

TABELA DE VOLUME PARA *Eucalyptus grandis**

Francisco de Paula Neto
José Carlos Ribeiro
Osvaldo Ferreira Valente**

1. INTRODUÇÃO

Tabelas de volume bem elaboradas constituem elementos essenciais em trabalhos de avaliação florestal.

São preparadas para espécies individuais ou para grupos de espécies e estimam o volume, por árvore, em função do diâmetro, diâmetro e altura ou diâmetro, altura e classe de forma. Daí resultam três tipos básicos de tabelas de volume: tabelas de volume local que dão o volume da árvore em função do diâmetro à altura do peito (DAP). Este tipo de tabela pode ser elaborado em função de dados coletados localmente, numa determinada plantação; tabelas de volume de dupla entrada (conhecidas como tabelas regionais), que estimam volume para árvores individuais em função do DAP e da altura total ou mercantil das mesmas. Os dados para este tipo de tabela são coletados dentro de uma área restrita (um povoamento) ou de grandes regiões, englobando vários municípios ou vários estados e, finalmente, tabelas de volume formais são as que fornecem o volume das árvores em termos do DAP, altura e classe de forma. Tais tabelas são montadas em série, para grandes ou pequenas regiões, havendo uma tabela para cada classe de forma.

Vários autores têm discutido a respeito das vantagens e desvantagens das tabelas formais. SPURR (5) argumenta em favor de tabelas formais, dizendo que a altura e o diâmetro não são suficientes para estimativas precisas do volume e que uma terceira variável independente é necessária para exprimir a forma do tronco. O argumento contrário é que a forma da árvore e a espessura da casca estão estreitamente relacionadas com a altura, diâmetro e espécie ou grupos de espécies para as quais a tabela é preparada, e que a introdução da variável forma complica a estimativa do volume sem contribuir substancialmente para aumento da precisão.

Na realidade, desde que se use o processo da cubagem rigorosa, determinando o volume do tronco por pequenas seções, a forma da árvore estará, logicamente, sendo acompanhada no ato

* Aceito para publicação em 14-05-1975.

** Auxiliares de Ensino da Escola Superior de Florestas da Universidade Federal de Viçosa.

da medição. Quanto ao aspecto prático, as tabelas formais exigem grande número de medições, tornando difícil o seu uso. MEYER (3) afirma ainda que, para maior precisão, uma tabela separada é necessária para cada classe de forma, exigindo algumas tabelas para uma simples região. Acresce-se, também, o fato de tais tabelas exigirem cuidados especiais para a sua aplicação, necessitando de medições feitas por operadores bem treinados, sem o que corre-se o risco de se cometerem erros exorbitantes.

Além da finalidade de elaborar uma tabela regional para a espécie mencionada, este trabalho apresenta as técnicas envolvidas na obtenção de uma tabela de volume local, a partir de uma tabela de volume regional, bem como um método prático para testar a aplicabilidade de tabelas de volume.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Local do Plantio

O povoamento de *Eucalyptus grandis*, utilizado para coleta dos dados, situava-se em terras da Universidade Federal de Viçosa, em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e intermediário entre Podzólico Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo, solo pobre e comum nesta região, segundo REZENDE (4).

O clima, segundo a classificação de KOEPPEN, é do tipo Cwb clima tropical de altitude com verões suaves e temperatura do mês mais quente inferior a 22°C.

2.2. Medição e Cubagem das Árvores

Com base nas variáveis coletadas: diâmetro à altura do peito (DAP), com casca; altura total do tronco e volume do tronco (computado pela fórmula de Smalian), ajustou-se, pelo método dos mínimos quadrados, a equação da variável combinada proposta por SPURR (5).

Os dados para este estudo foram colhidos de 172 árvores selecionadas casualmente no terreno, procurando cobrir toda variação topográfica. Os diâmetros variaram de 5,9 cm a 28,2 cm e as alturas, de 6,2 m a 36,5 m. A distribuição das árvores, com respeito às classes de diâmetro (DAP) e altura total, é apresentada no Quadro 1.

As medidas dos diâmetros foram feitas com fitas diamétricas e as das alturas com fitas de aço, nas árvores derrubadas.

