

# UM MODELO MATEMÁTICO PARA VOLUMETRIA COMERCIAL DE BRACATINGA (*Mimosa scabrella* Benth.)

Sergio Ahrens\*

## RESUMO

Cinco funções de volume foram avaliadas quanto à sua habilidade para estimar volume comercial para lenha de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). Os critérios para avaliação foram: a) coeficiente de determinação ( $R^2$ ), b) erro padrão da estimativa ( $s_{XY}$ ), c) erro padrão da estimativa expresso como uma porcentagem da média ( $s_{XY}\%$ ) e d) amplitude de distribuição gráfica dos resíduos volumétricos porcentuais.

O modelo do fator de forma constante  $V = 0,3879 \text{ DAP}^2h$  foi selecionado para expressar a relação matemática objeto da investigação ( $R^2 = 0,9718$ ). Estimativas de volume comercial para lenha foram obtidas com uma amplitude de dispersão de até  $\pm 30\%$  em relação ao volume real das 81 árvores-amostra consideradas na análise.

Avaliou-se preliminarmente o uso prático do modelo selecionado, através da sua aplicação em parcelas de observação. Os resultados foram julgados adequados aos propósitos de avaliação volumétrica da espécie. Recomendou-se estudos complementares entretanto, envolvendo a estratificação dos dados considerando a natureza de implantação dos povoamentos bem como a análise de modelos volumétricos alternativos.

## 1. INTRODUÇÃO

Em decorrência da crise energética que o Brasil atravessa atualmente, o Ministério da Indústria e Comércio houve por bem estabelecer medidas para a contenção do consumo de óleo combustível. Assim, existe uma meta para substituição, até 1985, de 50% do consumo daquele insumo por fontes energéticas alternativas. Dentre as opções disponíveis é pretendido o aumento substancial do uso de madeira, quer sob a forma de lenha, quer transformada em carvão.

O material lenhoso de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) tem tradicionalmente sido utilizado para produção de energia em algumas indústrias dos setores primário e secundário da economia dos estados do Paraná e Santa Catarina. O suprimento daquela necessidade sempre foi garantido pela produção de lenha nos minifúndios localizados próximos aos centros de consumo.

Devido às características de mercado, atualmente não existem informações numéricas confiáveis sobre a demanda global de madeira de bracatinga no sul do Brasil. Entretanto, a julgar pelo comportamento dos preços para lenha, observa-se a existência de um desequilíbrio entre oferta e demanda do produto, fato que se tornará mais crítico durante esta década. A nível de estado do Paraná, o Conselho Estadual de Energia tem elaborado estudos, procurando definir a situação energética para o período 1980-2000. As projeções da demanda estadual de lenha naquele período estimam uma necessidade de 2.524.000 t anuais do insumo ou seja, 3.155.000,00m de madeira. Segundo os critérios de conversão adotados no estudo (PARANÁ 1980), o suprimento daquela necessidade requer o plantio total de 202.000 ha de florestas energéticas durante

\* Engenheiro Florestal M.Sc. Pesquisador da Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul --- URPFC (PNPF/EMBRAPA/IBDF).

um período de 5 anos.

Mantendo-se a atual estrutura de insumos na matriz energética da economia do país, a crise, a médio prazo, é um fato irreversível. Desta forma, grupos industriais dos setores siderurgia, papel e celulose, cimento, cerâmica e alimentos, têm demonstrado interesse no estabelecimento e exploração de florestas para fins energéticos e, em alguns casos, constata-se já a implantação de povoamentos florestais com aquele objetivo.

Em função das suas características silviculturais (REITZ et al. 1978; CARVALHO 1980) e qualidade da madeira (FARINHAQUE 1981), a bracatinga é considerada uma das espécies-alternativa para o estabelecimento de florestas energéticas no sul do Brasil.

