



ACURACIDADE NAS ESTIMATIVAS VOLUMÉTRICAS DE *EUCALYPTUS SALIGNA*



Christian D. CABACINHA

Professor da Faculdade de Engenharia Florestal da FIMES – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior de Minas Gerais

José M. MELLO

Professor do Curso de Engenharia Florestal da UFLA – Universidade Federal de Lavras

Paulo E. DALANESI

Professor da Faculdade de Engenharia Florestal da FIMES – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior de Minas Gerais

RESUMO

Este estudo foi realizado com os objetivos de: verificar a acuracidade dos modelos de simples entrada, dupla entrada, dupla entrada associado à relação hipsométrica, fatores de forma geral e por classe diamétrica, para estimar o volume individual de um povoamento de *Eucalyptus saligna*, quando comparados ao volume real da cubagem rigorosa. Verificou-se que para as classes inferiores a 25 cm, todos os tratamentos foram estatisticamente semelhantes à testemunha (volume real). Já para a classe superior a 25 cm, o tratamento em que o volume foi estimado a partir do fator de forma médio (geral) não foi estatisticamente semelhante à testemunha.

PALAVRAS-CHAVE: *Eucalyptus saligna*, estimativa de volume, acuracidade.

ABSTRACT

The objective of this research were: verify the accuracy of simple entry models, double entry models and double entry models combined with hypsometric relation, general form (taper) factors and diametric classes form estimating *Eucalyptus saligna* stand volume, compared with a rigorous cubage. It could be observed that for the diametric classes lower than 25 cm all treatments were statistically similar to the control plot. On the other side, for diametric classes higher than 25 cm, when the volume were estimated through the average form factor it was statistically different from the control plot.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento de maneira adequada do volume de um povoamento, permite o planejamento da atividade florestal. A estimativa do volume dos maciços florestais assume grande importância para que planos de manejo, análises de investimentos e tomada de decisão sejam efetivadas.

As equações de volume permitem estimar o volume individual das árvores combinando variáveis que explicam tal característica (Lopes, 1996). Uma outra maneira de obter o volume é através dos fatores de forma, uma espécie de relação entre volumes (Campos, Leite e Oliveira, 1993). Segundo Scolforo, Mello e Lima (1994), afirmam que é possível estimar com segurança o volume de espécies nativas através de equações de volume ou de fator de forma. Embora, as equações de volume propiciem estimativas melhores. Franco (1996), comenta que os modelos de dupla entrada, se mostram superiores aos modelos de dupla entrada, se mostram superiores aos modelos de simples entrada. Já com relação as estimativas de altura, Loestch et al. (1973), cita o modelo hiperbólico para povoamentos multiâneos como um modelo eficiente para representar a relação diâmetro – altura.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivos: testar cinco métodos para estimar o volume individual para *Eucalyptus saligna*, bem como comparar cada estimativa com o volume real por árvore.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados deste estudo foram obtidos em uma área de propriedade da empresa Melhoramentos de São Paulo Arbor Ltda, localizada no município de Camanducaia, no sul do estado de Minas Gerais, nas coordenadas, 46° 05' 14" longitude oeste, 22° 49' 24" latitude sul e a 1.303 metros de altitude. A área onde foram coletados os dados corresponde ao talhão 336 de 54,37 ha, de *Eucalyptus saligna*, com 6,5 anos e plantados no espaçamento 2,5 x 2,5 m. Foram cubadas rigorosamente um total de 65 árvores distribuídas em cinco classes diamétricas com no mínimo 13 árvores em cada classe. Foram mensurados os diâmetros, para fins de cubagem rigorosa, nas seguintes posições: 0,30; 0,60; 0,90; 1,20; 1,30; 1,50; 1,80; 2,10; 2,40; 2,70; 3,00 e assim sucessivamente de 2 em 2 metros, até a altura total. Utilizando os dados da cubagem rigorosa, os volumes de cada árvore da parcela foram calculados pelo método de Smalian, e com dados de volume, dap e altura total, foram ajustados em um software de estatística, todos os modelos matemáticos encontrados na literatura. Através das medidas de precisão da regressão foi selecionado uma equação de dupla entrada, uma de simples entrada, uma relação hipsométrica para associá-la à equação de dupla entrada e calculados os fatores de forma médio e médio por classe diamétrica. Para verificar se existia diferença significativa entre as estimativas do volume através dos modelos matemáticos, fator de forma geral e por classe diamétrica e ainda verificar a necessidade de se realizar ajustes por classe diamétrica, foi utilizado um delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial com parcelas subdivididas no tempo. Os fatores estudados foram os modelos (6 níveis – tabela 1) e as classes diamétricas (5 níveis).

