

03795

CPAC

1982

FL-03795

Boletim de Pesquisa

NOVEMBRO, 1982

Número 12

NOVOS MÉTODOS PARA A ESTIMATIVA DO VOLUME DE ÁRVORES EM PÉ

Novos métodos para a

1982

FL-03795

PECUÁRIA DOS CERRADOS



29900-1

**NOVOS MÉTODOS PARA
A ESTIMATIVA DO VOLUME
DE ÁRVORES EM PÉ**

**D. P. Guimarães
L. H. R. Castro**



EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados – CPAC
Planaltina, DF.

Exemplares deste documento podem ser solicitados ao:
CPAC
BR 020 - km 18
Rodovia Brasília-Fortaleza
Caixa Postal, 70-0023
73.300 — Planaltina — DF.

Editor: Comitê de Publicações

Edson Lobato — Presidente
Sérgio Penna — Secretário-Executivo
Carlos Alberto dos Santos
Carlos Roberto Spehar
Euclides Kornelius
José Roberto R. Peres

Coordenação editorial: Antônio de Pádua Carneiro
Normalização bibliográfica: Maria Ferreira de Melo
Datilografia: Orestina G. Silva Cavalcanti e
Adonias Pereira de Oliveira
Desenhista: Nilda Maria C. Sette

Ficha catalográfica

(Preparada pelo Setor de Informação e Documentação do CPAC)

Guimarães, Daniel Pereira

Novos métodos para estimativa do volume de árvores em pé, por Daniel Pereira Guimarães e Luiz Hernán Rodríguez Castro, Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1982.

16 p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 12).

1. Dendrometria. I. Rodríguez Castro, Luiz Hernán, co-lab. II. Título. III. Série.

CDD 582.16

SUMÁRIO

Pág.

Resumo.	5
Abstract	5
Introdução.	7
Desenvolvimento dos métodos.	9
Testes de aplicação	13
Conclusões.	15
Referências bibliográficas	16

NOVOS MÉTODOS PARA A ESTIMATIVA DO VOLUME DE ÁRVORES EM PÉ

Daniel Pereira Guimarães*

Luiz Hernán Rodríguez Castro*

RESUMO

São apresentados dois métodos para a estimativa do volume de árvores em pé. O primeiro, denominado de “Método do Diâmetro Reduzido” (MDR), e o segundo, de “Método dos Três Pontos” (3P). Comparados com o tradicional método de Pressler na estimativa do volume de *Eucalyptus* spp e *Araucaria angustifolia* mostraram precisão aproximadamente quatro vezes superior.

Termos para indexação: *Eucalyptus*, *Araucaria*, dendrômetro, cubagem rigorosa, tabela de volume, volume de árvores em pé.

NEW METHODS FOR ESTIMATING STANDING TREE VOLUME

ABSTRACT

Two new methods for estimating standing tree volume are presented. The first was named the “Reduced Diameter Method” (RDM) and the second one the “Three Point Method” (3P). These methods were compared with the traditional Pressler Method in the estimation of the standing volume of *Eucalyptus* spp and *Araucaria angustifolia*. They were found to be four times more accurate than the Pressler Method.

Index terms: *Eucalyptus*, *Araucaria*, dendrometer, stem volume, volume table, standing tree volume.

*Pesquisador da EMBRAPA-CPAC.

A realização dos trabalhos de inventário florestal no Brasil, visando a estimativa da produção volumétrica, tem como base principal a utilização das tabelas de volume.

Noutros países, em decorrência das dificuldades de construção e uso, aliadas à problemática do abate de árvores-amostra para a construção dessas tabelas, vários pesquisadores têm procurado métodos que possam facilitar sua aplicação ou mesmo substituí-las.

Com o advento de outros instrumentos de mensuração, tais como o relascópio de Bitterlich, o dendrômetro de Barr & Stroud, o pentaprisma Wheeler e outros, novas perspectivas surgiram para a estimativa do volume de árvores em pé (Arney & Paine 1972; Evert 1969).

Há muito se sabe que outra medição do diâmetro, acima da realizada ao nível do peito (DAP), além da medição da altura total (H), contribui significativamente para explicar as variações de volume, determinadas pelas alterações na forma das árvores (Girard 1933).

