# UMA NOVA METODOLOGIA PARA CONSTRUÇÃO DE TABELAS VOLUMÉTRICAS.

**José A. Aleixo da Silva**
*Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE., Brasil.*
**Sebastião A. Machado**
*Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR., Brasil.*
**Bruce E. Borders**
**Robert L. Bailey**
*The University of Georgia, Athens-GA., USA.*

## RESUMO

O volume da primeira tora da árvore foi usado como variável independente em um modelo de regressão linear simples para a estimativa volumétrica de *Pinus elliottii* no litoral norte de Santa Catarina. Tal modelo foi comparado com os modelos de Schumacher e Hall e o da variável combinada (Spurr) através de uma análise da variância que não revelou diferença significativa entre as equações a nível de 1% de probabilidade.

## ABSTRACT

The volume of the first butt section was used as an independent variable in a simple regression model to predict total tree volume for *Pinus elliottii* in the north coastal plain of Santa Catarina. The proposed model was compared with the models of Schumacher and Hall and the combined variable (Spurr) by using an analysis of variance that showed no significant difference among the equations at the 1% level of probability.

## 1.INTRODUÇÃO

O volume total de uma árvore pode ser estimado através de tabelas volumétricas que produzem volumes médios por árvores em função do diâmetro (tabelas locais), diâmetro e altura (tabelas regionais) e diâmetro, altura e forma (tabelas formais).

As tabelas locais tem sido utilizadas principalmente pela conveniência nos trabalhos de campo (MALIK, 1970; JOKELA, 1986; ISLAN, 1988; Schneider *et alii*, 1988, citado por FINGER, 1992). Neste tipo de tabela de volume, árvores com mesmos DAP's são consideradas como tendo mesma altura, forma e consequentemente mesmo volume, sendo portanto, únicas para cada povoamento. Tabelas regionais ou de dupla entrada são frequentemente utilizadas (VEIGA, 1973; PAULA NETO, 1977; SILVA, 1977; MOHD *et alii*, 1983; KARIYAWASAM, 1984; NEUMAN, 1988; SOUZA E JESUS, 1991; SHIVER e BRISTER, 1992). Estas tabelas dão boas estimativas do volume individual por árvore se o DAP e altura forem mensurados com exatidão. As tabelas formais não são comumente usadas porque seria necessário uma tabela para cada fator de forma, além do trabalho a mais acarretado pela necessidade de identificar-se esse fator ou mesmo um quociente de forma. SPURR (1952) defendeu o uso de tabelas formais afirmando que só o DAP e a altura não são suficientes para se obter estimativas do volume. PAULA NETO (1975), afirmou que todas medidas de forma são expressas em função do diâmetro e da altura. Como o fator de forma é altamente correlacionado com estas duas variáveis sua utilização em tabelas de volume torna-se dispensável. Tanto nas tabelas regionais como nas formais, se faz necessário determinar ou estimar alturas de árvores. A medição da altura no campo constitui um problema, pois não é uma tarefa fácil. Frequentemente os topos das árvores mais altas ficam escondidos pelas copas das árvores mais baixas, e, às vêzes, torna-se impossível ver o topo de uma particular árvore. Portanto, mensurar alturas no campo pode ser uma tarefa dispendiosa em termos de tempo e consequentemente custos. Como tentativa de minimizar o problema das medições de altura, pode-se considerar um certo número de árvores como amostra, evitando-se mensurar todas alturas das parcelas. Entretanto, diminuir o tamanho da amostra pode levar ao aumento do erro amostral, mesmo que as alturas sejam mensuradas com precisão. Geralmente assume-se que os erros de mensuração de alturas não são significantes. Portanto para se usar uma tabela de volume com a precisão declarada em sua construção, as alturas devem ser determinadas ou estimadas sem erros não amostrais.

Neste trabalho propõe-se um novo modelo volumétrico que requer somente a medição de dois diâmetros na árvore em alturas facilmente alcançadas por uma pessoa perto da árvore. Estes diâmetros são usados para calcular o volume da seção entre os pontos em que tais diâmetros são medidos. O volume desta seção é usado como variável independente no modelo volumétrico. SILVA *et alii*, (1992, 1993a, 1993b) usou tal tipo de modelo volumétrico em *Pinus caribaea*, *Pinus taeda* e *Eucalyptus camaldulensis* respectivamente obtendo resultados semelhantes aqueles quando se empregou o modelo de SCHUMACHER e HALL (1933).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizadas 185 árvores de *Pinus elliottii* provenientes de plantações no litoral norte do Estado de Santa Catarina, pertencentes à CONFLORESTA. O volume total com e sem casca de cada árvore foi determinado pelo método de Smalian. A distribuição das árvores por classes de diâmetro e altura se encontra na tabela 1.