Tabela 1: Descrição dos níveis do fator modelo.

Nível	Descrição
T1	Volume Real (obtido pela cubagem rigorosa) - testemunha
T2	Volume estimado pela equação de simples entrada selecionada
T3	Volume estimado pela equação de dupla entrada selecionada
T4	Volume estimado pela equação de dupla entrada associada à relação hipsométrica selecionada
T5	Volume obtido pelo fator de forma geral
T6	Volume obtido pelo fator de forma por classe diamétrica

Nos tratamentos onde a interação modelo x classe foi significativa ao nível de 95% de probabilidade de acerto, procedeu-se ao desdobramento da interação, aplicando-se o teste de Scott e Knott (1974) para as médias dos volumes de cada tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2, estão apresentadas as equações de volume de simples entrada, de dupla entrada e relação hipsométrica, selecionadas para o conjunto de dados analisados, bem como suas medidas de precisão. A figura 1(a,b,c), mostram os gráficos de resíduos de cada equação de volume e da relação hipsométrica selecionada.

Tabela 2: Equações selecionadas para *Eucalyptus saligna* na idade 6,5 anos e as respectivas medidas de precisão.

MOD.	AUTOR	EQUAÇÃO	R ²	S _{yx} (m ³)	S _{yx} (%)
Simple Entrada	Brenac	$\ln V = -7,082451 + 2,114568 * \ln(D) - 5,786464 * (1/D)$	0,9920	0,0358	12,63
Dupla Entrada	Schumacher & Hall	$\ln V = -10,327486 + 1,783535 * \ln(D) + 1,206959 * \ln(H)$	0,9976	0,0232	8,18
Relação Hipsom.	Parabólico	$H = 0,604449 + 1,929026 * D - 0,030721 * (D^2)$	0,9400	1,6505	6,25

Pode-se através da tabela 2, observar que as equações que estimam volume e altura, apresentaram R² acima de 99%. Com relação ao erro padrão residual (S_{yx}) todas as equações volumétrica apresentaram resultados satisfatórios. O modelo de simples entrada, apresentou S_{yx} de ± 0,0358 m³ ou 12,63%, ou seja, a dispersão média dos valores observados em relação aos valores estimados foi de 12,63%. O modelo de dupla entrada apresentou um S_{yx} de ± 8,18% ou ± 0,0232 m³. E a

relação hipsométrica apresentou um S_{yx} de $\pm 6,25\%$ ou $\pm 1,65$ m.

Observa-se na figura 1a e 1b, que as estimativas dos volumes, produziram resíduos sem tendenciosidade para todas as classes diamétricas. Para a relação hipsométrica, a distribuição de resíduo foi ótima para todas as classes de tamanho em diâmetros avaliados (figura 1c).

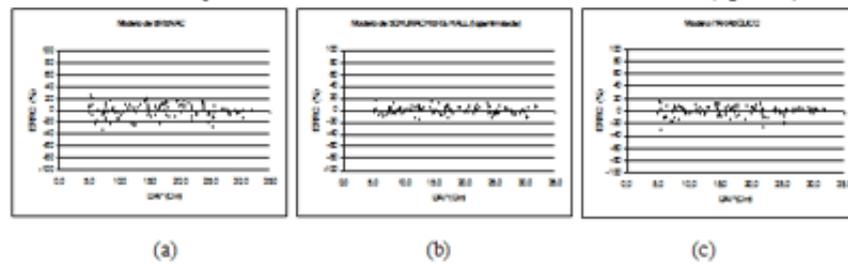


Figura 1: Gráficos de resíduos de cada equação selecionada: a) Simples entrada; b) Dupla entrada e c) Relação hipsométrica

O fator de forma geral médio obtido para o povoamento estudado foi de $f_{1,3}$ (geral) = 0,510124.

Na tabela 3, estão apresentados os fatores de forma por classe diamétrica encontrados para o povoamento estudado. Observou-se, que o fator de forma decresce com o aumento das classes diamétricas, esta mesma tendência foi verificada por outros autores.

Tabela 3: Fatores de forma por classe diamétrica para o povoamento de *Eucalyptus saligna*

Número da Classe	Classe Diamétrica	Fatores
1	05 – 10	0,483650
2	10 – 15	0,584493
3	15 – 20	0,525717
4	20 – 25	0,517977
5	25 – 30	0,438784
Média		0,510120

Na comparação das estimativas, verificou-se pela análise de variância que havia interação significativa entre o fator modelo e o fator classe diamétrica. Para as classes 1, 2, 3 e 4 todos os modelos propiciaram estimativas volumétricas semelhantes estatisticamente. Para a última classe, pelo menos um dos métodos de estimativa tiveram comportamento diferenciado dos demais. Nestes casos aplicou-se o teste de Scott e Knott (1974) para verificar o comportamento dos modelos dentro destas classes diamétricas.