As medições diamétricas, para cubagem rigorosa das árvores, foram feitas a 0,30 m, 1,30 m, 3,30 m e 5,30 m do solo, e assim, sucessivamente, de 2 em 2 metros.

Utilizou-se, para a cubagem do toco de 0,30 m de altura, a fórmula do volume de um cilindro; para a ponta, de comprimento menor ou igual a 2 m, foi empregada a fórmula do volume do cone; para a cubagem dos toros intermédios, foi empregada a fórmula de Smalian $V = L (S_1 + S_2)/2$, sendo V , o seu volume, em m^3 , S_1 e S_2 , as áreas das seções extremas do segmento, em m^2 , e L , o comprimento do segmento, em m).

2.3. Elaboração da Tabela de Volume Regional

Utilizaram-se métodos estatísticos para a elaboração da ta-

QUADRO 1 - Distribuição do *Eucalyptus grandis* por classe de diâmetros e de alturas

Classes de diâmetro cm	Classes das alturas - m -														Total das classes de diâmetros			
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36		
5		1		1													2	
7,5	1		1	3	3	1	1										10	
10				4	4	4	7	2									17	
12,5				1	1	6	4	10	7	4	1						33	
15						1	2	6	16	7	4	4	1				41	
17,5								1	1	4	8	2	4				20	
20								1	1	2	5	7	2	1	1		20	
22,5									1	2	2	4	5	3	2	1	20	
25												2	3	2	1		8	
27,5													1				1	
Total das classes das alturas	1	1	1	4	8	12	14	20	26	19	20	19	16	6	4	1	172	

bela de volume regional, empregando-se a equação da variável combinada $V = a + b \frac{D^2 H}{100}$, sendo V o volume da árvore com casca em m^3 , D , o diâmetro em cm, H , a altura total em m, sendo a e b os parâmetros determinados por regressão.

As razões da escolha desta equação, uma vez que vasto número de equações tem sido proposto por diferentes autores, fundamentaram-se no fato de que, para o emprego desta equação, o número de árvores amostras requerido é pequeno, SPURR (5), bem como no fato de que muitos autores a tenham selecionado após testá-la, SPURR (5), BEERS e GINGRICH (1) e TURNER (6).

2.4. Derivação da Tabela de Volume Local da Tabela Regional

Uma tabela de volume local pode ser derivada de uma tabela de volume regional pela localização das alturas por classes de DAP. Para tal finalidade obedeceu-se ao seguinte procedimento:

a. Foram medidos alturas e diâmetros de uma amostra de 35 árvores tomadas ao acaso, representativas da população para a qual a tabela volumétrica local será aplicada;

b. Estabeleceu-se uma curva hipsométrica, pelo processo gráfico, relacionando altura e DAP, conforme Figura 2;

c. Determinou-se a altura média para cada classe de DAP, utilizando-se o gráfico da Figura 2;

d. Os valores das alturas, determinadas no item c, foram substituídos na equação da variável combinada.

2.5. Teste de Aplicabilidade para Tabelas de Volume

Quando, por ocasião de um inventário florestal em uma nova região ou população, o inventariador suspeitar da aplicabilidade de uma determinada tabela volumétrica, temendo super ou subestimativas dos volumes de certa (s) espécie (s), grupos ou classes de porte, e, ainda, quando se exige certa precisão na estimativa de povoamentos de alto valor comercial, as tabelas devem ser testadas confrontando-se os volumes estimados e reais das árvores do povoamento a ser inventariado. O caminho mais prático e seguro seria comparar os volumes estimados pela tabela e os reais para as mesmas árvores.

Para este objetivo, uma amostra de 44 árvores foi cubada rigorosamente, pelo processo descrito anteriormente, e os volumes calculados foram testados em relação aos volumes estimados pela tabela de volume local. Para cada classe de DAP, calculou-se a diferença em % entre os volumes calculados e os volumes estimados.

