

VARIAÇÃO DO MODELO DE SCHUMACHER & HALL PARA AJUSTE DE EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS



VARIAÇÃO DO MODELO DE SCHUMACHER & HALL
PARA AJUSTE DE EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS

Daniel Pereira Guimarães



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - CPAC
Planaltina, DF

Exemplares deste documento podem ser solicitados ao:

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS - CPAC
BR 020 - km 18 - Rodovia Brasília/Fortaleza
Caixa Postal, 70-0023
73.300 - Planaltina-DF
Telefone: (061) 596-1171
Telex: 0611621

Tiragem: 1.200 exemplares

Editor: Comitê de Publicações

José Carlos Sousa Silva

José Luiz Fernandes Zoby

Luiz Carlos Bhering Nasser - Presidente

Raul Colvara Rosinha - Secretário

Wenceslau J. Goedert

Editoração: Dilermando Lúcio de Oliveira

Normalização bibliográfica: Suzana Sperry

Composição: Luis Gerônimo dos Santos

Desenho e montagem: Nilda Maria da Cunha Sette

Distribuição: Daniel Venâncio Bezerra

Ficha catalográfica
(Preparada pelo SIDOC do CPAC)

Guimarães, Daniel Pereira

Variação do modelo de Schumacher & Hall para ajuste de equações volumétricas. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1986.

18p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 28).

1. Eucalipto - Volume - Medição - Modelos - Schumacher - Hall. I. Guimarães, Daniel Pereira. II. Título. III. Série.

CDD 634.97342

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	5
1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1. Equações volumétricas.....	7
2. METODOLOGIA.....	8
2.1. Comparações planejadas.....	9
2.1.1. Provas de precisão.....	9
2.2. Dados de campo.....	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
4. CONCLUSÕES.....	17
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18

VARIAÇÃO DO MODELO DE SCHUMACHER & HALL
PARA AJUSTE DE EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS

Daniel Pereira Guimarães¹

RESUMO

É proposta uma variação do modelo de Schumacher & Hall para ajuste de equações volumétricas. Este modelo ($v = b_0 \cdot d^{b1} \cdot h$) foi comparado com o modelo logarítmico de Schumacher & Hall e com os modelos linear e logarítmico de Spurr, na estimativa do volume de árvores oriundas de 12 povoamentos de Eucalyptus grandis, sendo considerado como o mais adequado para este propósito. O Erro Padrão Residual ($S_{y,x}$) foi utilizado como critério para seleção do modelo de melhor ajuste. A utilização de uma equação única para estimar o volume de todos os povoamentos estudados, em alguns casos, apresentou erros superiores a 5%.

A SCHUMACHER & HALL MODEL VARIATION FOR FITTING
VOLUMETRIC EQUATIONS

ABSTRACT

A variation is proposed of Schumacher & Hall model for fitting volumetric equations. This model ($v = b_0 \cdot d^{b1} \cdot h$) was compared with the logarithmic model of Schumacher & Hall and the linear and logarithmic models of Spurr for estimating the tree volume data from 12 Eucalyptus grandis stands and was considered the most adequate for this purpose. The criteria for selecting the best fitting model was the analysis of Standard Residual Error ($S_{y,x}$). The utilization of only one equation to estimate volumes for all the stands studied, sometimes presented errors greater than 5%.

¹ Engenheiro Florestal, M.Sc.

1 - INTRODUÇÃO

A avaliação precisa da produção de um povoamento florestal constitui elemento básico para a tomada de decisão visando obter o melhor aproveitamento dos bens proporcionados pela floresta. Para tal, o conhecimento de volumes individuais é importante, por possibilitar que inferências sobre a produção de todo o povoamento sejam efetuadas.

Normalmente, o volume de madeira produzido constitui o principal parâmetro do povoamento a ser quantificado. O emprego de equações volumétricas específicas é um procedimento muito eficiente para a estimativa do volume.

1.1 - Equações volumétricas

O volume de uma árvore pode ser expresso por: $v = g.h.f$; onde g refere-se à área transversal relativa a um diâmetro de referência (normalmente tomado à altura de 1,30 metros da base), h é a altura total e f uma medida de correção para a forma do tronco. O fator de forma (f) tende a ser influenciado por condições inerentes ao povoamento, tais como espécie, idade e tipo de sítio.

