investigações, se estude a sua variação ao longo do tronco. É necessário que se estabeleça, para a espécie e condições locais, se são significativas as diferenças existentes entre o valor tomado ao nível de 1,30 m do solo e as demais observações ao longo do tronco para que se possa determinar uma medida mais consistente.

Igualmente, aconselha-se que, em tais investigações, a amostragem seja conduzida de tal modo a abraçar maior número de indivíduos por classe de diâmetro, apesar de no presente trabalho os elementos estudados não apresentarem diferenças significativas ao nível de 1%. Esta observação prende-se ao fato do cálculo da idade média do povoamento situar-se aquém do valor teórico a partir do plantio, embora estejam implícitas as influências causadas pelos excessivos replantios.

Observações efetuadas em indivíduos com maior amplitude de diâmetro permitirão, sem dúvida, uma melhor aproximação da idade do povoamento.

De acordo com LÖETSCH et alii (7), as futuras investigações devem também, se possível, serem efetuadas por classe de idade ou por "site", a fim de permitirem melhores estimativas das tarifas de casca.

#### LITERATURA CITADA

- 1 — BRICKELL, J. E. **Test of an equation for predicting bark thickness of Western Montana species.** U.S.D.A. Forest Service Research Note, 1970. 7p. note INI — 107.
- 2 — GOMES, A.M. de A. **Medição dos arvoredos.** Lisboa Sá da Costa, 1957. 413 p.
- 3 — GOLFARI, L. **Coníferas aptas para reflorestamento nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.** Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura (IBDF), 1971, 71p. n.º 1.
- 4 — HEINSDIJK, D. **Fatores de forma para madeiras do pinheiro brasileiro em pé no estado de Santa Catarina.** (s.n.t.)
- 5 — LANGE, A.W. **Bark thickness, K. factors for four Montana Coniferous tree species.** U.S.D.A. Forest Service Research Note, 1971, 2p. note 9.
- 6 — LÖETSCH, F. **Aplication of mean tariffs for the further development of forest management of the plantation forest.** Roma, F.A.O., 1960, 139 p. n.º 1281.
- 7 — LÖETSCH, F., ZOHRER, F. e HALLER, K.G. **Forest inventory** Munique. B.L.V. 1973, 469 p. v.2.
- 8 — MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1961.
- 9 — STAYTON, C.L., e HOFFMAN, M. **Estimating sugar Maple bark thickness and volume.** U.S.D.A. Forest Service Research Note, 1970. 8p., NC — 38.
- 10 — SMITH, C.H. **Bark thickness related to tree diameter in Sugar Maple (Acer sacchorum Marsh.).** U.S.D.A. Forest Service Research Note, 1969. 4p. note NE — 107.