

Estimação do volume aparente de colmos de *Bambusa oldhamii* e *Bambusa vulgaris*

Estimating the apparent culm volume for Bambusa oldhamii and Bambusa vulgaris

Carlos Roberto Sanquetta¹, Mateus Niroh Inoue Sanquetta², Ana Paula Dalla Corte³, Aurélio Lourenço Rodrigues⁴, Francelo Mognon⁵

Resumo: O Brasil possui grande potencial de cultivo de espécies autóctones e introduzidas de bambu. Contudo, são poucos os trabalhos científicos que versam sobre aspectos biométricos dessas plantas, o que pode representar uma limitação para seu manejo e utilização. Assim, objetivou-se com esse artigo apresentar opções para estimativa do volume total aparente de duas espécies do gênero *Bambusa*: *B. oldhamii* e *B. vulgaris*, plantadas em experimento estabelecido em dezembro de 2008 em Pinhais-PR. Vinte e quatro colmos foram cubados aos 50 meses pelo método de Smalian. Os diâmetros à altura do peito -DAP variaram de 1,8 a 4,5 cm e as alturas de 3 a 7 m. As opções testadas para estimar o volume aparente dos colmos foram: 1) Modelo convencional de volume de Schumacher-Hall; 2) Modelo de afilamento polinomial de 5º grau; 3) Modelo de afilamento polinomial de potência fracionária; e 4) Fator de forma. As opções foram examinadas estatisticamente em relação aos valores observados da variável de interesse para cada espécie e para o conjunto de ambas. Verificou-se que as quatro opções proporcionam estimativas precisas. Não houve diferença estatística entre as quatro abordagens em relação à testemunha (valores observados) pelo teste t pareado. Os resíduos (valores observados x estimados) se mostram homocedásticos, com amplitude máxima de -30 a 30%. Concluiu-se que os quatro métodos avaliados podem ser utilizados para estimar a variável de interesse nas condições do material experimental. O modelo de Schumacher-Hall representa o melhor compromisso entre simplicidade e acurácia.

Palavras-chave: Acurácia. Afilamento. Bambu. Cubagem. Modelagem.

Abstract: There is great potential in Brazil for the cultivation of indigenous and introduced species of bamboo. However, there is little scientific research on the biometric aspects of these plants, and this may limit their management and use. The aim of this article therefore, is to present options for estimating the total apparent volume of two species of the genus *Bambusa*: *B. oldhamii* and *B. vulgaris*, planted in an experiment set up in December of 2008 in Pinhais, in the state of Paraná, Brazil (PR). Twenty-four stems were cubed at 50 months using the Smalian method. Diameter at breast height (DAP) ranged from 1.8 to 4.5 cm, and height from 3 to 7 m. The options being tested for estimating the apparent volume of the culms were: 1) Schumacher-Hall conventional volume model; 2) fifth-degree polynomial taper model; 3) fractional-power polynomial taper model; and 4) form factor. The options were examined statistically relative to the observed values for the target variable, for each species and for both species as a set. It was found that the four options give precise estimates. There was no statistical difference between the four approaches and the control (observed values) by paired t-test. The residuals (estimated x observed values) are shown to be homoscedastic with a maximum width of from -30 to 30%. It was concluded that the four methods under test can be used to estimate the target variable under the conditions of the experimental material. The Schumacher-Hall model represents the best compromise between simplicity and accuracy.

Key words: Accuracy. Bamboo. Modelling. Taper. Scaling.

*Autor para correspondência.

Enviado para publicação em 16/06/2014 e aprovado em 15/04/2015.

¹Professor do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, Brasil, sanquetta@ufpr.br

²Graduando em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, PR, Brasil, mateus.sanquetta@gmail.com

³Professor do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, Brasil, anapaulacorte@gmail.com

⁴Doutorando em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, Brasil, alourencorodrigues@gmail.com

⁵Doutor em Engenharia Florestal, Consultor do Serviço Florestal Brasileiro, Curitiba – PR, Brasil, mognonf@gmail.com

INTRODUÇÃO

O bambu é o vernáculo comum para se referenciar aos membros de um grupo taxonômico especial de grandes gramíneas lenhosas, que é amplamente distribuída nos trópicos, subtropicais e zonas temperadas do mundo (SCURLOCK *et al.*, 2000). Não existe consenso sobre o número de espécies, havendo muitas ainda desconhecidas da ciência (DAVIDSON *et al.*, 2006).