Avaliando-se o material bibliográfico existente sobre a bracatinga (ROTTA & CASSILHA 1980), constatou-se que as contribuições ao estudo da espécie tem acrescentado informações quanto às suas características botânico-dendrológicas, aspectos fitogeográficos, sementes e produção de mudas e, recentemente, propriedades e qualificação do seu material lenhoso. Para que a espécie possa se tornar a base de um amplo programa de formação de florestas energéticas, investigações complementares devem ser intensificadas na avaliação de métodos de implantação de povoamentos, no desenvolvimento de estudos comparativos com o crescimento de espécies alternativas, volumetria e estimativas de produção e, a sua viabilidade econômica.

Para permitir o estudo das necessidades acima citadas, torna-se imprescindível a existência de um modelo matemático que permita a obtenção de estimativas do volume comercial de madeira de bracatinga em função de uma ou mais características dendrométricas de fácil obtenção. Desta forma, os objetivos deste trabalho são: apresentar uma equação de volume comercial para bracatinga, descrever o procedimento utilizado na sua definição e sugerir uma metodologia para o seu uso.

O estudo relatado neste trabalho, constitui-se tão somente em um segmento do processo de avaliação do potencial produtivo da bracatinga iniciado pela URPFCS. Estudos adicionais fazem-se necessários a fim de quantificar, dentro de limites de confiabilidade adequados ao valor comercial da espécie, o seu comportamento sob diferentes condições de implantação, ou seja: regeneração de bracatingais por meio da queima do material lenhoso remanescente após o corte raso ou, implantação de povoamentos utilizando-se de mudas em recipientes.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Material experimental**

Dentre os usos que um estudo desta natureza deve permitir, destaca-se a estimativa de incrementos volumétricos para florestas energéticas. Face a ausência de plantios com bracatinga que possibilitassem diversificar ou aumentar a amplitude da amostragem, quer no sentido cronológico (idade), quer na observação de diferentes sítios, procurou-se enfocar o assunto de forma generalizada, incluindo-se para tanto, também observações de povoamentos naturais.

Desta forma, e devido ao caráter preliminar do estudo, os dados foram coletados segundo a maior amplitude de variação possível para DAP e h (diâmetro à altura do peito e altura, respectivamente), sítios, locais, idade e forma de implantação (regeneração por queima ou plantio de mudas).

A rotação comercial, ou ciclo de produção julgado econômico, mais freqüentemente observado em bracatingais obtidos por regeneração através do fogo, situa-se em torno dos 6 anos. Por outro lado, a implantação de povoamentos de bracatinga por meio de mudas é prática recente e poucas são as populações disponíveis para observação. Assim, ao incluir diferentes populações

físicas em um mesmo conjunto de dados, assumiu-se que todas pertencem à mesma população estatística sobre a qual deseja-se fazer inferências. Ou seja, considerou-se que, na média, árvores jovens em crescimento e provenientes de mudas plantadas terão uma mesma tendência geral de desenvolvimento que árvores já adultas e estabelecidas quer por regeneração natural, quer por meio da ação do fogo. Isto vale dizer que a única fonte de variação de volume considerada neste estudo é a dimensão das árvores, quantificada pelo DAP e h de cada indivíduo.

Os dados utilizados na análise foram obtidos em 81 árvores-amostra coletadas conforme a distribuição descrita com a Tabela 1. A freqüência dos dados por classes de DAP e h é apresentada na Tabela 2.

**TABELA 1** — Distribuição das árvores-amostra por local, idade e forma de estabelecimento da população.

Local (Entidade)	Idade (ano)	Forma de implantação		Total
		Regeneração/queima	Plantio/mudas	
Colombo, PR (URPF-CS)	*	28		28
Colombo, PR (URPF-CS)	7	20		20
Concórdia, SC (Sadia)	4		10	10
Concórdia, SC (Sadia)	2		10	10
Foz do Areia, PR (Copel)	5		13	13
Total		48	33	81

\* Povoamento multiano com uma variação de idade entre 9 a 20 anos.

## 2.2. Coleta de dados

Considerando-se que o volume de uma árvore está associado, positivamente, mais com o seu diâmetro que com sua altura (AHRENS 1980), procurou-se selecionar as árvores-amostra aleatoriamente dentro de cada classe de diâmetro disponível. Entretanto todas as classes de diâmetro foram amostradas, o que não ocorreu necessariamente com as classes de altura.