GEVORKIANTZ e OLSEN (2) dizem que, para fins práticos, a diferença do total de volumes para uma amostra a ser testada não deve exceder a mais ou menos duas vezes o desvio-padrão dividido pela raiz quadrada do número de árvores usado no teste. Para isto a variância relativa das diferenças dos volumes das árvores individuais deve ser conhecida, bem como o número de árvores usadas no teste.

Em síntese, GEVORKIANTZ e OLSEN (2) dizem que a diferença dos totais dos volumes, medidos e estimados, para uma amostra teste, não deve cair fora dos limites fiduciais, para 95% de probabilidade, estipulados pelo teste de "t" para a diferença de duas médias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Medidas de Precisão para a Tabela de Volume Regional

O ajuste da regressão, pelo método dos mínimos quadrados, deu origem à seguinte equação: $V = 0,01441 + 0,00337 D^2H/100$.

A média da variável combinada (D^2H) foi 68,7678, com desvio-padrão 0,2465. O volume (V) deu média 50,5053, com 0,1739 de desvio-padrão.

O desvio-padrão determinado para a regressão foi de 0,03474, mostrando o limite médio dentro do qual se espera cair o volume verdadeiro, com uma probabilidade de dois terços. O coeficiente de correlação determinado foi de 0,97997, significando que 96,034 das variações dos volumes estimados pela regressão dependem das variações da variável combinada. O erro-padrão do coeficiente de regressão foi 0,00005, indicando ser altamente significativo. A análise de variância da regressão é apresentada no Quadro 2.

QUADRO 2 - Análise de variância de regressão

	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Regressão	1	4,96764	4,96764	
Erro	170	0,20515	0,00121	4116,523 ⁺⁺
Total	171	5,17279		

Com base na equação anterior, construiu-se a tabela de volume regional (tabela 1). A relação entre a variável combinada e o volume é mostrada na Figura 1.

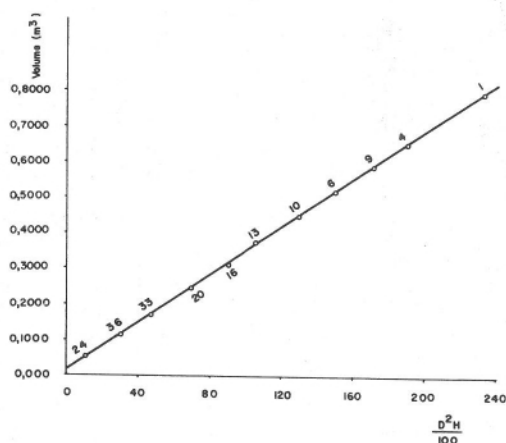


FIGURA 1 - Volume do tronco em função da variável combinada, sendo diâmetro em cm e altura em m.

3.2. Tabela de Volume Local Derivada e Teste de Aplicabilidade

Como foi descrito anteriormente, a curva hipsométrica, representada pela Figura 2, foi preparada utilizando-se uma amostra de 35 árvores colhidas ao acaso e as médias das alturas foram lidas, para cada classe de DAP, derivando-se, assim, a tabela de volume local (Tabela 2), pela utilização da equação volumétrica determinada.