Cerca de 2,5 bilhões de pessoas no mundo dependem economicamente do bambu de alguma maneira (LOBOVIKOV *et al.*, 2007). Os principais exportadores de produtos de bambu movimentaram cerca de US\$ 2 bilhões em 2010 (INBAR, 2010), sendo a China o principal país que aparece nas estatísticas. O comércio nacional e local, que não é computado integralmente nas estatísticas e envolve muita informalidade, por sua vez, supera em muito essa marca. Esses números dão ideia da magnitude e da importância da cadeia produtiva do bambu em nível global.

O Brasil possui uma das maiores reservas de bambu nativo (JUDZIEWICZ *et al.*, 1999) e grande potencial de cultivo de espécies autóctones e introduzidas. Contudo, o relatório nacional do Brasil à FAO – *Food and Agriculture Organization* (Organização das Nações sobre Alimentação e Agricultura), intitulado FRA2010 (FAO, 2010), observa que não há informações confiáveis sobre a superfície de florestas com bambu, mas que existem cerca de nove milhões de hectares no sudeste Amazônia dominados por bambus. Consta também que há uma área privada de bambu plantada com 30.000 ha de *B. vulgaris*, que fornece matéria-prima para uma fábrica de papel no Nordeste. Menciona, ainda, que há um interesse crescente no bambu, especialmente a sua utilização industrial, que está crescendo rapidamente.

O manejo e a conservação das florestas de bambu devem ser fundamentados em informações confiáveis. Embora a quantidade de bambu comercializada mundialmente seja relatada em 20 Mt ano⁻¹, não está claro se esse número representa o peso seco ou (mais provavelmente) o peso recém colhido. Estudos têm mostrado que o teor de umidade do colmo varia consideravelmente com as estações e idades, o que implica que o volume do colmo com o mesmo peso pode mudar de acordo com as condições ambientais. Por esta razão, a quantificação dos recursos de bambu deve ser expressa não apenas com uma unidade de peso, mas também pelo volume (INOUE *et al.*, 2011).

Existe uma grande carência de dados biométricos sobre espécies de bambu no Brasil. Há também falta de disponibilidade de modelos básicos para estimar volume de colmo aparente (volume total incluindo a parte oca) ou volume lenhoso (volume das paredes lenhosas dos colmos). Ambas as variáveis são importantes para fins de logística do campo até a fábrica e para o processo de industrialização.

São raras as pesquisas no Brasil sobre a biometria dos bambus, particularmente sobre modelagem do seu volume.

Nascimento e Della Lucia (1994) ajustaram equações de volume para *Dendrocalamus giganteus*. Funções de afilamento são muito empregadas na área florestal para estimativa de volume de madeira (MACHADO *et al.*, 2004; SOUZA *et al.*, 2008; FONWEBAN *et al.*, 2010). Mediante o exposto objetivou-se com o presente trabalho analisar quatro opções de modelagem do volume aparente do colmo de duas espécies importantes de bambu cultivadas no país.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na Estação Experimental do Canguiri, pertencente à Universidade Federal do Paraná, situada no município de Pinhais, no Primeiro Planalto Paranaense, região metropolitana de Curitiba. Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante é o temperado (ou subtropical) úmido mesotérmico (Cfb), com invernos rigorosos e verão fresco. A chuva é presente em todas as estações do ano (RIBEIRO *et al.*, 2008).

Em fevereiro de 2013 foram cortados 24 colmos, selecionados aleatoriamente numa plantação experimental implantada em dezembro de 2008, sendo 12 indivíduos da espécie *Bambusa vulgaris* e 12 da espécie *Bambusa oldhamii*. Foram medidos os diâmetros e as alturas em diferentes seções de 0,5 m, havendo leve deslocamento da medição nas seções quando deformações eram detectadas. Os diâmetros foram tomados com paquímetro e as alturas (comprimentos) dos colmos foram mensuradas com trena. Os volumes reais aparentes (considerando os ocos) dos colmos foram calculados pela fórmula de Smalian, considerando as seções como pequenos cilindros, exceto na última que foi calculada pela fórmula do cone.