Cada árvore-amostra foi cubada segundo o método de Smalian (HUSCH et al. 1972). Devido à constatada tortuosidade dos troncos desta espécie, dividiu-se o tronco principal, bem como as ramificações em secções de 0,50 m até um diâmetro-limite comercial para lenha de 4,0 cm.

Após o cálculo do volume cúbico comercial com casca para cada observação ou árvore-amostra, os valores das variáveis dendrométricas observadas foram registrados em formulários apropriados e procedeu-se à digitação das informações.

**TABELA 2** — Distribuição de freqüência dos dados por classes de diâmetro e altura

CLASSE DE DIÂMETRO (cm)	CLASSE DE ALTURA (m)																TOTAL		
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		25	29
5		1	1	2															4
6		1	2	1															4
7				3	2														5
8		1		2	4														7
9		1		1	2	2		1											7
10				1		1	1		1										4
11		1			1	1	1	1											5
12		1		1				2											5
13			1		1		3												3
14				1	1			2			1								5
15					1	1	3												5
16									1										1
17						1		1											2
18							1			1									2
19							1		1	1	1								4
20															1	1			2
21									1						1				2
23										1			1						2
24															1				1
25															1	1			2
26												1					1		2
28											1								1
30																		1	1
32													1						1
33																1			1
36																1			1
TOTAL	1	6	5	10	12	7	12	5	4	3	2	1	2	1	4	4	1	1	81

Classe de diâmetro 5 = 4,5 a 5,4 cm

Classe de altura 8 = 7,5 a 8,4 m

### 2.3. Funções de volume analisadas

O objetivo final de uma equação de volume é expressar matematicamente a relação entre

volume (a variável dependente) e o diâmetro à altura do peito e altura total de árvores (variáveis independentes), de tal modo que seja possível uma adequada estimativa do volume, tendo-se observado somente o DAP e h de um determinado indivíduo. Isto implica, necessariamente, no uso de técnicas de análise de regressão para a definição dos coeficientes de um modelo descritivo.

Neste estudo, foram incluídos cinco modelos de regressão linear para volumetria. A escolha destes modelos foi baseada principalmente na análise comparativa descrita por SPURR (1952). Por conveniência e para facilidade de identificação, o nome do autor que primeiro descreveu um determinado modelo está associado àquela função. As funções de volume analisadas são identificadas como segue:

- 1) Modelo de Näslund (Näslund 1940, citado por SPURR (1952))  
 $V = b_1d^2 + b_2d^2h + b_3dh^2 + b_4h^2$
- 2) Modelo compreensivo (MEYER 1944)  
 $V = b_0 + b_1d + b_2d^2 + b_3dh + b_4d^2h + b_5h$
- 3) Modelo australiano (STOATE 1945)  
 $V = b_0 + b_1d^2 + b_2d^2h + b_3h$
- 4) Modelo do fator de forma constante (SPURR 1952)  
 $V = b_1d^2h$
- 5) Modelo da variável combinada (SPURR 1952)  
 $V = b_0 + b_1d^2h$

Os símbolos utilizados nestes modelos e para efeito deste estudo são:

V = volume comercial cúbico, com casca, incluindo o tronco principal e porções dos ramos até um diâmetro limite de 4,0 cm (considerou-se uma altura de toco padrão de 5,0 cm).

d = diâmetro à altura do peito ou DAP, com casca, medido a 1,30 m do solo.

h = altura total da árvore, do solo até o extremo superior da copa.

$b_0, b_1 \dots b_p$  = coeficientes de regressão ou estimativas dos parâmetros do modelo.