Considerando o método de Smalian, o volume da primeira tora a ser usado como variável independente no modelo de regressão linear foi calculado através da seguinte fórmula:

$$VS = 0.00003927 * (D_0^2 + DAP^2) * l$$

onde:

VS = volume da primeira tora da árvore ($m^3$).
$D_0$ = diâmetro (cm) medido na base (0.1 m) da primeira tora,
DAP = diâmetro (cm) medido no topo (1.3 m) da primeira tora,
L = comprimento da primeira tora (1.2 m).

Este volume (VS) foi usado como variável independente no modelo:

$$VOL_i = \beta_0 + \beta_1 VS_i + \epsilon_i \qquad \text{(Primeira tora)}$$

Tabela 1. Distribuição das árvores por classes de diâmetro e altura.

| CLASSES DAP's (cm) | CLASSES DE ALTURAS (m) | | | | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 08⊢10 | 10⊢12 | 12⊢14 | 14⊢16 | 16⊢18 | 18⊢20 | |
| 08⊢10 | 1 | 1 | | | | | 2 |
| 10⊢12 | | 1 | 8 | 3 | | | 12 |
| 12⊢14 | | | 2 | 11 | 3 | | 16 |
| 14⊢16 | | | | 17 | 12 | | 29 |
| 16⊢18 | | | | 10 | 21 | 2 | 33 |
| 18⊢20 | | | | 8 | 19 | 3 | 30 |
| 20⊢22 | | | | | 20 | 4 | 24 |
| 22⊢24 | | | | | 16 | 8 | 24 |
| 24⊢26 | | | | 1 | 5 | 5 | 11 |
| 26⊢28 | | | | | 2 | 1 | 3 |
| 28⊢30 | | | | | | 1 | 1 |
| TOTAL | 1 | 2 | 10 | 50 | 98 | 24 | 185 |

que foi comparado com os seguintes modelos:

$VOL_i = \beta_0 . DAP^{\beta_1} . H^{\beta_2} . \in_i$ (Schumacher e Hall)
$VOL_i = \beta_0 + \beta_1 . DAP^2 H + \in_i$ (Variável combinada)

Tanto para o caso de volume com casca bem como para volume sem casca, os valores de $D_0$ e DAP foram medidos com casca.

Após ajustado cada modelo ( resultados no quadro 1 ) foram calculadas as diferenças agregadas em porcentagem para cada equação através da fórmula:

$$DA\,i = \frac{VOL_i - \hat{VOL}_{ij}}{VOL_i}$$

onde:
$DA_i$= diferença agregada para árvore i.
$VOL_i$= volume real da árvore i,
$\hat{VOL}_{ij}$= volume estimado da árvore i pelo método j.

Com os valores das $DA_i$'s foi realizada uma análise da variância inteiramente ao acaso, onde os tratamentos foram respectivamente as $DA_i$'s para cada modelo utilizado com a finalidade de verificar se existia diferença(s) significativa(s) entre os modelos testados.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados provenientes dos ajustes dos modelos volumétricos foram:

Quadro 1. Resultados dos ajustes dos modelos volumérícos.

| MODELO | COEFICIENTES | $R^2$ | EPR |
|---|---|---|---|
| Schumacher e Hall (Vcc) | $\beta_0$=0,0000260490<br>$\beta_1$=1,9722595420<br>$\beta_2$=1,1837307810 | 0,9789 | 0,018621 |
| Variável Combinada (Vcc) | $\beta_0$=-0,004180691<br>$\beta_1$=0,0000410128 | 0,9787 | 0,018655 |
| Primeira Tora (Vcc) | $\beta_0$=-0,048042445<br>$\beta_1$=7,2809342070 | 0,9573 | 0,026448 |
| Schumacher e Hall (Vsc) | $\beta_0$=0,0000181360<br>$\beta_1$=2,0306692170<br>$\beta_2$=1,1804800190 | 0,9485 | 0,020478 |
| Variável Combinada (Vsc) | $\beta_0$=-0,007112775<br>$\beta_1$=0,0000343582 | 0,9483 | 0,024779 |
| Primeira Tora (Vcc) | $\beta_0$=-0,044212977<br>$\beta_1$=6,1083937570 | 0,9302 | 0,028788 |

onde:
Vcc= volume com casca,
Vsc= volume sem casca,
$R^2$= coeficiente de determinação,
EPR= erro padrão residual.

