
**EQUAÇÕES PARA ESTIMAR A COMPOSIÇÃO
PERCENTUAL DO VOLUME DE EUCALYPTUS SPP,
POR CLASSE DE DIÂMETRO NA REGIÃO DO
TRIÂNGULO MINEIRO, ESTADO DE MINAS GERAIS.**

JOSÉ DE ARIMATÉA SILVA
Mestre, Prof. Adjunto, DS-IF-UFRRJ

RESUMO

A partir de um conjunto de seis variáveis independentes determinou-se um modelo de equação para estimar a percentagem do volume, por classe de diâmetro, em relação ao volume total por hectare, para *Eucalyptus* spp na região do Triângulo Mineiro, no estado de Minas Gerais. O modelo obtido tem como primeira variável independente a frequência de árvores por classe, expressa em percentagem, ponderada com o diâmetro centro da respectiva classe; e como segunda variável independente apresenta o diâmetro médio aritmético. Ambas as variáveis são de fácil mensuração no campo. Definido o modelo, dez equações foram geradas, uma para cada classe de 3 cm de diâmetro, com base em 220 unidades de amostra, de 600 m², de povoamentos com idades de 3 a 9 anos, de uma área reflorestada de 55.525 ha.

Palabras-chave: manejo florestal, composição volumétrica, *Eucalyptus* spp.

ABSTRACT

SILVA, J. de. A. Equations to estimate the composition in percentage of the volume by diameter class of *Eucalyptus* spp, from the Triangulo Mineiro region, Minas Gerais State.

An equation model was determined from a set of six independent-variables to estimate the percentage/volume per hectare of *Eucalyptus* spp in the region of Triangulo Mineiro, in the State of Minas Gerais. The obtained model has as first independent variable the frequency of trees by class, expressed in percentage, weighted with the central diameter of respective class, an as second independent variable the presents the arithmetic average diameter. Both variables are easily measure in the field. Defined the model, ten equation were generated, one for each class of 3 cm of diameter, based on the data of 220 sample plots, with 600 m², in stands from 3 to 9 years, in projects of 55.525 ha.

Key words: forest management, composition volume, *Eucalyptus* spp.

INTRODUÇÃO

O conhecimento do volume tem sido a preocupação central que praticamente baliza o desenrolar da atividade de produção de madeira, no âmbito das entidades que desempenham algum papel no meio florestal.

Motivados por essa preocupação, muitos pesquisadores florestais procuraram, ao longo do tempo, determinar métodos rápidos e precisos para estimar a produção volumétrica. Visando a redução de tempo e de custo dos levantamentos, perseguiram a determinação de métodos que reduzissem medições, sobretudo de alturas, e que redundassem em estimativas confiáveis a partir de funções de regressão, preferencialmente de poucas variáveis independentes. Pesquisaram o assunto, entre outros, SPURR (1951), CROMER & BOWLING (1961), HUSCH (1963), MACHADO (1973), FERREIRA *et al.* (1977) e SILVA (1979).

O conhecimento quantitativo da produção volumétrica é fundamental para o planejamento da sua utilização, bem como para a sua comercialização. Para que o planejamento da produção física se realize de forma mais adequada e segura, toma-se indispensável, no entanto, o seu conhecimento também qualitativo.

Segundo HOSOKAWA (1980), o cálculo do valor de um povoamento baseia-se principalmente nos sortimentos exigidos pelo mercado consumidor. E segundo ainda o autor, os valores percentuais do volume de madeira serrada, de madeira para celulose, de lenha e das perdas através do fuste modelo representativo do povoamento são extrapolados para este, com o auxílio da tabela de distribuição percentual do volume, obtendo-se a percentagem volumétrica de cada classe de madeira em relação ao total do povoamento.

Esta pesquisa pretende contribuir com o estudo da composição volumétrica por unidade de área. Considera apenas a composição horizontal do volume, ou seja, não se preocupa com o sortimento vertical dos fustes. Pretende estabelecer um nível intermediário do conhecimento qualitativo do volume, nível este situado entre o conhecimento fundamental da estimativa volumétrica por unidade de área e o

conhecimento complexo do sortimento do povoamento, que leva em consideração as diferentes classes de dimensões tanto diamétricas quanto do comprimento das árvores.