O método dos mínimos quadrados foi utilizado na solução dos modelos. O processamento dos dados foi realizado utilizando-se subrotinas dos pacotes de programação SAS — Statistical Analysis System (SAS 1979) e SAEST — Sistema de Análise Estatística (PIMENTEL et al. 1981), disponíveis no Departamento de Métodos Quantitativos da EMBRAPA, em Brasília, DF.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Critérios para avaliação dos modelos

Ao submeter o conjunto de dados e as funções volumétricas às subrotinas utilizadas, obteve-se, para cada modelo, uma análise de variância para regressão e gráficos de distribuição de resíduos associados às estimativas.

No processo de seleção do modelo mais adequado para expressar a natureza da associação em estudo foram utilizados quatro critérios:

- a) coeficiente de determinação ( $R^2$ ),
- b) erro padrão da estimativa expresso em porcentagem (s%),
- c) distribuição gráfica dos resíduos volumétricos em função do DAP,
- d) distribuição gráfica dos resíduos volumétricos, expressos em porcentagem, em função do DAP.

### 3.2. Seleção do melhor modelo

Mantendo-se os custos de amostragem, processamento e análise dos dados a níveis compatíveis com o valor e importância desta investigação sobre volumetria de bracing, o modelo selecionado deveria permitir a obtenção de estimativas de volume dentro de limites residuais aceitáveis. Neste processo de definição de um modelo, o julgamento subjetivo fez-se necessário na análise comparativa das funções.

A definição matemática dos modelos, após o ajuste das funções ao conjunto de dados, está descrita como segue:

- 1) Modelo de Näslund  
 $V = 3,6915d^2 + 0,2705d^2h - 0,0005dh^2 - 0,0001h^2$
- 2) Modelo compreensivo  
 $V = -0,1655 - 0,1414d + 9,3493d^2 - 0,1651dh + 0,3651d^2h + 0,0240h$
- 3) Modelo australiano  
 $V = 0,0330 + 3,8935d^2 + 0,2536d^2h - 0,0046h$
- 4) Modelo do fator de forma constante  
 $V = 0,3879d^2h$
- 5) Modelo da variável combinada  
 $V = 0,0040 + 0,3849d^2h$

Um sumário das características de cada modelo, consideradas no processo de avaliação das funções, é apresentado na Tabela 3.

Todas as cinco funções de volume foram altamente significativas (teste F significativo ao  $\alpha = 1\%$ ) no que se refere à sua capacidade de explicar a variabilidade de volume entre as árvores-amostra. Este fato é também evidenciado pelos elevados valores encontrados para  $R^2$ . Em teoria, quanto maior for o valor numérico de  $R^2$ , tanto melhor será a precisão de um modelo e assim, neste estudo, o modelo de Näslund teria sido indicado como a melhor expressão descritiva para volume. Critérios adicionais para uma avaliação comparativa são, entretanto, sempre desejáveis (DRAPER & SMITH 1966; NETER & WASSERMAN 1974). Desta forma, o erro padrão da estimativa, expresso com uma porcentagem da média (s%), e a análise de resíduos, foram adicionalmente considerados na interpretação da utilidade das funções.

Os modelos do fator de forma constante (equação 4) e o da variável combinada (equação 5) foram aqueles que apresentaram os mais elevados valores para o erro padrão da estimativa. Entretanto, aquela não foi considerada uma limitação de maior gravidade, uma vez que os referidos modelos foram os que produziram a menor dispersão dos resíduos volumétricos percentuais ( $e_i\%$ ). Gráficos de mesma natureza e produzidos para os demais modelos, permitiram observar uma maior dispersão dos resíduos percentuais. Adicionalmente, os modelos de Näslund e compreensivo apresentaram "bás" ou tendências nas estimativas.

Nos modelos compreensivo, australiano e da variável combinada, a contribuição de  $b_0$  não foi significativa, o que elimina a necessidade deste componente naquelas funções. No caso do modelo da variável combinada, a ausência de um termo para interseção conduz à redução daquele modelo para a equação do fator de forma constante.