Quatro opções para estimar o volume total aparente dos colmos foram estudadas:

- 1) Modelo convencional de volume de Schumacher-Hall

$$\log(v) = a + b \cdot \log(d) + c \cdot \log(h) + e_i \quad (1)$$

onde: d = diâmetro a 1,30m de altura (cm) (cm); h = altura/comprimento total (m); v = volume total (m³); a , b , c = coeficientes a serem ajustados; \log = logaritmo na base 10 e, e_i = erro associado

- 2) Modelo de afilamento polinomial de 5º grau

$$v = \frac{\pi}{40.000} \cdot \int_0^h y^2 \cdot dh \quad (2)$$

$$y = a + b \cdot \frac{h_i}{h} + c \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 + d \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right)^3 + e \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right)^4 + f \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right)^5 + e_i \quad (3)$$

onde: h_i = altura relativa da seção em relação a h ; a , b , c , d , e , f = coeficientes a serem ajustados; d , h , v = como definidos previamente e, e_i = erro associado.

- 3) Modelo de afilamento de potência fracionária

$$v = \frac{\pi}{40.000} \int_0^h y^2 \cdot dh \quad (4)$$

$$y = a + b \left(\frac{h_i}{h}\right)^{p_1} + c \left(\frac{h_i}{h}\right)^{p_2} + d \left(\frac{h_i}{h}\right)^{p_3} + \dots + z \left(\frac{h_i}{h}\right)^{p_n} + e_i \quad (5)$$

onde: a, b, c, d, z = coeficientes a serem ajustados; p_i a p_n = potências a serem ajustadas; d, h, v, h_i = como definidos previamente e e_i = erro associado.

4) Fator de forma

$$v = \frac{\pi d^2}{40.000} \cdot h \cdot f \quad (6)$$

$$f = \frac{v_{real}}{v_{cilindro}} \quad (7)$$

onde: v_{real} = volume real cubado (m³)

$$v_{cilindro} = \text{volume do cilindro} = \frac{\pi d^2}{40.000} \cdot h \text{ (m}^3\text{)} \quad (8)$$

onde: d, h, v = como definidos previamente

Afilamento é um termo técnico utilizado no meio florestal para se referir ao perfil do tronco de uma árvore e é definido como sendo a taxa de decréscimo do diâmetro ao longo do tronco das árvores (SILVA *et al.*, 2011). Aplica-se também aos colmos dos bambus.

Os ajustes foram feitos para cada espécie em separado e para os dois conjuntos de dados agrupados. Utilizou-se ajuste de regressão pelo método dos mínimos quadrados ordinários para os modelos 1 e 2, e o método de *stepwise* para o ajuste de regressão referente ao modelo 3, considerando variações nas potências até a minimização da soma de

quadrados dos resíduos. Foi avaliada a significância dos coeficientes dos modelos de regressão. Para os ajustes foi empregado o programa SAS[®].

As estimativas advindas das quatro opções de ajuste foram analisadas quanto aos resíduos médios quadráticos (RMQ) dos valores estimados em relação aos observados e pela distribuição gráfica dos resíduos em percentagem (r_i) da variável volume individual total aparente. O teste *t* pareado foi empregado para comparar as estimativas geradas pelos quatro métodos de ajuste com os dados observados advindos da cubagem.

$$RMQ = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)^2}{n}}$$

$$r_i = \frac{(v_i - \hat{v}_i)}{v_i} \cdot 100$$

onde: n = número de observações; v_i = volume real (m³) e \hat{v}_i = volume estimado (m³)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O porte dos colmos de *B. oldhamii* superou o de *B. vulgaris* em termos de dap, mas o oposto ocorreu no que tange à altura e ao volume (Tabela 1). Os colmos dos bambus aqui analisados com 50 meses de idade atingiram, em média, 3,17 e 3,05 cm para *B. oldhamii* e *B. vulgaris*, respectivamente. Em termos de altura, *B. vulgaris* superou *B. oldhamii*, com médias de 5,05 e 4,29 m, respectivamente.