A seleção de uma equação para estimativa do volume deve satisfazer a dois critérios, ou seja, estimar os dados dentro dos limites de precisão requeridos e ser caracterizada pela facilidade de uso. Os modelos mais apropriados são aqueles que incluem o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total como variáveis independentes. O ajuste dos modelos aos dados de campo é, normalmente, obtido através da técnica de regressão. Processos seletivos de variáveis independentes muitas vezes são empregados para a seleção dos melhores modelos. De modo geral, os resultados conduzem a alguns modelos tradicionalmente conhecidos. Quando as variáveis sofrem transformações para a forma logarítmica, normalmente o modelo de melhor ajuste é o proposto por Schumacher & Hall (1933). Quando na forma linear, a combinação das variáveis diâmetro e altura, proposta por Spurr (1952), tende a ser a mais explicativa do volume. Modelos lineares múltiplos têm sido recomendados, porém, nem sempre a introdução de outras variáveis contribui significativamente (nível de $\alpha = .05$) para o aumento de precisão das estimativas. Também a logaritmização da variável combinada tende a apresentar alta correlação com o volume.

2 - METODOLOGIA

Normalmente, o modelo logarítmico proposto por Schumacher & Hall supera os modelos lineares, com relação à precisão com que os dados são estimados. Comparando este modelo com aquele proposto por Spurr, pode-se fazer algumas suposições sobre suas capacidades explicativas das variações dos dados. Estes modelos são:

$$1 - v = b_0 + b_1 \cdot d^2 h \quad \text{Spurr}$$

$$2 - v = b_0 \cdot d^{b_1} \cdot h^{b_2} \quad \text{Schumacher \& Hall}$$

Quando as variáveis independentes tendem para zero, espera-se comportamento semelhante da variável dependente. Assim, o intercepto do modelo 1 não deveria ser aditivo, e sim multiplicativo. Sendo a variável combinada ($d^2 h$) altamente correlacionada com o volume, seria admissível que a introdução da variável altura se desse, no modelo, em sua forma linear.

Julgou-se, então, procedente avaliar o comportamento de um modelo da seguinte forma:

$$3 - v = b_0 \cdot d^{b_1} h \quad \text{Modelo Alternativo}$$

A estimativa dos coeficientes do modelo pode ser feita por regressão não-linear ou pela transformação:

$$\ln(v/h) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d)$$

Sendo viável a aplicação deste modelo, aspectos vantajosos seriam obtidos, tais como:

- ajuste dependente de regressão linear;
- facilidade de comparação entre equações, que poderia ser efetuada através da análise de covariância. Aplicações desta análise em equações volumétricas são relatadas por Kozak (1972);
- análise das tendências de variação da forma em função do diâmetro. Neste caso, o fator de forma estimado passa a ser expresso por:

$$f = b_0 d^{b_1} / g$$

2.1 - Comparações planejadas

Pode ocorrer que, a cada conjunto de dados, corresponda um diferente modelo de melhor ajuste. Assim, a indicação de um modelo torna-se dependente de sua flexibilidade, ou seja, de sua capacidade de se ajustar às variações dos dados.

Decidiu-se, então, comparar o modelo alternativo com os mais tradicionalmente utilizados para determinação de equações volumétricas. Foram comparados os seguintes modelos:

1 - $v = b_0 + b_1 \cdot d^2 h$	Spurr
2 - $v = b_0 \cdot d^{b_1} \cdot h^{b_2}$	Schumacher & Hall
3 - $v = b_0 \cdot (d^2 h)^{b_1}$	Spurr
4 - $v = b_0 \cdot d^{b_1} h$	Modelo Alternativo

2.1.1 - Provas de precisão

Selecionar o melhor modelo de regressão envolve a verificação de várias condicionantes, inclusive as referentes à facilidade de uso da equação resultante. Neste caso, em que todos os modelos comparados incluem as mesmas variáveis independentes, pode-se definir como mais eficiente aquele que forneça melhor precisão das estimativas.