Observando-se a matriz dos coeficientes de correlação linear (Tabela 4), constatou-se que  $d^2h$  e  $d^2$  foram as variáveis mais altamente correlacionadas com volume:  $r_{v,d^2h} = 0,9781$  e  $r_{v,d^2} = 0,9762$ . Entretanto, o grau de associação linear entre as variáveis  $d^2h$  e  $d^2$  ( $r_{d^2h,d^2} = 0,9836$ ) foi igualmente elevado, o que indica ser totalmente inadequada a manutenção destas duas variáveis independentes em um mesmo modelo. Em função do sucesso experimental em trabalhos anteriores de volumetria (SPURR 1952), decidiu-se optar pelo uso efetivo da variável independente  $d^2h$ .

A análise permitiu a seleção do modelo do fator de forma constante (equação 4) como o mais adequado para os propósitos de estimativa do volume comercial para lenha de bracinga. Para este modelo, a Figura 1 evidencia a distribuição consistente dos resíduos percentuais em função da amplitude observada de DAP das árvores-amostra.

**TABELA 3** – Características dos modelos de volumetria analisados

Modelo	Características dos modelos				
	F	R <sup>2</sup>	s	s%	e <sub>i</sub> (%) vs d <sub>i</sub>
1. Näslund	1137,08**	0,9776	0,0468	25,74	± 60
2. Compreensivo	532,64**	0,9726	0,0426	23,44	± 100
3. Australiano	694,76**	0,9644	0,0479	26,36	± 80
4. Fator de forma constante	2756,31**	0,9718	0,0519	28,56	± 30
5. Variável combinada	1747,72**	0,9568	0,0521	28,67	± 30

F = valor de F calculado para o teste de hipótese da nulidade com o modelo (\*\* significativo ao nível  $\alpha = 1\%$ )

R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação

s = erro padrão da estimativa ( $s = \sqrt{MQ_{Resíduo}}$ )

s% = erro padrão da estimativa expresso em % ( $s\% = \frac{\sqrt{MQ_{Resíduo}}}{\bar{V}} \times 100$ )

e<sub>i</sub>% vs d<sub>i</sub> = amplitude de distribuição dos resíduos volumétricos (%) em função dos diâmetros

$e_i\% = \frac{V_i - \hat{V}_i}{V_i} \times 100$  onde  $V_i$  = volume observado (cubado) e  $\hat{V}_i$  = volume estimado

i = 1, ..., 81

**TABELA 4** — Coeficientes de correlação linear simples (r) entre as variáveis observadas e/ou transformadas

	d	h	d <sup>2</sup>	h <sup>2</sup>	dh	d <sup>2</sup> h	dh <sup>2</sup>	V	I	
d	1,0000	0,8788	0,9733	0,8633	0,9662	0,9351	0,9107	0,9226	0,7831	d
h		1,0000	0,8541	0,9880	0,9439	0,8779	0,9383	0,8363	0,8677	h
d <sup>2</sup>			1,0000	0,8575	0,9728	0,9836	0,9385	0,9762	0,7802	d <sup>2</sup>
h <sup>2</sup>				1,0000	0,9514	0,9006	0,9673	0,8464	0,8470	h <sup>2</sup>
dh					1,0000	0,9796	0,9848	0,9491	0,8365	dh
d <sup>2</sup> h						1,0000	0,9760	0,9781	0,7891	d <sup>2</sup> h
dh <sup>2</sup>							1,0000	0,9296	0,8178	dh <sup>2</sup>
V								1,0000	0,7874	V
I									1,0000	I

d = DAP

h = altura total

V = volume para lenha

I = idade

as estimativas (r) de todos os coeficientes de correlação são significativas ao nível  $\alpha = 1\%$