Tabela 1 - Variáveis biométricas de colmos de bambu com 50 meses em Pinhais – PR

Table 1 - Biometrical variables of bamboo culms at 50 months, in Pinhais, PR

Estatística	Variável	<i>B. oldhamii</i>	<i>B. vulgaris</i>	Ambas
Média	d (cm)	3,17	3,05	3,11
	h (m)	4,29	5,05	4,67
	v (m ³)	0,002280	0,002601	0,002441
Mínimo	d (cm)	1,80	1,90	1,80
	h (m)	2,9	2,87	2,87
	v (m ³)	0,000547	0,000680	0,000547
Máximo	d (cm)	4,20	4,50	4,50
	h (m)	5,59	7,05	7,05
	v (m ³)	0,003905	0,006174	0,006174
CV%	d (cm)	22,80	22,40	24,07
	h (m)	23,85	21,67	23,52
	v (m ³)	56,02	49,12	61,97
n		12	12	24

d – diâmetro à altura do peito do colmo, h – altura do colmo, v – volume aparente do colmo.

d – culm diameter at breast height, h – culm height, v – culm apparent volume.

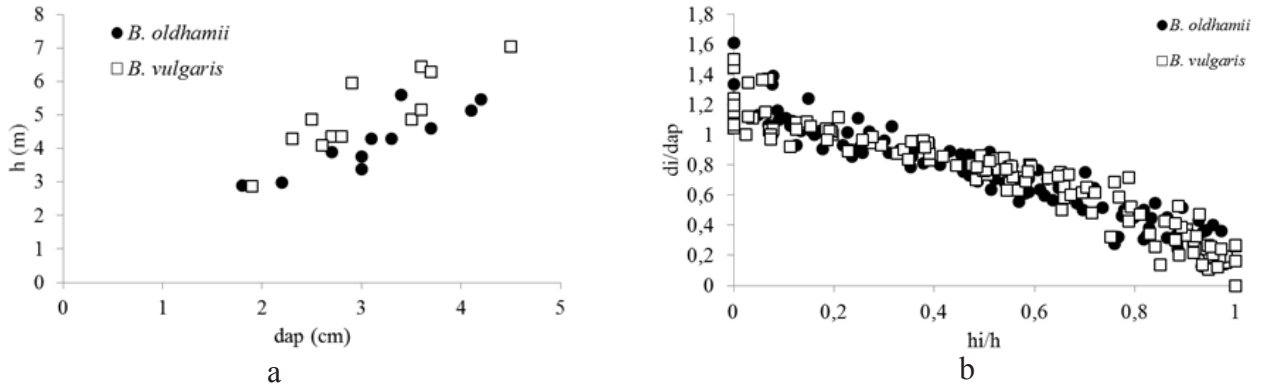


Figura 1 - Relação hipsométrica (a) e perfil da forma de colmos de bambu (b) com 50 meses em Pinhais – PR.
 Figure 1 - Hypsometric relationship (a) and profile (b) of bamboo at 50 months, in Pinhais, PR.

A relação hipsométrica foi diferenciada para ambas as espécies (Figura 1a), sendo mais inclinada para *B. vulgaris* devido ao seu maior crescimento em altura. Em ambos os casos foi comum a existência de uma relação h/d superior a 1, sendo 1,35 em *B. oldhamii* e 1,65 em *B. vulgaris*.

Os perfis dos colmos das duas espécies, por outro lado, foram muito próximos, indicando que, apesar da diferença em diâmetro e altura, os afilamentos não são distintos entre elas (Figura 1b). Este fato também é confirmado pelos valores de fator de forma artificial das duas espécies, que foram numericamente muito parecidos (Tabela 2). Portanto, em tese, os dados poderiam ser analisados de forma agrupada, sem considerar as espécies em separado (tratada como ambas).

Existem poucos relatos na literatura que descrevem o perfil dos colmos de bambus. Inoue e Suga (2009) estudaram a relação entre a superfície do colmo e outras dimensões dos mesmos. Ao analisar a relação entre a área de superfície e do colmo da área basal, verificaram que esta pode ser descrita com uma equação potencial, existindo uma relação linear da superfície do colmo e o produto do dap e da altura das plantas. Inoue (2013) fez uma análise detalhada da forma dos colmos de *Phyllostachys pubescens* no Japão. A análise indicou que para a espécie estudada a haste consiste de três ou quatro segmentos com várias formas. Mostrou também que a relação hipsométrica pode ser expressa por uma equação da reta em escala log-log. Interpretando os dados do autor, deduz-se que a relação h/d tende para 1, considerando a amplitude geral dos diâmetros e alturas.