Entretanto, ainda persistem controvérsias sobre qual dos seguintes pontos seria o ideal para a mensuração desse segundo diâmetro:

- a) medição a uma altura fixa (exemplo: quociente de Girard);
- b) medição a uma altura proporcional ao tamanho da árvore (exemplo: quociente de forma);
- c) medição da altura relativa a um diâmetro proporcional ao DAP (exemplo: método de Pressler).

Para avaliar o número de árvores em pé, merecem também destaque os seguintes métodos:

- a) Wiant-f-c-Wedge, em que a forma é comparada com outras preestabelecidas (Wiant 1972);
- b) o uso de fotografias oblíquas terrestres de escalas corrigidas (Kio 1971).

No entanto, todos esses métodos têm algumas limitações, como a dificuldade de obtenção dos dados e o baixo nível de precisão. Bell & Groman (citados por Arney & Paine 1972), trabalhando com o dendrômetro de Barr & Stroud, constataram serem necessários cerca de quinze minutos por cada árvore para que se efetue a medição de um diâmetro superior. Guimarães (1979), analisando o método Pressler, observou que o seu emprego se limita apenas a intervalos de "Fator de Forma", compreendidos entre 0,45 e 0,60, aumentando significativamente o erro à medida que a forma da árvore se afaste deste intervalo. Maiores erros foram observados no emprego desse método, segundo versão dada por Veiga et al. (1977).

A dificuldade de mensuração da altura formal proposta por Pressler, devida à grande abertura do ângulo de visada do instrumento de medição e à provável interferência da copa, constitui sua principal limitação prática (Figura 1).