O presente trabalho tem como objetivos:

- a) Determinar, para a região do Triângulo Mineiro, no estado de Minas Gerais, um modelo de equação para estimar a percentagem do volume, por classe de diâmetro, em relação ao volume total por hectare, para *Eucalyptus* spp, a partir de um conjunto de variáveis independentes de fácil mensuração no campo.
- b) gerar equações, uma para cada classe de 3 cm de diâmetro, para estimar a percentagem de volume por hectare em povoamentos com idades de 3 a 9 anos na região estudada.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados do presente trabalho são provenientes de resultados de inventário florestal realizado em plantios de *Eucalyptus* spp na região do Triângulo Mineiro, no estado de Minas Gerais. Referem-se a povoamentos com idades de 3 a 9 anos, de uma área de projetos de reflorestamentos correspondente a 55.525 ha. São oriundos de 220 unidades de amostra de 600 m², assim distribuídas por idade: 3 anos, 51 unidades; 4 anos, 47; 5 anos, 44; 6 anos, 57; 7 anos, 6; 8 anos, 6; e 9 unidades na idade de 9 anos.

As árvores das unidades de amostra foram agrupadas em classes de 3 cm de diâmetro a partir de 0,5 até 30,5. As frequências de cada classe foram convertidas para o hectare e calculadas em percentagem, relativamente ao número total de árvores por hectare, através da seguinte equação:

$$p_i = (n_i/N) \cdot 100$$

onde p_i = frequência, em percentagem, da classe i ;

n_i = número de árvores da classe i ;

N = número total de árvores por hectare.

Estimou-se, na seqüência, o volume médio de cada classe de diâmetro, tomando-se como

referência o diâmetro correspondente ao centro de classe e a altura média da classe obtida pela relação hipsométrica da unidade de amostra. O Volume com casca foi calculado pela equação:

$$V = -4,06015580 \cdot D^{0,82446411} \cdot H^{0,86555998} \cdot 1,0080993$$

desenvolvida para a estimativa do volume por árvore individual na região (SILVA, 1979), onde:

D = diâmetro a altura do peito;

H = altura total.

O volume total de cada classe foi obtido pelo produto do volume individual médio da classe pela frequência da respectiva classe. O volume total por hectare resultou do somatório do volume de todas as classes. Seguindo-se procedimento semelhante ao utilizado para as frequências, o volume foi calculado em percentagem do volume por hectare, para cada classe de diâmetro, através da seguinte equação:

$$P_{vi} = (v_i/V) \cdot 100$$

onde P_{vi} = percentagem do volume da classe i ;

v_i = volume da classe i ;

V = volume total com casca por hectare.

Um modelo de equação para estimar a percentagem do volume por classe de diâmetro foi então montado, usando-se as seguintes variáveis independentes:

$p(f_i/d_i)$ = percentagem de frequência de árvores da classe i , ponderada com diâmetro (d_j) centro da mesma classe i ;

\bar{d} = diâmetro médio aritmético;

d_g = diâmetro médio;

G = área basal por hectare;

h_{dom} = altura dominante (tomada com base na definição de ASSMAN/HUMMEL, ou seja, as 100 árvores de maior diâmetro por hectare);

$G \cdot h_{dom}$ = produto da área basal pela altura dominante.

Estas variáveis foram testadas com um programa FORWARD de seleção de modelos, até se chegar a definição de um modelo único, que foi aplicado para a obtenção das equações para estimar a percentagem do volume por hectare para cada classe de 3 cm de diâmetro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo de equação para a estimativa da percentagem do volume por classe de diâmetro (P_{vi}) foi definido em função da correlação simples entre cada variável independente e a variável dependente.

A variável que apresentou, na maioria dos casos, maior correlação com a variável dependente foi a frequência em percentagem ($p(f_i)$). Houve, no entanto, necessidade de ponderar se essa frequência em percentagem com o diâmetro centro de classe. No quadro 01 constam as correlações simples obtidas, em cada classe de diâmetro.

Como pode-se observar no quadro 01, as correlações foram de um modo geral boas, apresentando valores inferiores a 0,70 apenas nas classes 3 e 9. No entanto, devido ao baixo coeficiente de determinação e alto erro padrão da estimativa obtido em algumas classes, o diâmetro médio aritmético foi incluído como segunda variável independente no modelo para estimativa da percentagem do volume por classe de diâmetro, o qual ficou assim definido:

$$P_{vi} = b_0 + b_1 \cdot p(f_i/d_i) + b_2 \cdot \bar{d}$$

Equações para estimar a percentagem do volume por classe de diâmetro foram então obtidas. No quadro 2 são apresentados os coeficientes das equações, bem como o coeficiente de determinação e erro padrão da estimativa para cada equação.