### 3.3. Simplicidade do modelo selecionado e o seu uso na prática

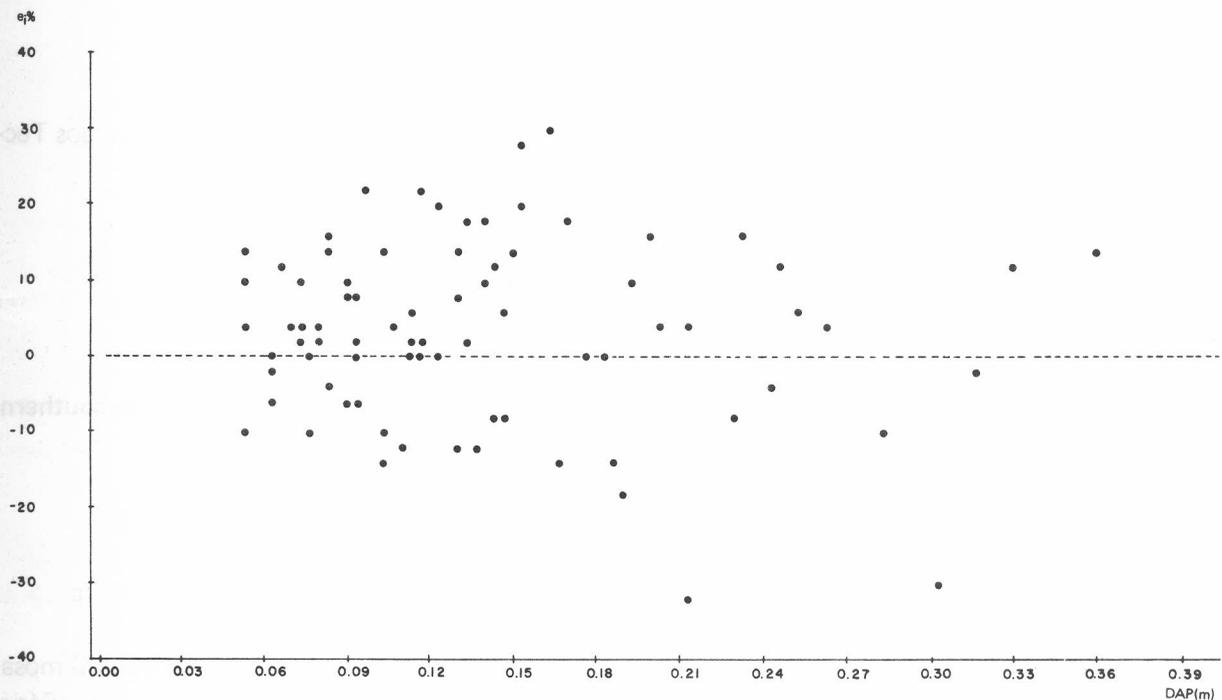
Acrescentando-se um elevado número de variáveis independentes a um modelo de regressão, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) pode ser igualado à unidade (DRAPER & SMITH 1966). Ou seja, pode-se obter uma combinação linear de variáveis independentes que aumente de forma substancial o potencial descritivo de um determinado modelo, podendo-se até mesmo explicar toda a variação da variável independente. Nestas condições entretanto, a função matemática será extremamente complexa. Deve-se também considerar que o uso de variáveis independentes de difícil obtenção ou daquelas que necessitam transformações algébricas, pode induzir a erros de maior magnitude na aplicação prática de uma equação. Desta forma, será sempre desejável a obtenção de um modelo de regressão simples em sua estrutura analítica, preciso nas estimativas e envolvendo baixo custo no seu desenvolvimento e utilização. Acredita-se que os resultados desta investigação atendem a estas características adequadamente.

O modelo selecionado neste estudo de volumetria, a equação do fator de forma constante, apresenta algumas interessantes particularidades. Geometricamente, pode ser representado por uma linha reta passando pela origem de um sistema de coordenadas cartesianas, ou eixos Y e X (volume em  $m^3$  sólidos com casca e  $DAP^2h$ , respectivamente). Para a equação 4, a declividade desta reta será  $21^{\circ}12'$ , ângulo cuja tangente é 0,3879, o coeficiente de regressão  $b_1$ .

Além desta simplificação gráfica, o uso do modelo na prática, em sua forma analítica  $V = 0,3879 DAP^2h$ , é extremamente facilitado, pois torna-se necessária a medição de somente DAP e h de uma árvore (ambos em metros) para permitir a obtenção de uma estimativa do seu volume comercial para lenha. A estimativa de volume comercial em uma parcela de medição pode

ser obtida pelo somatório dos volumes individuais de cada árvore nela incluída. A conversão para volume sólido por hectare é uma consequência imediata.