Conforme Draper & Smith (1966), a análise dos resíduos constitui o melhor critério para a seleção de modelos. Esta análise poderia ser efetuada por interpretação gráfica dos dados ou então pelo uso de testes estatísticos apropriados. Dentre os vários testes existentes para avaliar a dispersão dos dados em torno da linha de regressão, os mais utilizados são aqueles baseados na dispersão dos erros ou os baseados na dispersão dos resíduos. Tendo como base a dispersão dos erros, utiliza-se comparar os dados através da distribuição do Qui-quadrado. No caso de equações de volume, tem sido amplamente utilizado o teste proposto por Freese (1960). Baseado na distribuição dos resíduos, podem ser incluídas as provas de precisão obtidas na

análise de variância, tais como os testes de F, t, coeficientes de determinação (R^2), erro padrão residual ($S_{y.x}$) e outros.

Analisando a influência dos desvios sobre a sensibilidade destes testes, pode-se deduzir que, para o caso de equações volumétricas, os testes mais adequados são aqueles baseados na distribuição dos resíduos. Optou-se então pela comparação dos modelos através das medidas do erro padrão residual.

Como os modelos envolvidos nas análises são de natureza diferente (linear ou logarítmico), não se procede à comparação direta entre suas provas de precisão. Normalmente, o índice proposto por Furnival (1961) é utilizado para efetuar este tipo de comparação. Entretanto, julgou-se mais conveniente retransformar os dados para sua forma original e reconstituir a análise de variância.

Outra correção para ajuste dos modelos linearizados baseia-se nos erros ocasionados pela discrepância logarítmica. Geralmente, a correção desta discrepância é efetuada pela utilização do índice de correção proposto por Meyer (1941). Para garantir que a soma dos resíduos fosse igual a zero, preferiu-se ajustar os dados estimados através de uma constante multiplicativa. A obtenção desta constante se deu pela aplicação do modelo de regressão: $y = b.x$; onde y é o volume observado, b a constante de correção da discrepância logarítmica e x o volume estimado pelo modelo.

Para facilitar a interpretação dos resultados, resolveu-se utilizar os erros padrões residuais em suas formas relativas. Assim, para um determinado povoamento, aquele modelo de menor $S_{y.x}$ foi considerado como de eficiência igual a 100%, enquanto os demais passaram a ser representados por seus percentuais em relação a este. Utilizou-se a seguinte transformação:

$$EPRR = 100 - 100.(EPR1/EPRX)$$

onde: EPRR = erro padrão residual relativo aos demais modelos;

EPR1 = erro padrão residual do modelo de melhor ajuste;

EPRX = erro padrão residual do modelo a ser comparado.

2.2. Dados de campo

Para ajuste dos modelos, utilizaram-se dados provenientes de 12 povoamentos de Eucalyptus grandis, cedidos pela Companhia Agrícola

e Florestal Santa Bárbara (CAF), subsidiária da Siderúrgica Belgo Mineira. Informações sobre os dados são fornecidas na Tabela 1. Na Fig. 1 são localizados os municípios onde os povoamentos se acham instalados. Para que os povoamentos pudessem ser referenciados, foram antes codificados. E. grandis é a espécie mais utilizada para reflorestamento, no Brasil. Minas Gerais concentra a maior parte dos reflorestamentos com Eucalyptus no país. Normalmente, os plantios se destinam à produção de carvão vegetal ou celulose.

TABELA 1. Caracterização dos povoamentos de E. grandis utilizados para ajuste dos modelos volumétricos.