Os resíduos quadráticos médios (*RMQ*) para as quatro opções de modelagem foram baixos, sendo numericamente menores para a opção 1 (modelo volumétrico de Schumacher-Hall) e maior para a opção 4 (fator de forma). Os valores estimados pelas quatro opções não são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) dos valores reais pelo teste *t* pareado, o que indica que todas produzem estimativas precisas. Isso

ocorreu para cada espécie em separado e para ambas em conjunto.

Em todas as opções de modelagem verificou-se distribuição equilibrada e homocedástica dos resíduos em percentagem, o que denota inexistência de viés nas estimativas (Figura 2). Em todos os casos os resíduos percentuais ficaram confinados entre $\pm 30\%$. Também, sob essa ótica, todos os modelos comparados provêm estimativas precisas do volume aparente dos colmos. Todavia, da mesma forma que no caso do *RMQ*, a opção 1 foi aquela que repercutiu em melhores indicativos. Por conseguinte, a opção 1 foi aquela que revelou um melhor compromisso entre simplicidade e acurácia.

A opção 4 é a mais simples de todas, pois tendo-se o valor calculado do fator de forma médio, basta multiplicar o referido valor pelo volume cilíndrico (calculado apenas com o dap e a altura) para se obter o volume aparente dos colmos. A opção 1 é a segunda mais simples, pois obtendo-se os coeficientes a , b e c basta entrar com o dap e a altura do colmo para se obter o seu volume aparente. Os coeficientes, neste caso, são facilmente obtidos por regressão linear pelo método dos mínimos quadrados. A opção 2, por sua vez, é um pouco mais complexa matematicamente, pois é necessário ajustar a equação polinomial de 5º grau (que no caso é possível de ser realizada por regressão linear pelo método dos mínimos quadrados ordinários) e integrá-la matematicamente para se obter o volume aparente. Por tanto, não é um procedimento tão óbvio quanto aos prévios. Já a opção 3 é a mais complexa de todas, não sendo possível estimar os coeficientes e potências do modelo de afilamento por regressão linear ordinária, havendo necessidade de se recorrer ao método *stepwise* com tentativas de diferentes variações de potências. Da mesma forma, é preciso integrar matematicamente a função de afilamento para se calcular o volume. Esse procedimento é ainda mais complexo, requerendo *software* específico, porque a operação matemática resultante não é óbvia. Suga *et al.* (2011)

Tabela 2 - Estatísticas para quatro opções de estimativa do volume aparente de colmos de bambu com 50 meses, em Pinhais – PR

Table 2 - Statistics of four options for the estimation of apparent volume in bamboo culms at 50 months, in Pinhais, PR

Opção	Estatística	<i>B.oldhamii</i>	<i>B. vulgaris</i>	Ambas
1 Modelo de Schumacher-Hall	<i>a</i>	-4,167281 (0,0000)	-4,127272 (0,0000)	-4,123230 (0,0000)
	<i>b</i>	1,253308 (0,0009)	0,325576 (0,2587)	1,589800 (0,0000)
	<i>c</i>	1,362654 (0,0010)	1,767342 (0,0001)	1,025854 (0,0000)
	<i>RMQ</i>	0,000200	0,000250	0,000231
	<i>n</i>	12	12	24
2 Modelo de afilamento polinomial de 5 ^o grau	<i>a</i>	1,220237 (0,0000)	1,189369 (0,0000)	1,204097 (0,0000)
	<i>b</i>	-1,910020 (0,0051)	-1,364500 (0,0522)	-1,641221 (0,0008)
	<i>c</i>	7,650272 (0,1092)	3,771351 (0,4422)	5,784365 (0,0900)
	<i>d</i>	-21,502800 (0,0911)	-9,085980 (0,4833)	-15,523652 (0,8629)
	<i>e</i>	25,87114 (0,0068)	9,745315 (0,4974)	18,064889 (0,0726)
	<i>f</i>	-11,292900 (0,0446)	-4,181090 (0,4595)	-7,832736 (0,0486)
	<i>RMQ</i>	0,000350	0,000358	0,000350
<i>n</i>	136	141	277	
3 Modelo de afilamento de potência fracionária	<i>a</i>	1,208910 (0,0000)	1,185230 (0,0000)	1,199720 (0,0000)
	<i>b</i>	-1,090230 (0,0000)	6,031000 (0,0084)	-1,187260 (0,0000)
	<i>c</i>	0,491940 (0,0000)	-6,269840 (0,0000)	1,327180 (0,0240)
	<i>d</i>	-0,482320 (0,0000)	-0,776530 (0,0000)	-1,268970 (0,0057)
	<i>e</i>	0,348820 (0,0033)	-0,114230 (0,0000)	0,326020 (0,1028)
	<i>f</i>	-0,477850 (0,0000)		-0,367270 (0,0130)
	<i>p</i> ₁	1	0,0001	1
	<i>p</i> ₂	2	0,01	2
	<i>p</i> ₃	4	2	3
	<i>p</i> ₄	35	35	20
<i>p</i> ₅	75		40	
<i>RMQ</i>	0,000369	0,000348	0,000347	
<i>n</i>	136	141	277	
4 Fator de forma	<i>f médio</i>	0,632933	0,644227	0,638580
	<i>f mínimo</i>	0,491827	0,550601	0,491827
	<i>f máximo</i>	0,757418	0,835902	0,835902
	<i>RMQ</i>	0,000384	0,000388	0,000385
	<i>n</i>	12	12	24