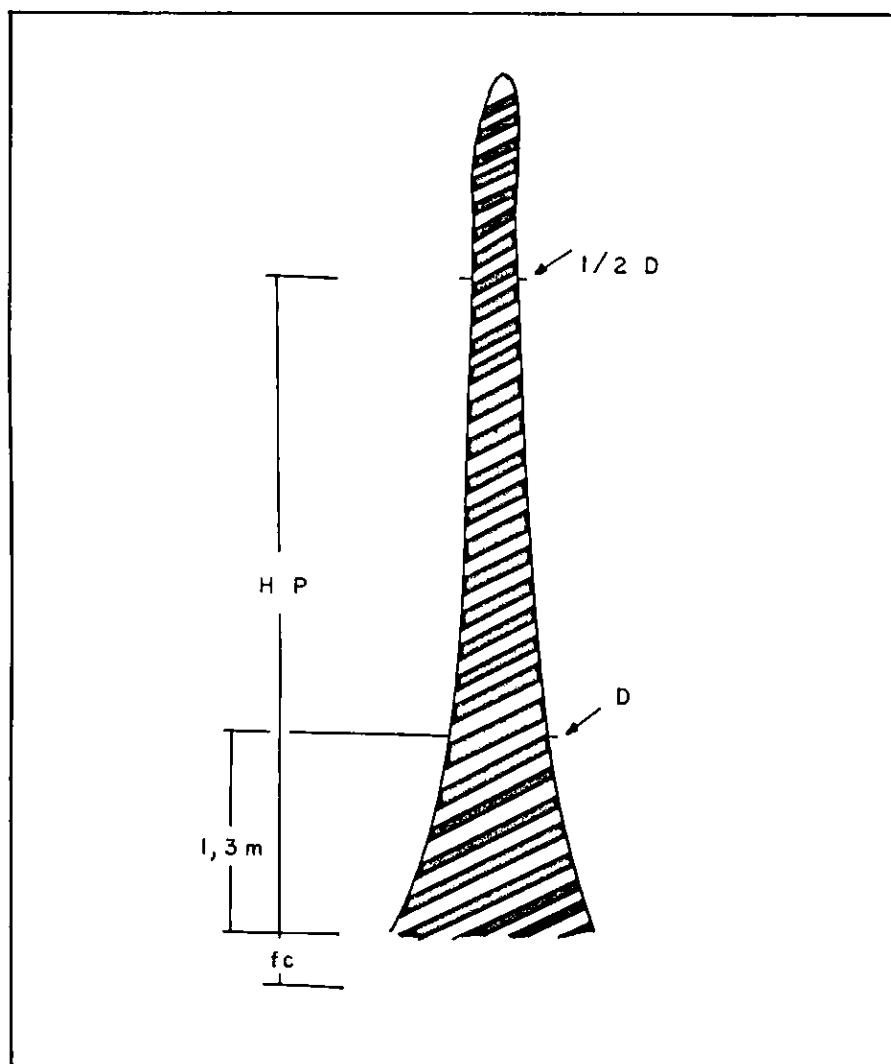


FIG. 1. Método de Pressler: HP = altura formal de Pressler e fc = fator de correção.

Aproveitando os recursos proporcionados pelo relascópio de Bitterlich, procurou-se desenvolver fórmulas de estimação de volume, baseadas principalmente na redução do diâmetro para 3/4 do Diâmetro a Altura do Peito (DAP), ao invés de 1/2 DAP, conforme o empregado pelo princípio de Pressler (Bitterlich sd; Dilworth & Bell 1971).

Utilizando protótipos dendrométricos de formas e tamanhos variáveis, estabeleceram-se as duas fórmulas seguintes:

a) Método do Diâmetro Reduzido (M.D.R.):

$$V = 0,85496.AB.P_1 + 0,21880.AB.HF$$

Determinada por regressão entre os volumes cilíndricos formados pela redução do DAP para 3/4 e o volume total dos protótipos estabelecidos (Figura 2). Na fórmula,

V = Volume total da árvore (m³)

AB = Área Basal (m²)

P₁ = Altura correspondente à redução do DAP para 3/4 (m)

HF = Altura final (m).

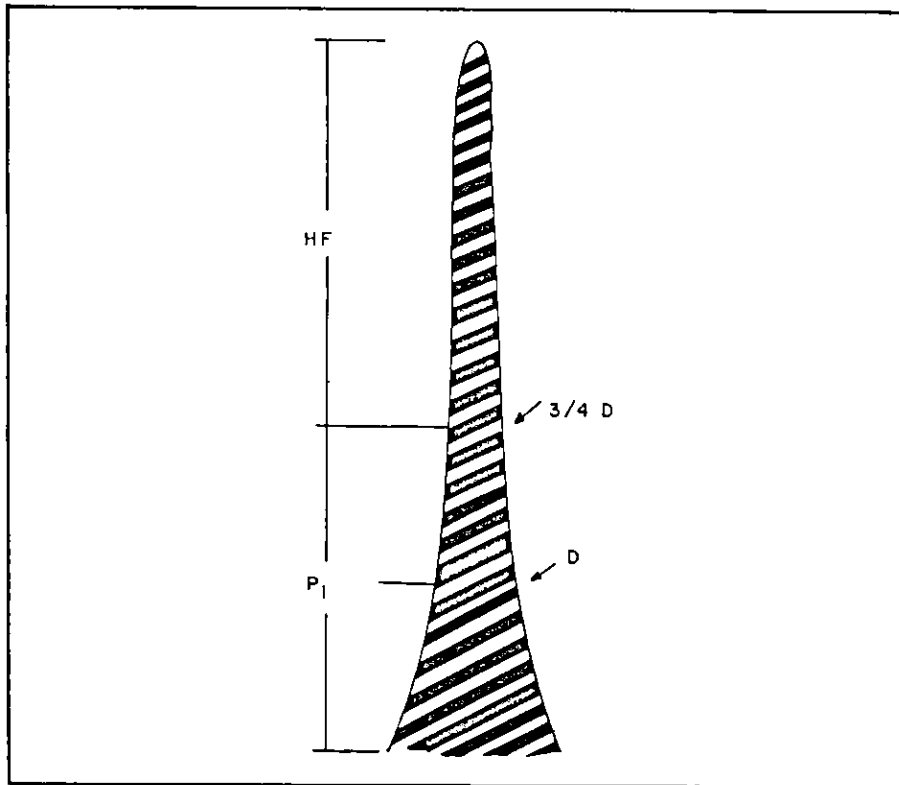


FIG. 2. Método do Diâmetro Reduzido (MDR): HF = Altura final.