Local	Idade	Rota ção*	Espaça mento	Código	Origem da semente	Nº Dados
Carbonita	4	1	3x1,5	CB4131	Rodésia	65
Carbonita	5	1	3x2	CB5132	Rodésia	80
C. Fabriciano	7	1	3x2	CF7132	Rio Claro	50
Dionísio	4	2	2x2	DN4222	Rio Claro	43
Dionísio	5	1	3x2	DN5132	Rio Claro	35
Dionísio	5	2	2x2	DN5222	Rio Claro	30
Dionísio	7	2	2x2	DN7222	Rio Claro	40
M. Campos	2	1	3x2	MC2132	Rio Claro	65
M. Campos	5	1	2x1	MC5121	Rio Claro	80
Paraopeba	5	1	3x1	PA5131	Rio Claro	34
S. Bárbara	4	1	3x2	SB4132	Rodésia	70
S.P. Ferros	6	2	2x2	SF6222	Rio Claro	35

* 1 - povoamento de alto fuste. 2 - povoamentos regenerados por talha dia.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de ajuste dos modelos e suas provas de precisão são apresentados nas Tabelas 2, 3, 4 e 5, respectivamente, para os modelos 1, 2, 3 e 4. Os resultados obtidos para o coeficiente de determinação, após serem efetuadas as correções para a discrepância logarítmica, indicam alta capacidade de ajuste aos dados, de todos os modelos comparados. Os baixos valores dos coeficientes de variação