* Valores entre parênteses indicam significância (valores p).

* Values in parentheses indicate significance (p-value).

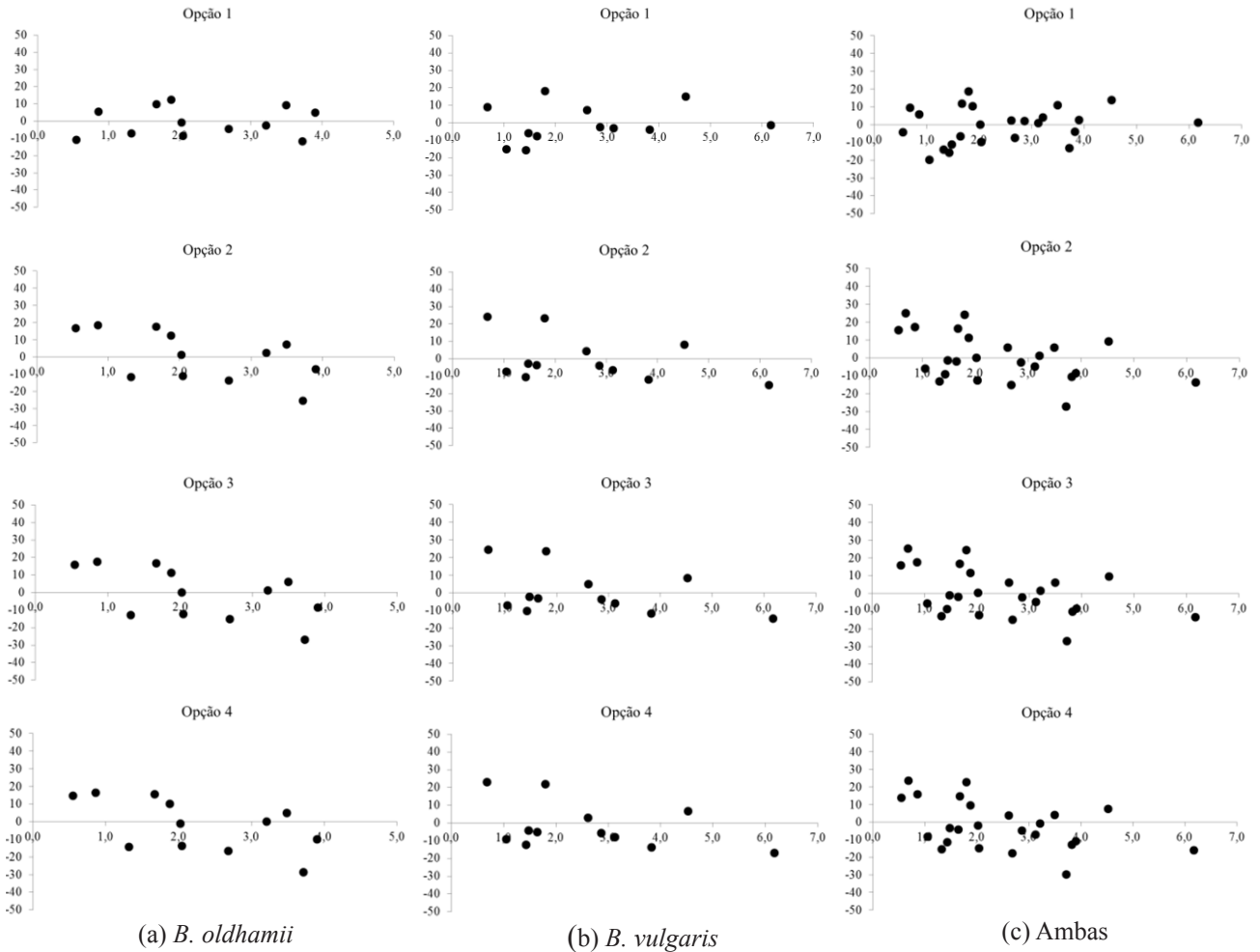


Figura 2 - Distribuição de resíduos de quatro opções de modelos de estimativa de volume aparente de colmos de bambu com 50 meses em Pinhais - PR.

Figure 2 - Residual distribution of four options for the estimation of apparent volume in bamboo culms at 50 months, in Pinhais, PR.

desenvolveram teoria e aplicações na estimativa de volume de *P. pubescens* no Japão. A equação de volume foi obtida a partir dos pressupostos de que a forma relativa do colmo pode ser expressa pela equação de Kunze e que os fatores de forma normais em duas alturas diferentes dos colmos são estáveis independentemente dos tamanhos dos mesmos. Em função disso, propuseram uma equação de duas vias, chamada de *two-way volume equation*.

García e Kleinn (2010) ajustaram equações de comprimento e volume de colmos para *Guadua angustifolia* na região cafeeira da Colômbia. Concluíram que modelos de regressão comumente usados em inventário florestal mostraram-se adequados para estimativa das variáveis do seu estudo.

No Brasil, Nascimento e Della Lucia (1994) testaram modelos de volume e peso para *D. giganteus*, um dos poucos trabalhos dedicados ao tema no país. Ao analisar

os dados de 14 colmos os autores concluíram que, para o caso em questão, o modelo $\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \log(d^2 h) + e_i$ foi o de melhor desempenho.