As equações resultantes para os volumes com e sem casca podem ser escritas como:

a) Volume com casca

$$\hat{VOL}_i = -0{,}048042445 + 7{,}2209342070 . VS_i$$

Substituindo $VS_i$ pelo seu valor na fórmula de Smalian com L=1,2 m obtem-se:

b) Volume sem casca

$$\hat{VOL}_i = -0{,}044212977 + 6{,}1083937570 . VS_i$$

ou

$$\hat{VOL}_i = -0{,}044212977 + 0{,}000287852\,(D_0^2 + DAP^2)$$

Com base nos valores de $R^2$ e EPR nota-se que os três modelos se ajustaram bem aos dados de volume com e sem casca, sendo que os dois primeiros exigem medições de alturas no campo.

Com a finalidade de testar se existia ou não diferença significativa entre tais modelos, foi realizada uma análise de variância inteiramente ao acaso onde a variável resposta foi a diferença agregada. Os valores médios das $DA_i$'s para volumes com casca e sem casca encontram-se no quadro 2.

Quadro 2. Valores médios das $DA_i$'s para os volumes com casca e sem casca.

| Modelo | Volume com casca | Volume sem casca |
|---|---|---|
| Schumacher e Hall | -1,1371 a | -5,707 a |
| Variável Combinada | -0,8052 a | -5,479 a |
| Primeira Tora | -0,9236 a | -5,427 a |

Médias unidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a nivel de 1% de probabilidades.

Concluí-se que não havendo diferença significativa entre os modelos testados, e como todos apresentaram altos valores de $R^2$ e baixos EPR's, qualquer um deles pode ser usado na construção de tabelas volumétricas com e sem casca, para *Pinus elliottii* no litoral norte de Santa Catarina. O modelo que utiliza o volume da primeira tora como variável independente apresenta a grande vantagem de não se precisar mensurar alturas de árvores, reduzindo o tempo de trabalho de campo, sem perda de precisão, possibilitando um aumento do tamanho da amostra. Recomenda-se que em outros estudos, vários tamanhos da primeira tora da árvore sejam considerados e correlacionados com o volume total da árvore, pois a forma da primeira tora da árvore não é constante. Por motivos práticos o diâmetro do topo da primeira tora não deve ser medido a uma altura superior a 1,80 metros. Quanto ao método de cubagem rigorosa da primeira tora, SILVA *et alii* (1992, 1993a) empregaram os métodos de Huber, Newton e Smalian na determinação do volume encontrando que o método de Smalian apresentou melhores resultados, sendo os diâmetros da base e do topo da tora medidos nas alturas de aproximadamente 69,0 e 152,0 centímetros.

## 4. LITERATURA CITADA

FINGER, C.A.G. 1992. Fundamentos de biometria florestal. Centro de Pesquisas Florestais, UFSM, 269 p.

ISLAN, S.S. 1988, Commercial volume table for teak ( *Tectona grandis Linn.* ) in Bangladesh by regression technique. Bano Biggyan Patrika, 17(1,2):55-67.

JOKELA, E.J. 1986, Volume equation and stand volumes for unthinned norway spruce plantations in New York. North. J. Appl. For. (3):7-9.

KARIYAWASAM, D. 1984, Tree volume and taper function for caribbean pine plantation in Sri Lanka. University of Georgia, 49p. ( Tese de Mestrado).

MALIK, M.A. 1970, Local volume tables of coniferous species of Northern West Pakistan. Pakistan Forest Institute, 42p.

MOHD, W.R. ; MAIDIN, R. ; SUTAN, M.A.; ZAIN, J. M. 1983, Double entry volume table equation for some RRIM 600 species clones of *Hevea brasiliensis*. The Malaysian Forester 46(1):46-59.

NEUMAN, A.J. 1988, General volume table for *Eucalyptus deglupta*. USDA Forest Service. Forest Research Note N°36, 38p.

PAULA NETO, F .de. 1975, Construction of standard volume table for *Eucalyptus saligna* in Iron Region of Brazil. Purdue University, 101p. ( Dissertação Ph.D. ).

PAULA NETO, F. de. 1977, Tabelas volumétricas com e sem casca para *Eucalyptus saligna*. SIF, Revista Árvore, 1(1):31-54.

SAS Institute Inc. 1988. SAS/STAT User's Guide, Edição 6.03. Cary, N.C.: SAS Institute Inc. 1028p.