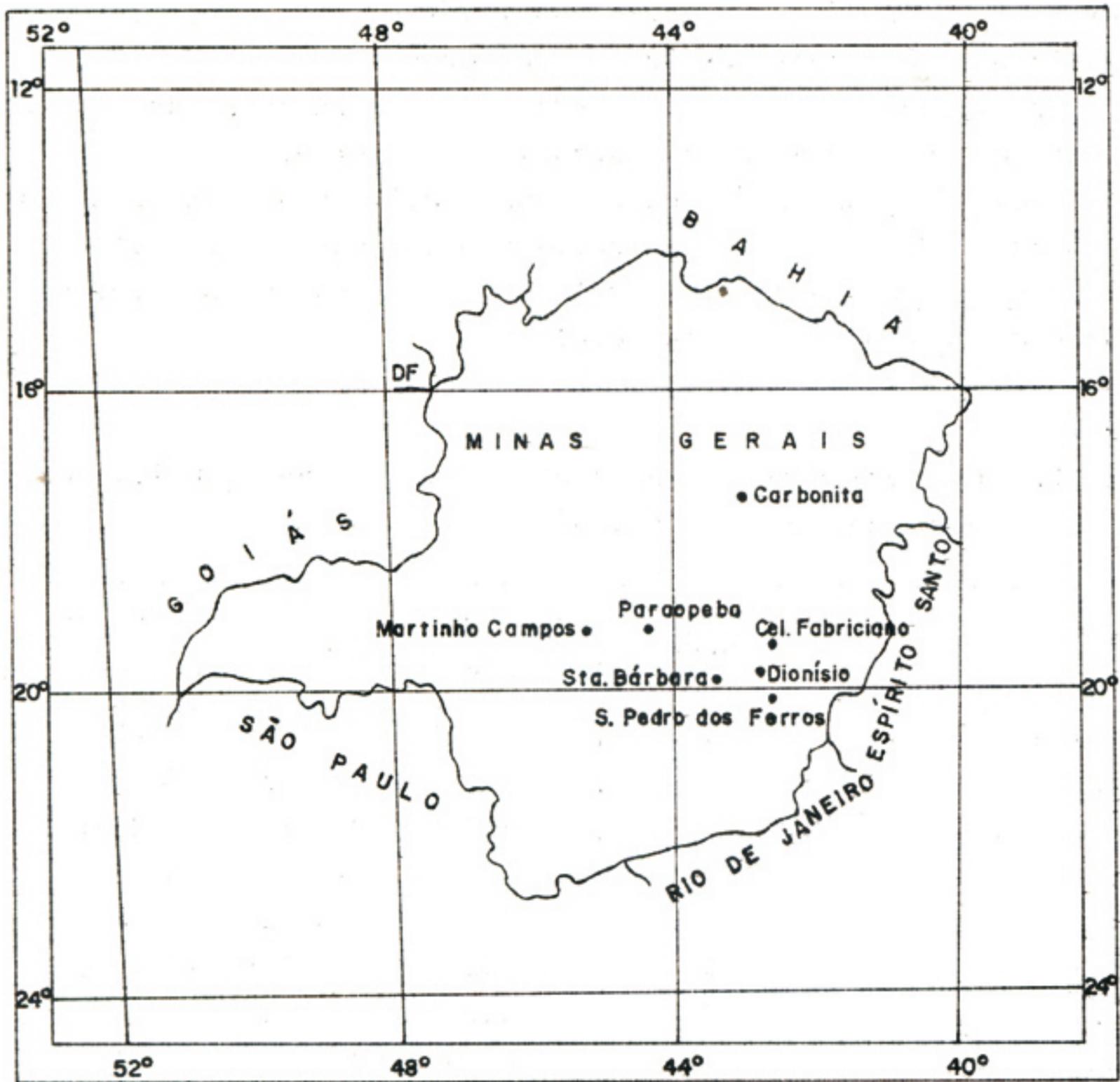


Fig. 1. Localização geográfica dos povoamentos.

(CV%) são condizentes com os altos valores encontrados para R^2 . Isto significa que, além dos modelos tradicionalmente utilizados, o modelo alternativo estaria também fornecendo estimativas precisas para o volume de todos os povoamentos estudados.

Quando o modelo alternativo foi ajustado, verificou-se que os coeficientes de determinação foram sempre menores que os obtidos para os demais modelos. Isto se deu porque, na realidade, o modelo não é inicialmente ajustado diretamente ao volume, e sim à variável transformada (v/h). Após ter sido efetuada a transposição de termos, para a estimativa do volume, e a correção dos valores do intercepto, a medida de R^2 verificada passou a ser compatível ou superior às verificadas para os demais modelos.

TABELA 2. Coeficientes de ajuste e provas de precisão determinados para o modelo de Spurr ($v = b_0 + b_1 \cdot d^2 h$).

Povoamento	b_0	b_1^*	R^2	CV%
CB4131	0,00612	0,03207	0,99179	6,3299
CB5132	0,01057	0,03108	0,99081	7,1141
CF7132	0,01837	0,03226	0,98857	8,9379
DN4222	0,00592	0,03527	0,99538	4,5008
DN5132	0,00892	0,03486	0,99248	6,4599
DN5222	0,00492	0,03556	0,99068	6,6042
DN7222	0,00912	0,03446	0,99033	8,2707
MC2132	0,00584	0,03478	0,99270	5,6043
MC5121	0,00365	0,03525	0,99493	6,5784
PA5131	0,00534	0,03498	0,95845	13,0281
SB4132	0,00741	0,03279	0,98548	8,8222
SF6222	0,01156	0,03336	0,99128	6,7974

* Utilizada a circunferência (m), em vez do diâmetro.

TABELA 3. Coeficientes de ajuste e provas de precisão determinados para o modelo de Schumacher & Hall ($v = b_0 \cdot d^{b_1} \cdot h^{b_2}$).

Povoamento	b_0^{**}	b_1	b_2	R^2	R^{2*}	CV%*
CB4131	0,01451	1,74465	1,23413	0,99662	0,99781	5,7142
CB5132	0,03331	1,83508	0,96938	0,99633	0,99701	6,4107
CF7132	0,04697	1,89147	0,89078	0,99623	0,99630	7,9383
DN4222	0,03383	1,77391	0,96814	0,99421	0,99858	4,5362
DN5132	0,02893	1,84124	1,04728	0,99814	0,99770	6,0052
DN5222	0,03032	1,83429	1,02408	0,99382	0,99707	6,5991
DN7222	0,01407	1,71841	1,24306	0,99670	0,99582	8,4704
MC2132	0,03601	1,86404	0,96953	0,99652	0,99794	5,4540
MC5121	0,15391	2,15895	0,55064	0,99709	0,99692	7,5575
PA5131	0,05684	1,89663	0,81425	0,96914	0,98905	12,4969
SB4132	0,03260	1,81531	0,98071	0,99565	0,99529	8,5254
SF6222	0,01226	1,61164	1,27348	0,99475	0,99763	6,0538

* Corrigidos para anular os efeitos da discrepância logarítmica.

** Utilizada a circunferência (m), em vez do diâmetro.

TABELA 4. Coeficientes de ajuste e provas de precisão determinados para o modelo logarítmico de Spurr ($v = b_0(d^2h)^{b_1}$).

