

TABELA DE VOLUME PARA POVOAMENTO DE *Eucalyptus grandis* PLANTADO NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA GRANDE(MT)

Niro Higuchi*

Benedito Gomes**

Joaquim dos Santos**

Noel Alves Constantino**

SUMMARY

This research involved the development of a volume equation using combined variables (circumference at breast height and commercial height) as per SPURR's model, $V = a + b CAP^2H$.

*Least Squares method was used in determining regression coefficients. Commercial volume table is presented for the *Eucalyptus grandis* (five years old) and this apply to the specific region of municipality of Várzea Grande, in the right side of the Cuiabá River.*

1. INTRODUÇÃO

Antes da divisão do Estado de Mato Grosso, as atenções aos reflorestamentos eram dadas quase que exclusivamente à região sul do Estado, enquanto que na região norte, o aproveitamento das áreas destinadas aos reflorestamentos, não atraíam os investidores de outros centros brasileiros. Isto, em parte, foi devido a não delimitação do 2º Distrito Florestal no eixo Cuiabá-Barra do Garças (Portaria 43/76-P de 16-02-76, do IBDF). Entretanto, o Estado de Mato Grosso agora, com boas perspectivas de efetivação do 2º Distrito Florestal e, tendo em vista que o mesmo está incluído na Amazônia Legal, tem amplas possibilidades de concretizar o plano inicial do reflorestamento de 117 mil hectares. As espécies florestais dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* serão, provavelmente, as mais utilizadas nos projetos de reflorestamento do Estado de Mato Grosso.

O povoamento reflorestado com espécie do gênero *Eucalyptus*, mais antigo do Estado de Mato Grosso, tem, atualmente, cinco anos de idade, constituindo-se na única fonte de informação para pesquisas florestais, principalmente no que concerne a Manejo Florestal.

Nesta área foi introduzido o *Eucalyptus grandis*, sem interesse comercial definido.

Considerando que dentro de pouco tempo, as áreas incluídas no 2º Distrito Florestal constituirão num forte atrativo para os empresários florestais, a presente pesquisa é perfeitamente justificada e tem como objetivo principal montar uma tabela de volume de dupla entrada para a espécie florestal *Eucalyptus grandis* na idade de cinco anos, a partir de equação de regressão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Tabela de Volume

Face a importância das tabelas de volume, utilizadas para estimar o volume de árvores em pé, vários trabalhos de pesquisa têm sido desenvolvidos em toda a parte do mundo, inclusive no Brasil. Podendo ser citados: SIQUEIRA (11), HIGUCHI (6), FARR & LABAU (04), MYERS (09), MYERS & EDMISTER (10) e outros.

Segundo ANUCHIN (01), tabelas de volume são listagens de relações numéricas, compiladas de acordo com um sistema definido, nas quais são caracterizados os volumes médios para árvores de diferentes espécies, diâmetros, alturas e formas.

* Professor visitante do Departamento de Engenharia Florestal da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso.

** Alunos do 7º Período do Departamento de Engenharia Florestal da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso.

LOETSCH (08) e HUSCH (07) definem tabela de volume como sendo uma relação gráfica ou numérica obtida a partir de uma equação volumétrica, em função de variáveis correlacionadas com o volume, tais como o diâmetro, ou circunferência, altura e forma.

2.2. Regressão:

Segundo LOETSCH (08), o objetivo da regressão é obter uma expressão da dependência de uma variável Y sobre uma ou mais variáveis independentes X. Tal expressão é, matematicamente, conhecida como função, logo Y é função de X. Função é um relacionamento matemático que nos capacita prever quais valores de uma variável Y, para dados valores de uma variável X (12).

A regressão define o relacionamento entre variáveis tomadas e a correlação, a estreiteza desse relacionamento (08). Segundo SOKAL & ROHLF (12), na regressão estima-se o relacionamento de uma variável com uma outra, expressando-se em termos de uma função linear (ou uma mais complexa) enquanto que, na análise de correlação, às vezes confundida com regressão, estima-se o grau para o qual duas variáveis variam juntas.

Segundo FREESE (05), os métodos de regressão são de grande utilidade na derivação das relações empíricas entre vários fenômenos, sendo aplicáveis para: a) encontrar uma função matemática que possa ser utilizada para descrever o relacionamento entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes; e b) testar hipóteses sobre a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes.

Dependendo do número de variáveis independentes, a regressão pode ser simples ou múltipla e, dependendo da equação básica (sua natureza), linear ou não linear.