Spolidoro (2008) verificou que o modelo $\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \log(d) + e_i$ expressa adequadamente a relação entre o volume do colmo de *B. vulgaris* e *B. tuldooides*. O autor calculou sua conclusão com base na análise de 12 colmos das duas espécies citadas. Trabalhos sobre modelagem do volume de colmos de bambu no Brasil são extremamente limitados. Existe mais pesquisa direcionada para estimativa da sua biomassa e produtividade (SILVA *et al.*, 2009; MENDES *et al.*, 2010; DALLAGNOL *et al.*, 2013). Mesmo em nível internacional os trabalhos de modelagem são bastante restritos. A quantidade de pesquisa é muito maior na utilização de bambus do que no seu manejo. Não existem trabalhos comparativos entre diferentes abordagens metodológicas para estimar essa

variável, mesmo nos países do oriente, que têm maior tradição no manejo e uso dos bambus. Nesse sentido, este trabalho traz uma contribuição de relevância, e poderá ser utilizado por pessoas e empresas que cultivam, comercializam e industrializam, as espécies de bambu aqui estudadas.

CONCLUSÕES

As quatro opções de modelagem de volume aparente do colmo das duas espécies de bambu produzem estimativas

precisas e podem ser utilizadas para estimar a variável de interesse nas condições do material experimental.

O modelo de Schumacher-Hall representa o melhor compromisso entre simplicidade e acurácia, pois requer apenas a obtenção de três coeficientes por regressão linear ordinária. O uso do fator de forma também é simples e pode ser utilizado, mas tem poder estimativo levemente inferior.

As outras duas opções são mais complexas e, embora também produzam estimativas adequadas, perdem em desempenho para a opção 1. Estas são recomendáveis se o objetivo for estimar volumes parciais dos colmos, aos moldes do sortimento em espécies madeireiras.

LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

- DALLAGNOL, F. S.; SANQUETTA, C.R.; NISGOSKI, S.; MOGNON, F. Estimativa dos teores de carbono por espectroscopia no infravermelho em *Merostachys skvortzovii* (Bambusoideae). **Floresta**, v. 43, n. 2, p. 281-288, 2013.
- DAVIDSON, D. W.; ARIAS, J.A.; MANN, J. An experimental study of bamboo ants in Western Amazonia. **Insectes Sociaux**, v.53, p.108-114, 2006.
- FONWEBAN, J.; GARDINER, B.; MACDONALD, E.; AUTY, D. Taper functions for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) in Northern Britain. **Forestry**, v.84, n.1, p.49-60, 2010.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Global Forest Resources Assessment 2010**, 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/>. Acesso em: 07 abr. 2011.
- GARCÍA, J.C.C.; KLEINN, C. Length curves and volume functions for guadua bamboo (*Guadua angustifolia* Kunth) for the coffee region of Colombia. **European Journal of Forest Research**, v. 129, p.1213-1222, 2010.
- INOUE A.; SUGA, H. Relationships of culm surface area to other culm dimensions for bamboo, *Phyllostachys pubescens*. **Journal of Forestry Research**, v.14, p.236-239, 2009.
- INOUE, A. Culm form analysis for bamboo, *Phyllostachys pubescens* **Journal of Forestry Research**, v.24, n.3, p.525-530, 2013.
- INOUE, A.; SAKAMOTO, S.; SUGA, H.; KITAHARA, F. Estimation of culm volume for bamboo, *Phyllostachys bambusoides*, by two-way volume equation. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, p. 2666-2673, 2011.
- INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN. **Trade flow in 2010**. 2010. Disponível em: <http://www.inbar.int/knowledge/trade-database/>. Acesso em: 05 mar. 2014.
- JUDZIEWICZ, E.J.; CLARK, L.G.; LONDOÑO, X. **American bamboos**. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1999. 392 p.
- LOBOVIKOV, M. PAUDEL, S; PIAZZA, M.; REN, H.; WU, J. **World bamboo resources: a thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005**. Rome: FAO, 2007. 74p.
- MACHADO, S.A.; URBANO, E.; CONCEIÇÃO, M.B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FIGUEIREDO, D.J. Comparação de modelos de afilamento do tronco para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa* Schiede. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.48, p.41-64, 2004.
- MENDES, S.C.; MOLICA, S.G.; FERREIRA, R.L.C; CÉSPEDES, G.H.G. Absorção e distribuição de nutrientes em plantios comerciais de bambu (*Bambusa vulgaris*) no Nordeste do Brasil. **Revista Árvore**, v.34, n.6, p.991-999, 2010.
- NASCIMENTO, A.M.; DELLA LUCIA, R.M. Modelos estatísticos estimadores para confecção de tabelas de volume e peso seco para o bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*). **Floresta e Ambiente**, v.1, p. 28-40,1994.
- RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Floresta**, v.38, n.3, p. 561-572, 2008.

SCURLOCK, J.M.O; DAYTON, D.C.; HAMES, B. Bamboo: an overlooked biomass resource? **Biomass and Bioenergy**, v. 19, n. 4, p. 229-244, 2000.

SILVA, A.V. L.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, J. A. A.; CESPEDES, G. H. G. Alternativa de modelo linear para estimação da biomassa verde de *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl na existência de multicolinearidade. **Ciência Florestal**, v.19, n.2, p.207-214, 2009.

SILVA, F.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Equações de afilamento para descrever o volume total do fuste de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região do Triângulo Mineiro, **Scientia Forestalis**, v.39, n. 91, p. 367-376, 2011.

SOUZA, C.A.M.; CHASSOT, T.; FINGER, C.A.G.; SCHNEIDER, P. R.; FLEIG, F. D. Modelos de afilamento para o sortimento do fuste de *Pinus taeda* L. **Ciência Rural**, v.38, n.9, p.2506-2511, 2008.

SPOLIDORO, P.J. **Características dendrométricas e propriedades físicas dos colmos de *Bambusa vulgaris* e *Bambusa tuldoides***. 2008. 55 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SUGA, H.; INOUE, A.; KITAHARA, F. Derivation of two-way volume equation for bamboo, *Phyllostachys pubescens*. **Journal of Forest Research**, v.16, p.261-267, 2011.