b) Método dos Três Pontos (3P):

$$V = AB/48 (34,51506192 + 37P_1 + 19P_2 + 4P_3)$$

Definida através do somatório de sólidos de revolução, ou seja:

$$V_1 = 1/3 \pi D^2/4 \cdot P_3 = AB (4P_3)/48$$

$$V_2 = 1/3 \pi (P_2) \cdot (D^2/4 + 9D^2/16 + 3D^2/8) = AB (19P_2)/48$$

$$V_3 = 1/3 \pi (P_1 - 1,3) \cdot (9D^2/16 + D^2 + 3/4 D^2) = AB (37P_1 - 1,3)/48$$

$$V_4 = 1/3 \pi (1,3) \cdot (D+K)^2 + D^2 + (D+K) \cdot D = AB \cdot 83,2/48 (3 + K^2/D^2 + 3K/D)$$

Os parâmetros utilizados são mostrados na Figura 3.

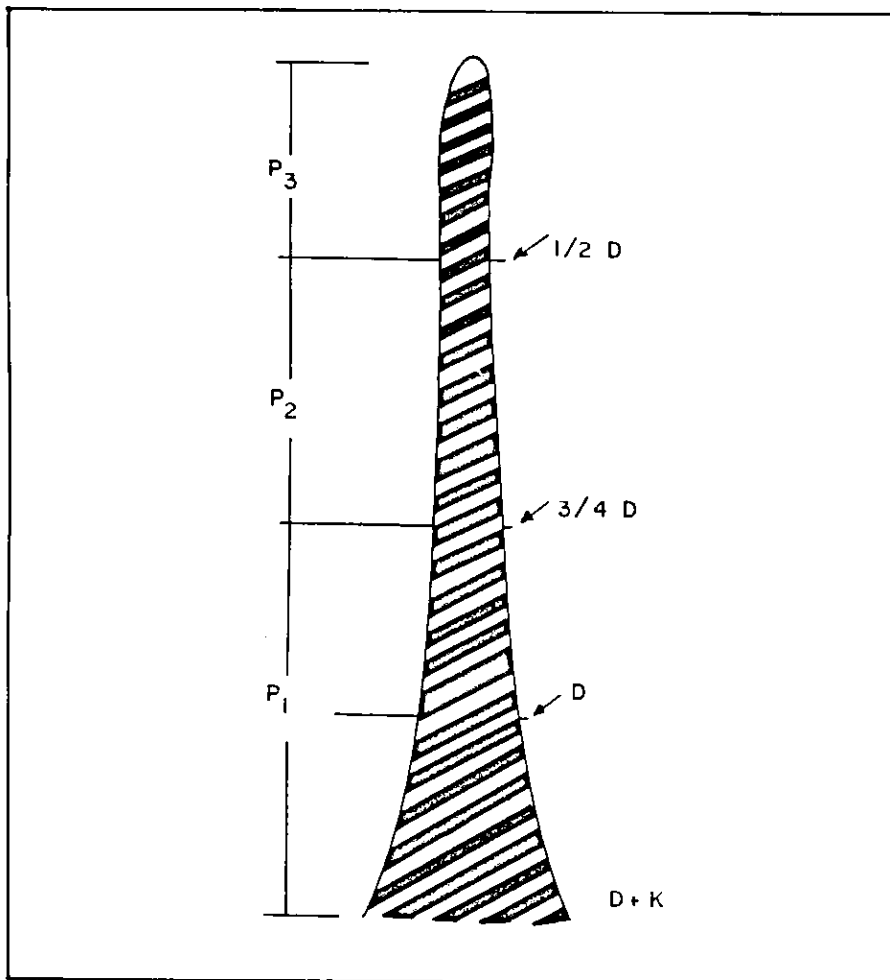


FIG. 3. Método dos Três Pontos; K = Dilatação da base.