Povoamento	b_0^{**}	b_1	R^2	R^{2*}	CV%*
CB4131	0,03683	0,94236	0,99562	0,99745	6,1709
CB5132	0,03802	0,92715	0,99632	0,99737	6,3966
CF7132	0,04065	0,93234	0,99622	0,99626	7,9843
DN4222	0,04188	0,90602	0,99415	0,99841	4,8077
DN5132	0,04031	0,94930	0,99812	0,99764	6,0772
DN5222	0,04025	0,94363	0,99375	0,99707	6,5957
DN7222	0,03967	0,95407	0,99627	0,99634	7,9273
MC2132	0,03969	0,94108	0,99651	0,99791	5,4908
MC5121	0,04086	0,92302	0,99554	0,99783	6,3473
PA5131	0,04064	0,90979	0,96836	0,98884	12,6161
SB4132	0,03958	0,92369	0,99562	0,99521	8,5921
SF6222	0,04192	0,91294	0,99384	0,99738	6,3603

* Corrigidos para anular os efeitos da discrepância logarítmica.

** Utilizada a circunferência (m), em vez do diâmetro.

TABELA 5. Coeficientes de ajuste e provas de precisão determinados para o modelo alternativo ($v = b_0 \cdot d^{b_1} h$)

Povoamento	b_0^{**}	b_1	R^2	R^{2*}	CV%*
CB4131	0,03054	1,85099	0,99367	0,99774	5,8021
CB5132	0,03021	1,82147	0,99430	0,99735	6,4178
CF7132	0,03214	1,82294	0,99301	0,99613	8,1186
DN4222	0,03035	1,75553	0,98964	0,99865	4,4173
DN5132	0,03395	1,86871	0,99679	0,99768	6,0321
DN5222	0,03299	1,84960	0,98877	0,99708	6,5918
DN7222	0,03361	1,87494	0,99346	0,99633	7,9340
MC2132	0,03246	1,84547	0,99376	0,99796	5,4235
MC5121	0,03132	1,79344	0,98918	0,99790	6,2398
PA5131	0,03063	1,78221	0,93775	0,98843	12,8448
SB4132	0,03054	1,80479	0,99259	0,99530	8,5111
SF6222	0,03109	1,76997	0,98977	0,99757	6,1190

* Corrigidos para anular os efeitos da discrepância logarítmica.

** Utilizada a circunferência (m), em vez do diâmetro.

Interpretando os resultados obtidos para os erros padrões residuais, expressos em forma relativa e mostrados na Tabela 6, verificou-se que os modelos mais explicativos dos dados foram o logarítmico de Schumacher & Hall e o modelo alternativo, enquanto o modelo linear de Spurr se mostrou o menos preciso. Na sua forma logarítmica, o modelo de Spurr suplantou os demais, em dois dos povoamentos (CB5132 e SB4132). Para dois povoamentos (DN7222 e MC5121), o modelo de Schumacher & Hall foi o que menos conseguiu explicar as variações dos dados. Com relação ao modelo alternativo, cuja superioridade foi verificada para cinco povoamentos, o mesmo forneceu resultados sempre próximos àquele que, para os demais povoamentos, apresentava maior capacidade de ajuste. Assim, este modelo poderia ser utilizado para o ajuste dos dados de qualquer povoamento estudado, sem comprometer a precisão dos resultados.

TABELA 6. Eficiência dos modelos, expressa pelo erro padrão residual em sua forma relativa, na estimativa do volume.

Povoamento	Spurr	Modelo de Regressão		Modelo Alternativo
		Schumacher	Log. Spurr	
CB4131	89,23	100,00	92,01	98,47
CB5132	88,78	99,89	100,00	99,67
CF7132	87,41	100,00	99,42	97,73
DN4222	98,10	97,30	91,15	100,00
DN5132	92,43	100,00	98,80	99,55
DN5222	99,81	99,89	99,94	100,00
DN7222	95,67	93,15	100,00	99,92
MC2132	96,67	99,44	98,76	100,00
MC5121	94,57	78,88	98,28	100,00
PA5131	95,67	100,00	98,97	97,13
SB4132	96,35	99,83	99,05	100,00
SF6222	87,71	100,00	94,93	98,92