SCHUMACHER, F.X. & HALL, F.S. 1933, Logarithmic expression of timber-tree volume, Jour. Agric. Res. 47:719-734.

SHIVER, B.D. & BRISTER, G.H. 1992, Tree and stand functions for *Eucalyptus saligna*, Forest Ecology and Management, 47:211-223.

SILVA, J.A.A. da. 1977, Análise de equações volumétricas para construção de tabelas de volume para *Eucalyptus spp.*, segundo a espécie, região e método de regeneração. Universidade Federal de Viçosa, 93p. ( Tese de Mestrado ).

SILVA, J.A.A. da; BORDERS, B.E; BRISTER, G.H. 1992. A tree volume equation based on two lower stem diameter for Caribbean Pine in Sri Lanka. Commonwealth Forestry Review. 7(12)114-116.

SILVA, J.A.A. da; BORDERS, B.E, 1993, A tree volume equaion based on two lower diameters for loblolly pine in the southeastern United States. South. Jour. of Appl. For. Agosto 1993.

SOUSA, A. L. de & JESUS, R. M. de. 1991. Equações de volume comercial e fator de forma para espécies da Mata Atlântica ocorrentes na reserva florestal da Companhia Vale do Rio Doce, Linhares, E. S. SIF, Revista Árvore, 15(3):257-273.

SPURR, S.H. 1952, Forest inventory, New York, Ronald Press, 476p.

VEIGA, R.A de. A. 1973, Comparação de equações de volume para *Eucalyptus saligna* Smith - Equações formais e não formais. Revista Floresta, IV(3):5-14.

# VARIAÇÃO DA FORMA E DO TRONCO DE CLONES DE EUCALIPTOS, EM DUAS REGIÕES.

**João Carlos Chagas Campos**
**Hélio Garcia Leite**
*Dep. de Engenharia Florestal/UFV, Viçosa-MG*
**Ivair Antônio de Oliveira**
*Aracruz Florestal S/A*

## RESUMO

Foi estudado o comportamento de 15 clones de eucaliptos, plantados em duas regiões do Estado do Espírito Santo. Foram utilizados dados de cubagem rigorosa de 3334 árvores-amostra, separadas nas freqüências de 1205 e 1129, para as duas regiões. As variáveis estudadas foram o fator de forma do tronco, o rendimento de madeira para celulose, a percentagem de casca e o volume para energia. As etapas principais das análises, por região, compreenderam a obtenção de uma equação de volume por clone, ou grupo de clones, sendo empregados os testes de média e de identidade de modelos de regressão. Concluiu-se que: 1) somente dois clones puderam ser agrupados quanto à igualdade de parâmetros; 2) houve uma diferença máxima de 7,0% entre clones, quanto ao rendimento de madeira para celulose, por árvore individual; 3) um mesmo clone não tem o mesmo comportamento nas duas regiões, no que concerne às variáveis rendimento de madeira para celulose, por árvore, forma do tronco e percentagem de casca; 4) a variável fator de forma pode ser uma boa alternativa para calcular o volume de parcelas experimentais, em substituição ao "volume cilíndrico" ou tabelas de volume, desde que sejam identificados corretamente o clone, a classe de diâmetro da árvore e o fator de forma correspondente..LS1

Palavras-Chave: Fator de forma, forma do tronco, rendimento para celulose.

## 1. INTRODUÇÃO

Diferenças em volumes de árvores podem ser atribuídas a diferentes relações entre altura e diâmetro, como também a diferentes formas dos troncos. Isto implica que troncos que tendem para a forma cilíndrica têm maior volume do que aqueles com forma parabolóide. Todavia, além da forma desejável, uma maior produção por área depende muito da taxa de incremento da espécie.

Dependendo do produto, a forma do tronco pode ter maior ou menor importância. Em madeira para serraria, por exemplo, troncos que tendem para a forma cilíndrica alcançam maior rendimento, em comparação com os de outras formas.

### 1.1. Expressão da Forma

A forma do tronco pode ser expressa por quocientes ou coeficientes de forma. Os primeiros exprimem relações entre diâmetros e os segundos exprimem relações entre volumes. Dentre os coeficientes de forma, o fator de forma(f) é o mais divulgado, sendo expresso por f = V/Vcil, em que V é o volume do tronco até qualquer diâmetro e Vcil é o volume do cilindro de diâmetro igual ao DAP e altura igual à altura total da árvore.

Assim, para qualquer volume definido, tem-se um fator de forma correspondente. Este fator é conhecido, também, por fator de forma artificial e tem a propriedade de que dois troncos com um mesmo