Somando-se os quatro volumes, obtém-se:

$$V = AB/48 [4P_3 + 19P_2 + 37P_1 + 83,2(3+K^2/D^2 + 3K/D)],$$

onde K é obtido da regressão dos diâmetros D-K, D, 3/4D, 1/2D, 0, com outras correspondentes 0, 1,3, P₁, P₁ - P₂, P₁ - P₂ - P₃, sendo:

$$K = \frac{1 - 2P_2(P_2 - 2P_1 - 3,9) + P_3(3P_3 - 5P_1 - 5,2) - (9,1) \cdot (P_1 - 1,3)}{4P_1(3P_1 + 4P_2 + 2P_3 - 3,9) + 16P_2(P_2 + P_3 - 1,3) + 4P_3(3P_3 - 2,6) - (1,5)(P_1 - 1,3)}.$$

O valor médio obtido foi 34,51506192.

Para verificar a aplicabilidade dos novos métodos, foram utilizadas 140 árvores de *Araucaria angustifolia* e 240 de *Eucalyptus* spp, as quais foram anteriormente utilizadas para a elaboração de tabelas de volume. As alturas relativas aos pontos de mensuração foram determinadas por interpretações lineares. A fim de assegurar uma maior variação do fator de forma, utilizaram-se dados de diferentes locais, espécies e idades (Tabela 1).

TABELA 1. Dados utilizados no teste de aplicabilidade dos dois métodos propostos.

Local/Empresa	Espécies	Idade (anos)	Número de árvores
João Pinheiro-MG/ICI	<i>E. tereticornis</i>	4	30
Bom Despacho-MG/CAF	<i>E. grandis</i>	4	80
Dionísio-MG/CAF	<i>E. microcorys</i>	7	100
Três Marias-MG/Pains	<i>E. alba</i> (R. Claro)	9	30
Çapão Bonito-SP/IBDF ¹	<i>A. angustifolia</i>	25	70
Irati-PR/IBDF ¹	<i>A. angustifolia</i>	30	70

¹ Dados coletados de reservas florestais nativas.

As árvores de *Eucalyptus* foram cubadas rigorosamente de metro em metro pelo tradicional método de Smalian (Spurr 1952) e as de *Araucaria*, conforme o procedimento de Hohenadl descrito por Heger (1965).

Considerando-se a cubagem rigorosa como padrão, analisa-se a precisão dos novos métodos através de regressões lineares da forma $Y = a + bX$. A estimativa dos volumes pelo método de Pressler serviu como base comparativa dos resultados da Tabela 2.

TABELA 2. Avaliação da capacidade de estimativa dos métodos, comparados pela regressão linear entre volume real e volume estimado.

Método	Intercepto (B_0)			Coeficiente de regressão (B_1)			Quadrado médio do erro	Eficiência relativa a Pressler	Coeficiente de determinação (R^2)	Erro da estimativa de B_0	Erro da estimativa de B_1
	Estimativa	Intervalo de confiança a 1%		Estimativa	Intervalo de confiança 1%						
		Limite inferior	Limite superior		Limite inferior	Limite superior					
Avaliação de Araucaria											
M.D.R.	-0,00159741	-0,00393	0,00074	0,9995756	0,99007	1,00908	0,00727783	466,1	0,998124	0,00090719	0,00368923
3 P	-0,00055082	-0,00327	0,00217	1,02170956	1,01037	1,03305	0,00991567	342,1	0,997444	0,00105578	0,00440307
Pressler	0,00246000	-0,00253	0,00745	1,05313299	1,03144	1,07482	0,03392328	100,0	0,991254	0,00193847	0,00842076
Veiga	0,00444646	-0,00060	0,00949	1,10179433	0,99489	1,04100	0,3500131	96,9	0,990976	0,00195743	0,00894999
Avaliação de Eucalipto											
M.D.R.	-0,0032627	-0,00484	-0,00168	1,03463264	1,02201	1,04726	0,00722674	172,8	0,994708	0,00061254	0,00490180
3 P	0,00008209	-0,00086	0,00103	0,99812759	0,99068	1,00558	0,00271349	460,2	0,998013	0,00036710	0,00289286
Pressler	0,00256756	0,00057	0,00457	0,98259096	0,96680	0,99838	0,01248701	100,0	0,990857	0,00077692	0,00613116
Veiga	0,00401702	0,00197	0,00607	1,02061945	1,00367	1,03757	0,01332092	93,7	0,990246	0,00079518	0,00657969
Geral											
M.D.R.	-0,00111924	-0,00239	0,00015	1,00504460	0,99797	1,01212	0,01621023	352,3	0,997194	0,00049260	0,00274587
3 P	-0,00118627	-0,00235	0,00002	1,01799392	1,01144	1,02455	0,01358964	420,2	0,997647	0,00045110	0,00254596
Pressler	-0,00059374	-0,00297	0,00179	1,04224205	1,02843	1,05606	0,05710406	100,0	0,990115	0,00092435	0,00536352
Veiga	0,00075004	-0,00172	0,00322	1,08938696	1,07432	1,10455	0,06207823	92,0	0,989254	0,00095874	0,00584775