2.2.1. Regressão Linear Simples

Para obter-se uma idéia de regressão linear simples, é necessário considerar uma população com n indivíduos, cada um com características x_i e y_i . Se a informação desejada é uma expressão numérica para o relacionamento entre os va-

lores de x e y, o primeiro passo é marcar os valores num sistema de coordenadas (08). Isto é feito, segundo FREESE (05), para dar uma evidência visual do relacionamento das duas variáveis. Se existir um relacionamento simples, os pontos marcados tenderão a formar um modelo (uma linha reta ou uma curva). Se o relacionamento é fraco, os pontos serão dispersos e o modelo, indefinido. Se o relacionamento é muito forte, o modelo será, de um modo geral, bem definido.

Segundo DRAPER & SMITH (03), em muitas situações o relacionamento na forma de reta pode ser valioso, sumariando a dependência observada de uma variável sobre uma outra.

Uma linha reta representa a regressão linear simples, a qual geralmente é definida pela equação $Y = a + bX$, sendo a o coeficiente de interseção e b, o coeficiente angular (08). Segundo SOKAL & ROHLF (12), em regressão, um relacionamento funcional não significa que, dado um valor de X, o valor de Y tem que ser $a + bX$, mas que o valor esperado de Y é $a + bX$.

Em um exemplo real, as observações não permanecem perfeitamente ao longo da linha de regressão por causa do erro aleatório e dos efeitos de fatores ambientais não previsíveis (12).

A forma mais utilizada de ajustamento da reta aos dados, segundo STEEL & TORRIE (13), é através do método dos mínimos quadrados, o qual requer uma mínima soma dos quadrados dos desvios, dos pontos observados em relação à reta.

2.3. Correlação Linear

Segundo BALAAM (02), o coeficiente de correlação é uma medida da associação linear entre duas variáveis, X e Y. De uma amostra aleatória (X_i e Y_i) de tamanho n de uma população normal, uma estimativa do coeficiente de correlação é obtida através de:

$$r = \frac{\sum_1 (\bar{Y} - Y) (\bar{X} - X)}{\sqrt{\sum_1 (\bar{Y} - Y)^2 \sum_1 (\bar{X} - X)^2}}$$

Este coeficiente de correlação amostral tem o sinal de $\sum (Y - \bar{Y}) (X - \bar{X})$ e, conseqüentemente, o mesmo sinal de b.

A variação de r é de -1 até +1. Se $r = -1$ ou $r = +1$, a soma dos quadrados dos desvios, S, da linha de regressão é zero. Cada desvio é zero e todos os pontos permanecem sobre a linha de regressão, isto é, existe um funcional relacionamento linear entre as variáveis Y e X. Quando r^2 (coeficiente de determinação) se aproximar de 1 (um), mais próximos à linha de regressão estarão os pontos e, conseqüentemente, a magnitude de r pode ser tomada como uma medida do grau para o qual a associação entre as variáveis se aproxima a um funcional relacionamento linear. Quando r é zero, as variáveis são descritas como não-correlacionadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido numa área de aproximadamente 26 hectares, reflorestada com *Eucalyptus grandis* que conta, atualmente, com cinco anos de idade. Esta área situa-se às margens do rio Cuiabá, município de Várzea Grande (paralelo 15°48' de longitude oeste de Grw. e altitude de 165m s.n.m.).

A coleta de dados foi feita aleatoriamente, procurando atender todas as classes diamétricas, em seções de 2 em 2 metros a partir da Circunferência à Altura do Peito (CAP). O volume real foi obtido através da fórmula de Smalian, na forma de volume comercial com casca.

Para se estimar o volume foi utilizada a equação da variável combinada ou de SPURR, $V = a + b \text{ CAP}^2 H$, sendo que os coeficientes de regressão foram obtidos através do método dos mínimos quadrados, a partir de $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$

O teste de Bartlett foi aplicado para verificar a homogeneidade de variância entre os indivíduos amostrados, distribuídos em classes de circunferência.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Teste de Bartlett

C	(F-1)	s ²	SQC	ln s ²	(F-1) ln s ²
1	2	3.00	6.00	1.099	2.198
2	5	1.64	8.21	0.495	2.475
3	5	1.57	7.86	0.451	2.255
4	5	1.40	7.00	0.336	1.680
5	7	1.77	12.38	0.571	3.997
6	3	1.73	5.19	0.548	1.644
7	3	1.56	4.69	0.445	1.335
8	1	4.50	4.50	1.504	1.504
32			56.95		17.201

$$s^{-2} = 1.78 \quad \ln s^{-2} = 0.577$$

$$\chi^2 = 1.263 \quad \chi^2 = 15.51 \text{ a nível de } 0.05$$

Não havendo significância entre o valor calculado e o valor tabelado (ao nível de 0.05), fica comprovado que as variâncias dos indivíduos amostrados são homogêneas.