Através do ajuste deste modelo aos dados, independente do povoamento, obteve-se um modelo único:

$$v = 0,03166 \cdot \text{CAP}^{1,82027} h$$

Os erros observados pela aplicação desta equação aos diferentes povoamentos são mostrados na Tabela 7. Nota-se que, em poucos casos, os erros de estimativa ultrapassaram em 5% os valores obtidos pela aplicação das equações específicas para cada local. Para os povoamentos cujas sementes procediam da Rodésia, houve uma tendência geral de subestimação dos resultados, principalmente quando as árvores eram de menor porte. Não se pode, entretanto, afirmar se isto se deu em função da origem da semente ou por influências locais. A tendência de variação do fator de forma, independente do povoamento, é mostrada na Fig. 2. Esta indica que, para estudos referentes às variações da forma, em função do diâmetro a 1,30 metros, deve ser testado o ajustamento do modelo exponencial:

$$f = b_0 e^{b_1 d}$$

TABELA 7. Erro (%) determinado pela aplicação de um modelo único na estimativa do volume dos povoamentos.

Povoamento	Classe de Circunferência					
	15	30	45	60	75	90
CB4131	-9,11	-7,27	-5,88	-5,05	-4,30	-3,70
CB5132	-4,82	-4,85	-4,58	-4,59	-4,53	-4,44
CF7132	0,89	1,01	1,31	1,38	1,43	1,48
DN4222	8,21	3,43	1,09	-0,92	-2,39	-3,46
DN5132	-2,32	1,01	3,27	4,59	5,73	6,91
DN5222	-1,61	0,40	1,74	2,75	3,34	3,95
DN7222	-4,46	-0,81	1,74	3,21	4,53	5,68
MC2132	-2,32	-0,81	0,44	1,15	1,67	2,47
MC5121	3,93	2,02	1,09	0,23	-0,24	-0,74
PA5131	3,93	1,01	-0,22	-1,38	-2,15	-2,72
SB4132	-0,71	-2,02	-2,18	-2,75	-3,10	-3,21
SF6222	7,86	4,04	2,18	0,69	-0,48	-1,23

Modelo único: $v = 0,03166 \cdot \text{CAP}^{1,82027} h$

CAP = Circunferência(m) na altura do peito (1,30 metros).