Os critérios empregados para comparar a maior aplicabilidade dos métodos foram os seguintes:

- a) o intercepto da regressão mais próximo a zero;
- b) o coeficiente da regressão mais próximo a 1;
- c) os menores intervalos de confiança para os parâmetros da regressão;
- d) a maior eficiência relativa em relação aos quadrados médios do erro com o correspondente à fórmula de Pressler;
- e) o maior coeficiente de determinação (R^2);
- f) os menores erros das estimativas dos parâmetros.

A seleção foi feita em concordância aos resultados da Tabela 2.

CONCLUSÕES

- a) Ambos os métodos propostos apresentaram precisões superiores aos que se baseiam no princípio de Pressler;
- b) o método dos Três Pontos (3 P) mostrou-se superior ao do Diâmetro Reduzido (M.D.R.), no entanto, espera-se maior facilidade de aplicação prática do segundo, em função do menor número de pontos utilizados;
- c) espera-se maior precisão na prática desses métodos, pois têm a capacidade de evitar os erros aditivos, provocados na estimativa pelo princípio de Pressler, quando se tem medidas imprecisas da altura formal;
- d) além da maior facilidade de mensuração, o diâmetro a 3/4 do DAP se mostrou mais correlacionado com o volume real, que o tomado a 1/2 do DAP sendo, portanto, mais indicado para a utilização em tabelas de volume formais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNEY, D. J. & PAINE, D. P. Tree and stand volumes using heightaccumulation and the telescopic spiegel-relaskop. *Forest Science*, 18(2): 159-68, June, 1972.
- BITTERLICH, W. Spiegel-Relaskop: the modern instrument to measure the volume of forest stands optically; Salsburg, Austria, Feinmechanische Optische Betriebsgesellschaft, s.d. 34 p.
- DILWORTH, J. R. & BELL, J. F. Variable probability sampling — variable plot and three P. Corvallis, Oregon, OSU Cooperative Association, 1971.
- EVERT, F. Estimating stand volume by measuring form-class without measuring diameters. *Forest Science*, 15(2): 145-8, June, 1969.
- GIRARD, J. W. Volume tables for Mississippi bottomland hardwoods and southern pines. *J. Forestry*, 31: 34-41, 1933.
- GUIMARÃES, D. P. Aplicabilidade do método de Pressler-Bitterlich na avaliação do volume e fator de forma de *Eucalyptus* spp, Relatório Técnico Anual do Programa Nacional de Pesquisa Florestal, — 1979. Brasília, EMBRAPA, 1979. p. 10-11.
- HEGER, L. A trial of Hohenadl's method of stem-form and stem volume estimation. *For Chronical*, 4: 466-75, 1965.
- KIO, P. R. Application of ground-oblique photographs to the measurement of standing trees. *Forest Science*, 17(1): 45-54. Mar. 1971.
- SPURR, S. H. *Forest inventory*. New York, Ronald Press, 1952. 476p.
- VEIGA, A. A. et al. Subsídios para o cálculo de volume. *Brasil Florestal*, 8(32): 33-5, 1975.
- WIANT, H. V. Form-class estimates: a simple guide. *J. of Forestry*, 70: 421-22. Jul. 1972.