O histograma de frequência para classes de circunferência à altura do peito (CAP) é apresentado na Fig. 01.

4.2. Coeficientes de Regressão:

$$a = 0.01142$$

$$b = 0.03827$$

e a equação de regressão para estimar o volume,

$$\hat{Y} = 0.01142 + 0.03827 \text{ CAP}^2 H$$

4.3. Anova da Regressão Estimada

Fontes de variação	g.l.	SQ	MQ	F
Regressão	1	0.06888	0.06888	765.33*
Resíduo	39	0.00340	0.00009	
Total	40	0.07228		

Como o valor F é maior que o valor de F tabelado, isto é, altamente significativo, rejeita-se a hipótese de nulidade, $H_0: \beta_1 = 0$, correndo um risco de menos de 5% em errar.

4.4. Erro Padrão de \hat{Y} :

$$s_{\hat{y},x} = 0.00920$$

4.5. Erro Padrão de b e Intervalo de Confiança para β_1 :

$$s_b = 0.00134$$

$$IC(0.03559 \leq \beta_1 \leq 0.04095) = 0.95$$

Isto quer dizer que o valor verdadeiro de β_1 está entre o intervalo calculado, com 85% de confiança.

A hipótese de nulidade que o valor verdadeiro de β_1 é zero ou que não há relacionamento entre CAP²H e V,

$H_0: \beta_1 = 0$ e a $H_1: \beta_1 \neq 0$, foram feitas através do teste t.

$$t = 28.56$$

Como o t calculado excede o valor crítico apropriado de $t_{39,0.05} = 2.021$, $H_0: \beta_1 = 0$ é rejeitada.

4.6. Erro Padrão de a e Intervalo de Confiança para β_0 :

$$s_a = 0.00277$$

$$IC(0.00588 \leq \beta_0 \leq 0.01696) = 0.95$$

e para $H_0: \beta_0 = 0$ e $H_1: \beta_0 \neq 0$,

$$t = 4.12,$$

o qual excede o valor crítico de t, podendo, desta maneira rejeitar $H_0: \beta_0 = 0$.

4.7. Coeficiente de Correlação

$$r = 0.976$$

4.8. Tabela de Volume

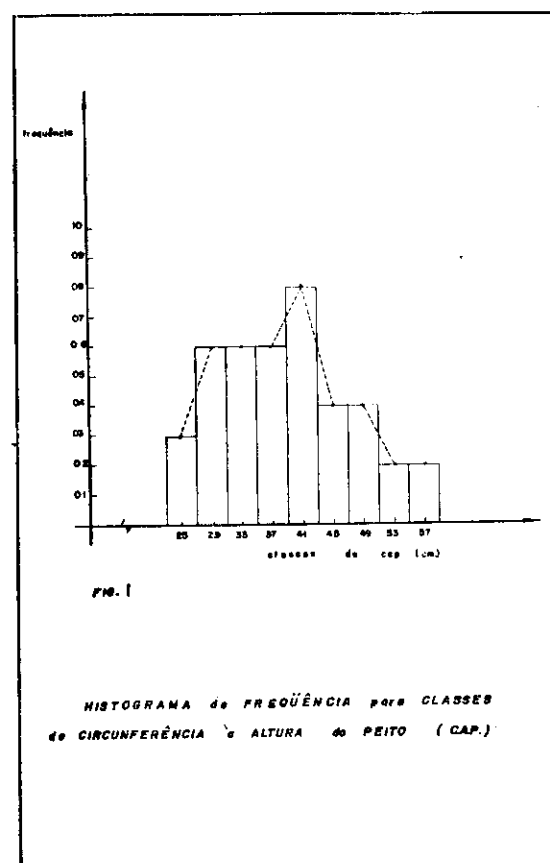
A tabela de volume comercial com casca é apresentada no QUADRO 01.

5. CONCLUSÃO

Em se tratando de pioneirismo em termos de tabela de volume para a região norte do Estado de Mato Grosso, o presente trabalho apresentou resultados satisfatórios, no tocante a coeficiente de correlação ($r = 0.976$) e erro padrão de estimativa ($s_{\hat{y},x} = 0.00920$), podendo constituir-se, futuramente, em segura fonte de pesquisa para outros trabalhos de tabelas de volume no Estado de Mato Grosso.