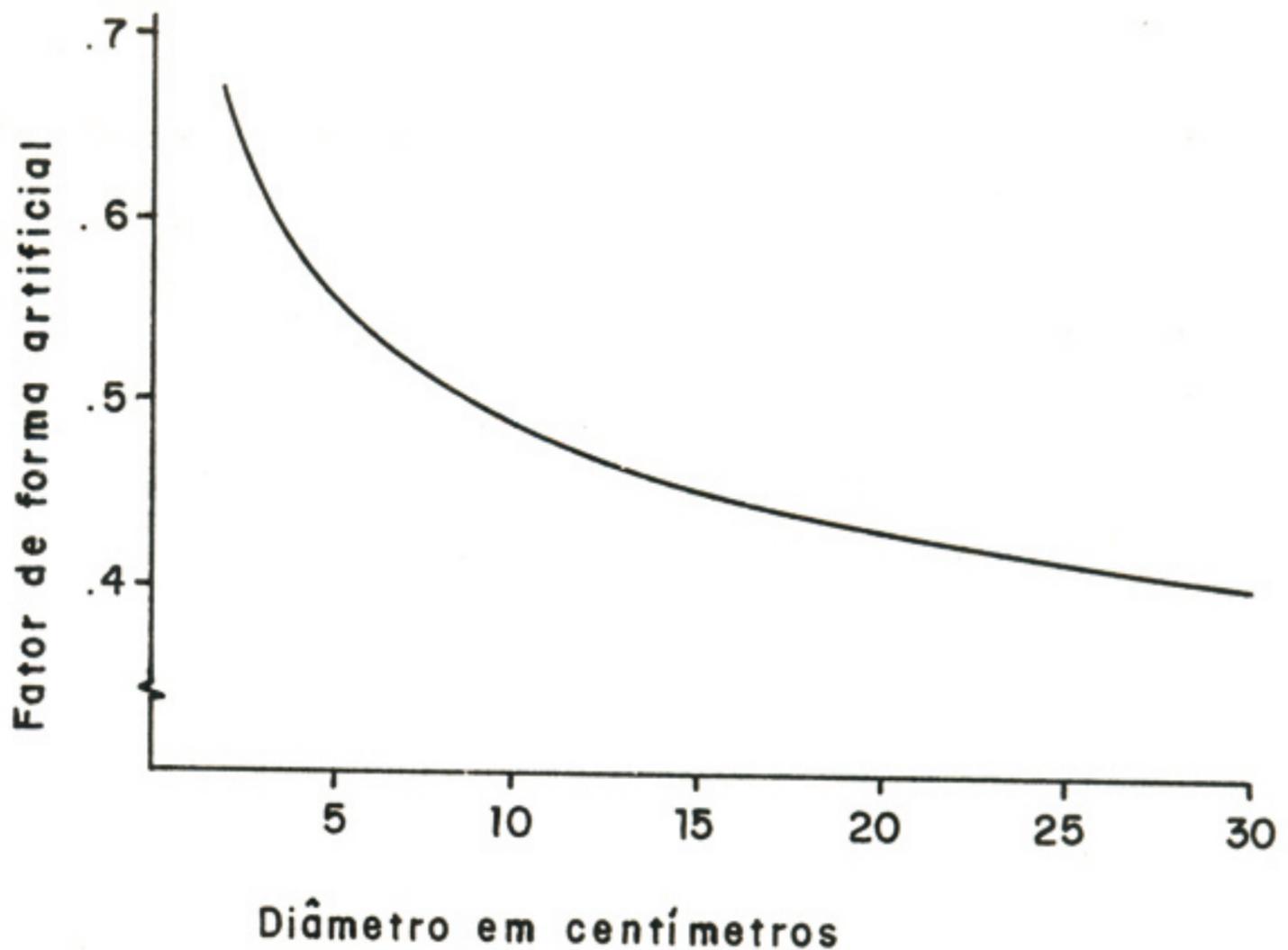


Fig. 2. Tendência geral de variação do fator de forma de Eucalyptus grandis, em função do diâmetro a 1,30 metros.

4 - CONCLUSÕES

O modelo alternativo ao de Schumacher & Hall ($v = b_0 \cdot d^{b1} \cdot h$) demonstrou alta eficiência na estimativa do volume de árvores provenientes de 12 povoamentos de Eucalyptus grandis. Conclui-se, então, que o coeficiente relativo à variável altura poderá ser suprimido do modelo, sem que haja alterações na precisão das equações em estimar o volume.

A utilização do modelo nesta forma facilita sobremaneira a comparação entre equações volumétricas.

A utilização de uma única equação para estimar o volume de todos os povoamentos analisados, em alguns casos, apresentou erros superiores a 5%, em relação às classes volumétricas estabelecidas. Assim, o uso desta equação sem o prévio estabelecimento de testes de aplicabilidade fica condicionado apenas a inventários onde erros desta ordem sejam admissíveis.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DRAPER, N.R. & SMITH, H. Applied regression analysis. New York, John Wiley, 1966. 405p.
- FREESE, F. Testing accuracy. Forest Science, 6(2):139-45, 1960.
- FURNIVAL, G.M. An index for comparing equations used in construting volume tables. Forest Science, 7(4):337-41, 1961.
- KOZAK, A. A simple method to test parallelism and coincidence for curvilinear regressions. In: IUFRO CONFERENCE ADVISORY GROUP OF FOREST STATICIANS, 3, Paris, 1972. p.133-45.
- MEYER, H.A. A correction for systematic error occurring in application of the logarithmic volume equation. s.l., Pennsylvania State Forest School, 1941. 3p. (Research Paper, 7).
- SCHUMACHER, F.X. & HALL, F.S. Logarithmic expression of tree volume. Journal of Agricultural Research, 47:719-34, 1933.
- SPURR, S.H. Forest Inventory. New York, The Ronald Press, 1952. 476p.



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - CPAC
Planaltina, DF