Uma avaliação preliminar da conveniência do uso do modelo selecionado está descrita em Anexo. Volume comercial para lenha de bracinga ( $m^3$  sólidos/ha) foi estimado após a medição de parcelas. Fatores de conversão  $m^3/m$  st são também sugeridos.



**FIG. 1** — Distribuição dos resíduos percentuais dos volumes estimados com a equação do fator de forma constante em função do DAP das árvores-amostra.

#### 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Embora o modelo do fator de forma constante tenha sido aquele que apresentou, de forma consistente, a menor amplitude de dispersão dos resíduos volumétricos percentuais, esta é condição suficiente para sugerir apenas que, dentre os modelos analisados, este é o mais adequado. A dispersão observada dos resíduos é pequena, entretanto acredita-se possa ser atenuada, isto é, comprimida, por um modelo mais apropriado ou por uma estratificação dos dados. Para tanto recomenda-se, em futuros trabalhos de pesquisa de volumetria para bracinga, a análise de outros modelos matemáticos.

Há que se considerar também a possibilidade de que os diferentes locais, sítios, formas de estabelecimento e densidade dos povoamentos exerçam efeitos significativos sobre a forma de árvores. Estas eventuais influências devem ser investigadas em estudos complementares, aumentando-se a área de amostragem, refinando-se a metodologia e incluindo o uso de variáveis qualitativas (variáveis "dummy").

A função selecionada,  $V = 0,3879 \text{ DAP}^2h$  (DAP e h em metros) não deve ser utilizada sem restrições para a estimativa de volume de árvores individuais de bracinga. Recomenda-se a sua aplicação somente dentro da amplitude de DAP e h incluída nesta investigação. O seu uso deve sempre considerar também a possibilidade de desvios de até 30% em relação ao volume comercial real de uma árvore. Entretanto há indicações (Anexo) de que quando a função for aplicada a um conjunto de observações, ou seja, todas as árvores integrantes de uma parcela, o volume total, acumulado, será uma razoável aproximação do volume cúbico por unidade de área.

#### AGRADECIMENTOS

Pela valiosa colaboração na coleta, preparo e análise dos dados, o autor agradece aos Técnicos Florestais Braulio Zarpellon Junior e Ruedi Bastos.

#### 5. REFERÊNCIAS

- AHRENS, S. **A mathematical expression of stem form and volume for loblolly pine in southern Brazil**. Stillwater, Oklahoma State University, 1980. 59p. Tese Mestrado.
- CARVALHO, P. E. R. As nativas pesquisadas. **Brasil Madeira**, Curitiba, **4**(39):19-24, 1980.
- DRAPER, N. R. & SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York, Y. Wiley, 1966. 407p.
- FARINHAQUE, R. **Influência da umidade no poder calorífico da madeira de bracinga (Mimosa scabrella Benth.) e os aspectos gerais de combustão**. Curitiba, FUPEF, 1981. 13p. (Série técnica, 6).
- HUSCH, B.; MILLER, C.H. & BEERS, F. W. **Forest mensuration**. New York, Y. Wiley, 1972. 410p.
- MEYER, W. H. A method of volume diameter ratios for board-foot volume tables. **Journal of Forestry**, **42**:185-94, 1944.

NETER, J. & WASSERMAN, W. **Applied linear statistical models**; regression, analysis of variance and experimental designs. Homewood, Irwin, 1974. 842p.

PARANÁ. Secretaria de Agricultura. Comissão Estadual de Planejamento Agrícola. **Plano energético do Paraná**; programa de implantação de florestas energéticas. Curitiba, dez. 1980. p.27-8.

PIMENTEL, G. M.; PANIAGO, C.F.A. & COSTA, F. O. **Um sistema de análise estatística para microcomputadores**. Brasília, Centro de Computação da EMBRAPA, 1981. 29p. (Trabalho a ser apresentado no XIV Congresso Nacional de Informática, São Paulo, Out. 1981).