6. AGRADECIMENTOS

Queremos, aqui, expressar os nossos sinceros agradecimentos ao Dr. Gerson Dalcanale, Diretor Superintendente da SADIA OESTE S/A, pelo material de pesquisa cedido.



QUADRO (01): Tabela de Volume (m³) comercial com casca para "Eucaliptus grandis".

CAP (cm)	ALTURAS COMERCIAIS (M)												
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
13	0.0134	0.0140	0.0147	0.0153	0.0160	0.0166							
17	0.0147	0.0158	0.0170	0.0181	0.0192	0.0203							
21		0.0182	0.0199	0.0216	0.0232	0.0249	0.0266						
25		0.0210	0.0234	0.0258	0.0282	0.0306	0.0329						
29			0.0275	0.0307	0.0339	0.0372	0.0404	0.0436					
33			0.0323	0.0364	0.0406	0.0448	0.0489	0.0531					
37			0.0376	0.0428	0.0481	0.0533	0.0586	0.0638	0.0690				
41			0.0436	0.0500	0.0564	0.0629	0.0693	0.0757	0.0822				
45				0.0579	0.0657	0.0734	0.0812	0.0889	0.0967	0.1044			
49				0.0665	0.0757	0.0849	0.0941	0.1033	0.1125	0.1217			
53				0.0759	0.0863	0.0974	0.1082	0.1189	0.1297	0.1404	0.1512		
57				0.0806	0.0985	0.1109	0.1233	0.1358	0.1482	0.1606	0.1731		
61				0.0969	0.1111	0.1253	0.1396	0.1538	0.1681	0.1823	0.1965	0.2108	
65				0.1084	0.1246	0.1408	0.1569	0.1731	0.1893	0.2054	0.2216	0.2378	
69					0.1390	0.1572	0.1754	0.1936	0.2118	0.2301	0.2483	0.2665	0.2847
73					0.1542	0.1746	0.1950	0.2154	0.2357	0.2561	0.2765	0.2969	0.3173

Fonte: Reflorestamento da SADIA OESTE S/A — Várzea Grande (Mt)

Base: 41 árvores

Seções de 2 em 2 metros a partir do CAP

Erro Padrão de estimativa = 0.00920

Coefficiente de correlação = 0.976

Valores da tabela derivados da equação de regressão $V = 0.01142 + 0.03827 \text{ CAP}^2H$

7. LITERATURA CITADA

01. ANUCHIN, N. P. *Forest mensuration*. Jerusalem, Israel Program for Scientific Translations, 1970. 494p.
02. BALAAM, L. N. *Fundamentals of Biometry*. New York, John Wiley & Sons, 1972. 259p.
03. DRAPER, N. & SMITH, H. *Applied regression analysis*. New York, John Wiley, 1966. 407p.
04. FARR, W. A. & LABAU, V. J. Volume tables and equations for old growth western red cedar and Alaska-cedar in Southeast Alaska. *U.S.For.Serv.Res.Note PNW* — 167, 1971. 18p.
05. FREESE, F. Linear regression methods for forest research. *U.S.For.Serv.Res.Pap. FPL* — 17, 1964. 137p.
06. HIGUCHI, N. Tabelas de volume para povoamentos nativos de canafístula, Cedro, Pau marfim e Canelas, no extremo oeste paranaense. Curitiba, Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, 1978. 76f. (Dissertação de Mestrado).
07. HUSCH, B.; MILLER, C. J. & BEERS, T. W. *Forest mensuration*. 2ed. New York, Ronald Press, 1971. 410p.
08. LOETSCH, F.; ZOEHRER, F. & HALLER, N. E. *Forest Inventory*. München, BLV VERLAGSGESELLSCHAFT, 1973. 2v.
09. MYERS, C. A. Volume tables and point-sampling factors for Longpole Pine in Colorado and Wyoming. (*U.S.For.Serv. Res.Pap.Rm* — 6, 1964. 16p.
10. MYERS, C. A. & EDMISTER, C. B. Volume tables and point sampling factors for Engelmann Spruce in Colorado and Wyoming. *U.S.For.Serv.Res.Pap.RM* — 95, 1972. 23p.
11. SIQUEIRA, J.D.P. Tabelas de volume para povoamentos nativos de *Araucaria angustifolia*, no Sul do Brasil. Curitiba, Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, 1977. 163f. (Tese de Mestrado).
12. SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. *Biometry*. San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1969. 776p.
13. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.M. *Principles and procedures of statistics*. New York, McGraw-Hill, 1960. 481p.