Pode-se observar, no quadro 02, que o coeficiente de determinação tem valor acima de 0,50 nas classes 1, 7 e 10; acima de 0,70 nas classes 2, 3 e 4; acima de 0,80 nas classes 5, 6 e 8 e apenas na classe 9 apresenta-se com valor inferior a 0,50.

O erro padrão da estimativa (S_{yx}) tem valor máximo na classe 2 (9,0254) e mínimo na classe 8 (0,9230), apresentando perfil decrescente, de classe para classe, exceto para as duas últimas classes.

No Quadro 02 consta, a título de exemplo uma tabela gerada a partir da equação da classe 4, com intervalo de 9,50 a 12,49 cm e centro de classe igual a 11 cm.

CONCLUSÕES

A composição em percentagem, por classe de diâmetro, do volume por hectare pode ser expresso em função da percentagem da frequência de árvores, por classe ponderado pelo diâmetro centro de classe; e do diâmetro médio aritmético do povoamento, ambas variáveis de fácil mensuração.

Um modelo de equação pode ser definido tomando-se estas duas variáveis como independentes, como primeira aproximação; para estimar a percentagem do volume por

hectare, por classes de diâmetro; definido o modelo, pode-se gerar uma equação para cada classe de diâmetro estabelecida, e a partir das equações, elaboram-se tabelas que fornecem a percentagem do volume em cada classe diamétrica.

Esse conhecimento da percentagem do volume por classe, em relação ao volume total por hectare, permite um planejamento mais apropriado do uso ou da comercialização da madeira.

O presente trabalho fornece uma primeira aproximação para a obtenção de estimativas percentuais do volume por classe de diâmetro. A composição do volume necessita, porém, de estudos mais aprofundados, sobretudo para o conhecimento das classes de madeira aproveitável.

QUADRO 01 - Correlação simples entre a percentagem do volume e a frequência em percentagem.

| | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Classe | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Centro de Classe | 2 | 5 | 8 | 11 | 14 | 17 | 20 | 23 | 26 | 29 |
| Correlação (R) | 0,74 | 0,86 | 0,63 | 0,77 | 0,90 | 0,91 | 0,83 | 0,93 | 0,55 | 0,72 |

QUADRO 02 - Equações para estimativa da percentagem do volume por classe de diâmetro - região do Triângulo Mineiro (MG)

| Classe número | Centro (cm) | b ₀ | b ₁ | b ₂ | R ² | s _{yx} |
|---------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 2 | 11,6201338 | 1,1100225 | 0,9589688 | 0,5901 | 4,3132 |
| 2 | 5 | 0,7328819 | 4,0181534 | -1,4385749 | 0,7559 | 9,0254 |
| 3 | 8 | 37,1622281 | -4,5906556 | -4,5906556 | 0,7635 | 7,8837 |
| 4 | 11 | 35,0631896 | 18,7747013 | -4,9621092 | 0,7574 | 7,6963 |
| 5 | 14 | 7,9360718 | 24,2502553 | -0,8471699 | 0,8239 | 4,9792 |
| 6 | 17 | 1,8706681 | 35,8627453 | -0,0942382 | 0,8363 | 3,7607 |
| 7 | 20 | 0,1573943 | 44,4822093 | -0,1295208 | 0,6933 | 2,8685 |
| 8 | 23 | -0,2867943 | 52,8793536 | 0,0645804 | 0,8755 | 0,9230 |
| 9 | 26 | 3,2659064 | 136,6345820 | -0,4085846 | 0,3406 | 3,6323 |
| 10 | 29 | 1,6750859 | 293,7198480 | -0,2166066 | 0,5368 | 2,2559 |