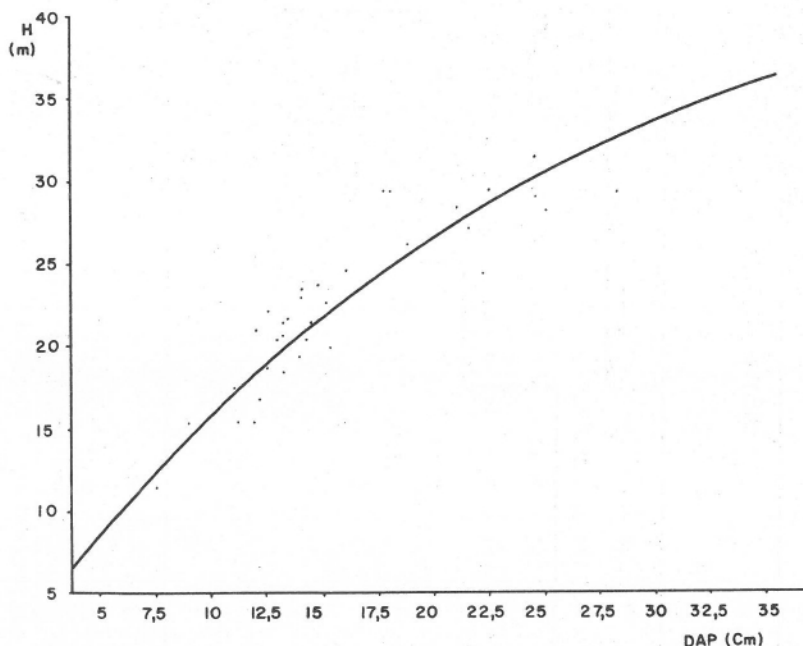


FIGURA 2 - Volume do tronco em função da variável combinada, sendo diâmetro em cm e altura em m.

Uma vez que nenhuma medida de precisão pode ser calculada para a tabela de volume local, por se tratar de uma tabela derivada de outra de uso mais amplo, uma amostra de 44 árvores foi cubada rigorosamente, determinando-se, assim, os volumes reais para as árvores. Estes volumes, agrupados por classes de diâmetro (DAP), juntamente com o número de árvores, forneceram os volumes medidos, por classe de diâmetro e total. Os volumes estimados foram retirados da tabela de volume local, para cada classe de diâmetro, e multiplicados pelo número de árvores da classe. A comparação dos volumes medidos e estimados é apresentada na Tabela 3.

TABELA 1 - Tabela de volume regional para *Eucalyptus grandis*. Município de Viçosa

Classe de DAP (cm)	Classe de latura (m)									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	
5,0	0,0195	0,0211	0,0228	0,0245	0,0262					
7,5	0,0258	0,0296	0,0334	0,0372	0,0409	0,0447	0,0485	0,0523		
10,0	0,0346	0,0414	0,0481	0,0548	0,0616	0,0683	0,0751	0,0818	0,0886	
12,5			0,0671	0,0776	0,0881	0,0987	0,1092	0,1197	0,1302	
15,0				0,1054	0,1205	0,1357	0,1509	0,1661	0,1812	
17,5				0,1383	0,1589	0,1795	0,2002	0,2208	0,2415	
20,0						0,2301	0,2570	0,2840	0,3110	
22,5							0,3215	0,3556	0,3897	
25,0							0,3935	0,4357	0,4778	
27,5									0,5751	

Tabela de volume incluindo o toco

Número de árvores usadas: 172

Volumes tabulados para diâmetro com casca e altura total

Valores tabulados derivados da regressão: $V = 0,01441 + 0,00337 D^2 H/100$

Cont.

Continuação Tabela 1

Classe de DAP (cm)	Classe de altura (m)							
	24	26	28	30	32	34	36	40
12,5	0,1408	0,1513	0,1618					
15,0	0,1964	0,2116	0,2267	0,2419	0,2570			
17,5	0,2621	0,2827	0,3034	0,3240	0,3447	0,3653		
20,0	0,3379	0,3649	0,3918	0,4188	0,4458	0,4727	0,4997	0,5266
22,5	0,4239	0,4580	0,4921	0,5262	0,5603	0,5945	0,6226	0,6627
25,0	0,5199	0,5620	0,6042	0,6463	0,6884	0,7305	0,7727	0,8148
27,5	0,6261	0,6770	0,7280	0,7790	0,8299	0,8809	0,9319	0,9829
30,0		0,8030	0,8636	0,9243	0,9850	0,0456	1,1063	1,1669
32,5		0,9399	1,0111	1,0823	1,1535	1,2247	1,2958	1,3670
35,0			1,1703	1,2529	1,3354	1,4180	1,5006	1,5831
								1,6657

As linhas cheias indicam a amplitude dos dados básicos

Desvio-padrão da regressão: 0,03474

Erro-padrão do coeficiente de regressão: 0,00005

Proporção de variação explicada pela regressão: 0,96034

TABELA 2 - Tabela de volume local derivada da tabela 1

Classes de DAP cm	Volume m ³
5,0	0,0213
7,5	0,0381
10,0	0,0673
12,5	0,1071
15,0	0,1782
17,5	0,2642
20,0	0,3730
22,5	0,5058
25,0	0,6568
27,5	0,8350
30,0	1,0365 (+)
32,5	1,2602 (+)
35,0	1,5006 (+)