REITZ, R.; KLEIN, R. M. & REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí (28/30):1-320, 1978.

ROTTA, E. & CASSILHA, C. L. **Bibliografia sinalética de espécies florestais nativas**. Brasília, EMBRAPA, Departamento de Informação e Documentação, 1980. 162p.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**. Raleigh, 1979. 494p.

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

STOATE, I. N. The use of a volume equation in pine stands. **Australian Forestry**, 9:48-52, 1945.

## ANEXO

### 1. Avaliação do uso do modelo

Paralelamente à cubagem de árvores-amostra para este estudo de volumetria, parcelas foram estabelecidas em algumas populações e todas as árvores incluídas dentro de seus limites tiveram seu DAP e h medidos e registrados em formulários. As Tabelas 5 e 6 apresentam características dendrométricas descritivas das parcelas estabelecidas com o propósito de verificação da utilidade prática do modelo selecionado.

**TABELA 5** — Volume produzido em parcelas de observação estabelecidas em povoamento multiano (regeneração natural após queima do material remanescente ao corte raso), URPFCS, Colombo – PR

Parcela	N/ha	Volume		Fatores de Conversão	
		m st/ha*	m <sup>3</sup> /ha**	m <sup>3</sup> /m st	m st/m <sup>3</sup>
1	625	207,75	124,05	0,59	1,67
2	750	245,25	179,40	0,73	1,37
3	300	255,25	187,99	0,74	1,36
4	325	255,75	172,09	0,67	1,49
5	975	263,00	149,80	0,57	1,75
$\bar{X}$				0,66	1,52
s				0,0781	1,1761

\* Volume de madeira empilhada, lascada longitudinalmente e seccionada em toretes de 0,80m, conforme os critérios para produção de lenha em uso corrente na região metropolitana de Curitiba, PR.

\*\* Obtido pelo somatório do volume comercial para lenha por árvore (tronco principal + porções utilizáveis dos ramos até um diâmetro limite de 0,40 cm) estimados pela equação 4 ( $V = 0,3879 \text{ DAP}^2 h$ ).

**TABELA 6** — Características dendrométricas de parcelas de observação estabelecidas em povoamentos equiano

Local (Entidade)	Idade (ano)	Forma de Implantação	N/ha	DAP (cm)		Altura (m)		Volume		IMA = Incremento Médio Anual			
				$\overline{\text{DAP}}$	s	$\overline{h}$	s	m <sup>3</sup> /ha*	m st/ha**	DAP (cm)	h (m)	(m <sup>3</sup> /ha ano)	(m st/ha ano)
Concórdia, SC (Sadia)	2	PM	3.100	7,58	2,34	8,83	1,23	70,15	106,62	3,79	4,42	35,06	53,31
Concórdia, SC (Sadia)	2	PM	2.750	7,42	2,37	8,97	0,85	59,16	89,92	3,71	4,48	29,58	44,96
Concórdia, SC (Sadia)	4	PM	1.650	12,32	2,88	13,99	1,02	145,50	221,16	3,08	3,50	36,38	55,29
Pinhão, PR (Copel)	5	PM	1.650	10,28	2,59	13,79	2,02	101,29	153,97	2,05	2,75	20,26	30,79
Colombo, PR (URPFCS)	6	RQ	2.800	7,54	2,44	11,51	1,67	150,93	229,42	1,25	1,92	25,15	38,24
Colombo, PR (URPFCS)	6	RQ	5.000	5,52	1,81	8,83	1,16	61,11	92,89	0,92	1,47	10,19	15,48
Colombo, PR (URPFCS)	6	RQ	6.900	4,53	1,63	7,60	0,95	49,80	75,70	0,75	1,26	8,30	12,62

(Populações estabelecidas por regeneração natural após queima – RQ, e plantio de mudas – PM)

\* Somatório do volume estimado por árvore, com a equação 4 ( $V = 0,3879 \text{ DAP}^2 h$ )

\*\* Fator de conversão utilizado: 1 m = 1,52 m st