ANEXO A - TABELA PARA ESTIMATIVA DA PERCENTAGEM DO VOLUME POR CLASSE DE DIÂMETRO

| Classe: 9,50-12,49 cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | centro de classe: 11 cm | |
|--------------------------|---------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------------|-------|
| PERCENTAGEM DO VOLUME/ha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FREQ. | diâmetro médio aritmético | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | FREQ. |
| % | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | % | |
| 4 | 33 | 28 | 24 | 19 | 14 | 10 | 5 | 1 | | | | | | | | | | | | 4 | |
| 8 | 40 | 35 | 30 | 26 | 21 | 17 | 12 | 7 | 3 | | | | | | | | | | | 8 | |
| 12 | 46 | 42 | 37 | 33 | 28 | 23 | 19 | 14 | 10 | 5 | | | | | | | | | | 12 | |
| 16 | 53 | 49 | 44 | 39 | 35 | 30 | 26 | 21 | 16 | 12 | 7 | 3 | | | | | | | | 16 | |
| 20 | 60 | 55 | 51 | 46 | 42 | 37 | 32 | 28 | 23 | 19 | 14 | 9 | 5 | | | | | | | 20 | |
| 24 | 67 | 62 | 58 | 53 | 48 | 44 | 40 | 35 | 30 | 25 | 21 | 16 | 12 | 7 | 2 | | | | | 24 | |
| 28 | 74 | 69 | 64 | 60 | 55 | 51 | 47 | 42 | 37 | 32 | 28 | 23 | 19 | 14 | 9 | 5 | | | | 28 | |
| 32 | 80 | 76 | 71 | 67 | 62 | 58 | 54 | 49 | 44 | 39 | 35 | 30 | 25 | 21 | 16 | 12 | 7 | 2 | | 32 | |
| 36 | 87 | 83 | 78 | 74 | 69 | 64 | 60 | 55 | 51 | 46 | 41 | 37 | 32 | 28 | 23 | 18 | 14 | 9 | 5 | 36 | |
| 40 | 94 | 90 | 85 | 80 | 76 | 71 | 67 | 62 | 57 | 53 | 48 | 4 | 39 | 34 | 30 | 25 | 21 | 16 | 11 | 40 | |
| 44 | | 96 | 92 | 87 | 83 | 78 | 74 | 69 | 64 | 60 | 55 | 50 | 46 | 41 | 37 | 32 | 27 | 23 | 18 | 44 | |
| 48 | | | 99 | 94 | 89 | 85 | 81 | 76 | 71 | 66 | 62 | 57 | 53 | 48 | 43 | 39 | 34 | 30 | 25 | 48 | |
| 52 | | | | | 96 | 92 | 88 | 84 | 79 | 75 | 71 | 66 | 62 | 58 | 54 | 50 | 46 | 42 | 38 | 52 | |
| 56 | | | | | | 98 | 94 | 89 | 85 | 80 | 75 | 71 | 66 | 62 | 57 | 53 | 48 | 43 | 39 | 56 | |
| 60 | | | | | | | | 96 | 92 | 87 | 82 | 78 | 73 | 69 | 64 | 59 | 55 | 50 | 46 | 60 | |
| 64 | | | | | | | | | 98 | 94 | 89 | 85 | 80 | 75 | 71 | 66 | 62 | 57 | 52 | 64 | |
| 68 | | | | | | | | | | | 96 | 91 | 87 | 82 | 78 | 73 | 68 | 64 | 59 | 68 | |
| 72 | | | | | | | | | | | | 98 | 94 | 89 | 84 | 80 | 75 | 71 | 66 | 72 | |
| 76 | | | | | | | | | | | | | | 96 | 91 | 87 | 82 | 77 | 73 | 76 | |
| 80 | | | | | | | | | | | | | | | 98 | 93 | 89 | 84 | 80 | 80 | |
| 84 | | | | | | | | | | | | | | | | | 96 | 91 | 87 | 84 | |
| 88 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 98 | 93 | 88 | |
| 92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 92 | |
| 96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 96 | |
| 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 100 | |

Equação: $pvi = 35,0631896 + 18,7747013 \cdot pfi - 4,9621092 \cdot d$

**REFERÊNCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

- CROMER, D. A. N. e BOWLING, P. J. The development of yield table, for *Eucalyptus obliqua* regrowth in Southern Tasmania. In: Conferência Mundial do Eucalipto. São Paulo, 1961. v. 2., 1485 p.
- FERREIRA, C. A.; MELLO, H. A. e KAJYA, S. Estimativa do volume aproveitável para celulose em povoamentos de *Eucalyptus* spp e determinação de equações para cálculo do volume de povoamentos de *Eucalyptus* spp. IPEF, Piracicaba, 1977. IPEF (17): 29-50.
- HOSOKAWA, R. T. Contribuição para definir a sucessão de cortes dos povoamentos objetivando a persistência das rendas nas empresas florestais. APEF, Curitiba, 1980. 70p. (Boletim num. 1).
- HUSCH, B. Forest mensuration and statistics. Ronald Press, Ney York. 1963 474 p.
- MACHADO, S. do A. Aplicabilidade de equações de regressão em inventários florestais. In: Segundo Congresso Florestal Brasileiro. FIEP, Curitiba, 1973. p 175-77.
- SILVA, J. de A. Estimativa do volume por hectare e sua composição em povoamentos de *Eucalyptus* spp nos cerrados em Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. UFPR, Curitiba, 1979. 85p. (Dissertação de Mestrado).
- SPURR, S. H. Forest Inventory. Ronald Press, New York, 1951. 476 p.