(+) valores extrapolados

TABELA 3 - Comparação dos volumes estimados e medidos

Classes de diâmetro cm	Árvores amostradas n°	Volume medido m ³	Volume estimado m ³ +	Diferença %
5,0	-	-	-	-
7,5	2	0,0719	0,0762	- 5,98
10,0	3	0,2101	0,2019	4,06
12,5	10	1,1276	1,0710	5,28
15,0	13	2,2366	2,3166	- 3,45
17,0	5	1,3686	1,3210	3,60
20,0	4	1,5653	1,4920	4,91
22,0	5	2,4353	2,5290	- 3,70
25,0	2	1,2590	1,3136	- 4,16
27,5	-	-	-	-

+ Da tabela de volume local

O desvio-padrão das diferenças dos volumes medidos e estimados para as árvores individuais foi de 16,4914. A diferença do total de volumes medidos e estimados em percentagem, conforme tabela 2, foi de - 0,45%.

Segundo GEVORKIANTZ e OLSEN, (2) este valor não deve exce-

der $\pm 2 S/\sqrt{n}$. Assim, $\pm 2 \times 16,4914/\sqrt{44} = \pm 4,9723$. Concluiu-se, portanto, que a tabela de simples entrada é aplicável, sem necessidade de se fazerem correções, por que $4,9723 > -0,45$ ou, em outras palavras, $-0,45$ está dentro do intervalo limitado por $\pm 4,9723$.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

A finalidade principal do trabalho foi construir uma tabela de volume regional para *Eucalyptus grandis*, utilizando-se a equação da variável combinada, ajustada pelo método dos mínimos quadrados, tendo sido determinada a equação $V = 0,1441 + 0,00337 D^2H/100$.

Uma tabela de volume local foi derivada da tabela de volume regional e o teste de aplicabilidade para aquela tabela foi conduzido, demonstrando que ela é perfeitamente aplicável para o povoamento em questão, sem necessidade de se fazerem correções.

Medidas de precisão para a tabela de volume regional, tais como: erro-padrão da regressão e coeficiente de correlação, foram determinadas e a análise de variância foi conduzida, indicando haver uma ótima precisão, com coeficiente de regressão altamente significativo.

Recomenda-se que o trabalho seja repetido para outras espécies de *Eucalyptus*, em diferentes condições ecológicas.

5. SUMMARY

The main purpose of this study was to construct a standard volume table for *Eucalyptus grandis*, utilizing the combined variable equation, solved by the least square methods, which takes the form: $V = 0,01441 + 0,00337 D^2H/100$.

A local volume table was also derived from the standard volume table and the applicability for this table was checked. The results showed that the local volume table is perfectly applicable for the stand in question without correction.

Measurements of accuracy for the standard volume table, such as standard error of estimate and correlation coefficients were determined an analysis of variance was conducted, which indicated 9 high precision and the regression coefficient was highly significant.

6. LITERATURA CITADA

1. BEERS, T.W. & GINGRICH, S.F. Construction of cubic-foot volume tables for red oak in Pennsylvania. *Journal of Forestry*, Washington, 56(3):210-14, 1958.
2. GEVORKIANTZ, S.R. & OLSEN, L.P. *Composite volume tables for timber and their application in the Lake States*. Washington, D.C., United States Department of Agriculture, 1955. 51 p. (Technical Bulletin n° 1104).
3. MEYER, H.A. *Forest mensuration*. Pennsylvania, Valley Publishers, 1953. 357 p.

4. REZENDE, S.B. *Estudo de crono-toposequência em Viçosa - Minas Gerais*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1971. 71 p. (Tese M.S.).
5. SPURR, S.H. *Forest inventory*. New York, The Ronald Press. Co., 1951. 476 p.
6. TURNER, B.J. *Board-foot and cubic-foot volume tables for the commercial forest species of Pennsylvania*. University Park, The Pennsylvania State University, 1972. 69 p.