A tabela 4, mostra os grupos discriminados pelo teste Scott e Knott (1974) para as diferentes classes de diâmetro, assim como as médias proporcionadas por cada tratamento (modelo) e pela testemunha.

Tabela 4: Médias proporcionadas pelos tratamentos e grupos discriminados pelo teste de Scott e Knott (1974).

Classe de Diâmetro		Testemunha					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
05 - 10	Média	0,023938	0,026015	0,024846	0,025854	0,025046	0,023754
	Grupo	1	1	1	1	1	1
	Erro %	-	-8,67658	-3,79313	-8,00401	-4,62862	0,768652
10 - 15	Média	0,122792	0,119962	0,121862	0,119623	0,107992	0,123731
	Grupo	1	1	1	1	1	1
	Erro %	-	2,304710	0,757378	2,580787	12,03290	-0,76471
15 - 20	Média	0,257185	0,259977	0,259868	0,259223	0,251977	0,259662
	Grupo	1	1	1	1	1	1
	Erro %	-	1,247351	-1,04322	-0,79243	2,025001	-0,96312
20 - 25	Média	0,492654	0,473500	0,489138	0,483077	0,496785	0,504446
	Grupo	1	1	1	1	1	1
	Erro %	-	4,066143	1,314627	2,133948	-0,22818	-1,77382
25 - 30	Média	0,730400	0,756954	0,742015	0,746146	0,836523	0,736723
	Grupo	1	1	1	1	2	1
	Erro %	-	-3,55340	-1,59022	-2,15581	-17,2677	-0,86569

Média Geral = 0,3307356
Erro percentual em relação a testemunha.

Pode-se observar pelo teste de médias, que todos os procedimentos testados são acurados, principalmente para as árvores com DAP inferior a 25 cm. Quando observa-se os erros gerados pelas estimativas em relação à testemunha nas diferentes classes diamétricas, pode-se inferir que os melhores procedimentos são em ordem de acuracidade, o fator de forma por classe e a equação de dupla entrada, pois geram os menores erros percentuais em relação a testemunha. O $f_{1,3}$ geral é o menos exato dos

procedimentos testados, principalmente nas classes de 25 a 30 cm, onde pelo teste, foi estatisticamente diferente dos outros procedimentos. Este fator proporcionou erros percentuais mais elevados dentre os métodos testados. Indicando que o uso do fator de forma geral leva a erros substanciais. Se considerarmos a relação benefício-custo, principalmente na área em questão, onde a topografia dificulta a medição da altura, pode e deve-se, utilizar a equação de simples entrada.

CONCLUSÕES

Todas as estimativas de volume testadas, para as classes diamétricas inferiores a 25 cm, forneceram resultados estatisticamente semelhantes, portanto a equação de Brenac, Schumacher & Hall (logaritmizada), Schumacher & Hall (logaritmizada) associada ao modelo Parabólico de relação hipsométrica e os fatores de forma médios geral e por classe diamétrica, podem ser utilizados com segurança, para estimar o volume do fuste de *Eucalyptus saligna*. Não se recomenda o uso do fator de forma médio geral para a estimativa do volume por árvore ou por parcela. Pelos resultados, sugere-se que sejam cubadas um maior número de árvores, sobretudo nas menores classes diamétricas, a fim de captar o máximo de variação existente para a variável dependente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G.; OLIVEIRA, I.A. **Variação da forma do tronco de clones de *Eucalyptus***. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba, Anais... Curitiba: SBS/SBEF, 1993. v.2, p.559-565.
- FRANCO, E.J. **Estudo dos métodos estimativos do volume, biomassa e níveis de produtividade para *Eucalyptus camaldulensis***. Lavras, 1996. 103p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal). UFLA.
- LOETSCH, F.; ZÖHRER, F. & HALLER, K.E. **Forest inventory**. Volume II. BLV Verlagsgesellschaft München Bern Wien. 469p. 1973.
- LOPES, C.R.G. **Produção de madeira e carvão em plantações de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus cloeziana***. Viçosa, 1996. 92p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal). UFV.
- SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M. de; ALMEIDA LIMA, C.S. de. **Obtenção de relações quantitativas para estimativa de volume do fuste em floresta estacional semidecídua montana**. *Revista Cerne*, Lavras, v. 1, n. 1. p.123-134, 1994.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. **A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance**. *Biometrics*, Washington, v.30, p. 505-512, 1974.
-