

Carlos Roberto Sanquetta<sup>1</sup>, Ana Paula Dalla Côte<sup>1</sup>, Adriane Roglin<sup>1</sup>, Francelo Mognon<sup>1</sup>

### BIOMASSA INDIVIDUAL DE *Bambusa oldhamii* Munro E *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl.

Palavras chave:  
Bambu  
Equações matemáticas  
Modelagem

**RESUMO:** Neste trabalho, objetivou-se quantificar a biomassa seca total em duas espécies de bambu: *Bambusa oldhamii* e *B. vulgaris*. Visou também a verificar a distribuição da biomassa em compartimentos (colmo, folhagem, rizoma e galhos), analisar a sua correlação com medidas biométricas e testar o desempenho do ajuste de equações da biomassa (total e compartimentos) em função de tais variáveis. Foram empregados 40 indivíduos (colmos e seus compartimentos) coletados em Bauru - SP, sendo 20 de cada espécie. A variação diamétrica nos colmos dos bambus foi de 5 a 10 cm. As plantas amostradas foram medidas, abatidas e pesadas. Realizou-se análise de correlação e, posteriormente, atendidas as premissas, aplicou-se regressão linear. As biomassas secas totais individuais variaram de 7 a 33 kg, havendo pouca variação entre as duas espécies. A maior fração da biomassa foi observada para o compartimento colmo (75 e 68%, respectivamente para *B. oldhamii* e *B. vulgaris*). As variáveis biométricas de fácil medição (diâmetro à altura do peito – *dap*, altura – *h* e diâmetro de colo – *dcolo*) se correlacionaram significativamente entre si e estas, também, fortemente, com as biomassas total e de colmo. O modelo de melhor ajuste para *B. oldhamii* é o que expressa a relação direta da biomassa seca apenas em função do *dap*, enquanto para *B. vulgaris* é aquele com a expressão da relação direta da biomassa seca com a variável combinada  $dap^2h$ . Tentativas de ajuste para compartimento não geraram resultados satisfatórios em função da baixa correlação entre as variáveis. Concluiu-se que é possível expressar a biomassa seca total das espécies por equações de regressão, mas não os seus compartimentos em separado, exceto para o compartimento colmo.

Histórico:  
Recebido 01/03/2012  
Aceito 31/08/2014

### INDIVIDUAL BIOMASS OF *Bambusa oldhamii* Munro AND *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl.

Keywords:  
Bamboo  
Mathematical equations  
Modeling

**ABSTRACT:** This paper aimed to quantify the total biomass of two species of bamboo: *Bambusa oldhamii* and *B. vulgaris*. The distribution of biomass compartments (stem, leaves, rhizomes and stems) was studied, its correlation with biometric measures analyzed, as well as testing the performance of different biomass equations (total and by compartments) in terms of such variables. A total of 40 individuals (stems and its compartments) was collected in Bauru - SP, 20 of each species was sampled. Bamboo culms diameter range was 5-10 cm. The plants were measured, felled and weighed. A correlation analysis was carried out and, after meeting the assumptions, linear regression was applied. Individual dried biomass totals ranged from 7 to 33 kilograms, with little variation between the two species. The largest fraction of biomass occurred in the culm (75 and 68%, respectively for *B. oldhamii* and *B. vulgaris*). The easy-to-measure biometric variables (diameter at breast height - *dbh*, height, collar diameter) were significantly correlated to one another and strongly associated with total and culm biomasses. The best fit model for *B. oldhamii* is the one that expresses the direct relationship of dry biomass as a function of *dbh* only, whereas for *B. vulgaris* is the one with the expression of the direct relationship of dry biomass with the combined variable  $dbh^2h$ . Attempts to fit models by compartment did not provide satisfactory results due to the low correlation between the variables studied. It was concluded that it is possible to express the total biomass of both species by regression equations, but not their separate compartments, except for the culm compartment.

Correspondência:  
anacorte@ufpr.br

DOI:

10.1590/01047760201521011483

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná - Curitiba, Paraná, Brasil

## INTRODUÇÃO

Os bambus pertencem à família das gramíneas e enquadram-se em aproximadamente 75 gêneros e 1.250 espécies que se distribuem, naturalmente, entre as latitudes 46° norte e 47° sul, sendo encontrados em altitudes entre 0 e 4.800 m. Os bambus nativos crescem em todos os continentes, exceto na Europa, cobrindo cerca de 14 milhões de hectares, sendo que 62% das espécies são nativas da Ásia, 34% das Américas e 4% da África e Oceania (KLEINHENZ; MIDMORE, 2001; SCURLOCKA et al., 2000).

O bambu sempre esteve presente na cultura e na vida diária do homem primitivo de praticamente todos os continentes. O uso do bambu no oriente remota há quase cinco mil anos e há mais de quinhentos anos na América do Sul (VASCONCELLOS, 2007). Embora tenha inúmeras aplicações, na Ásia, por exemplo, aproximadamente 80% do uso são como material de construção (OLIVEIRA, 2006).

No Brasil, existem várias espécies nativas, e as mais conhecidas e usadas foram introduzidas durante a colonização pelos portugueses e por imigrantes asiáticos no início do século XX (PEREIRA, 2001). Entre as espécies utilizadas, estão: *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl., conhecida como bambu comum, e *Bambusa oldhamii* Munro, ambas originárias da China, sul da Ásia. A primeira tem colmos grossos e de cor verde (RIBEIRO, 2005), sendo utilizada em propriedades rurais para fins diversos e, também, em plantações comerciais de larga escala. Existem plantios de grande porte (cerca de 40 mil ha) para a fabricação de papel, objetivando a produção de sacos para embalagem de cimento, nos estados da Paraíba e Pernambuco (NUNES, 2005; TOMAZELLO FILHO; AZZINI, 1987). Já, a segunda tem uso mais restrito, mas se destaca por ser muito resistente à seca, além de produzir brotos comestíveis e colmos lenhosos utilizados para diversos fins.

O planejamento da produção dos plantios comerciais de bambu demanda informações sobre sua produtividade em função do tempo e de variáveis de fácil medição, como o diâmetro a altura do peito. Várias são as aplicações, particularmente na Ásia, existe produção em grande escala de parquetes, painéis, móveis, papel e tecidos provenientes do bambu (BARBOSA; GHAVAMI, 2005). Na Índia, China e Colômbia esta planta está incluída em vários programas governamentais de fomento e pesquisas relacionados ao seu cultivo e aproveitamento industrial. Especial enfoque também se dá para a utilização do bambu para fins bioenergéticos (FILGUEIRAS; GONÇALVES, 2004).

Também em plantios que visam à fixação de carbono na biomassa, como é caso de projetos no âmbito do MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo são demandadas estimativas confiáveis da biomassa. Dentro desse contexto, foi proposta uma metodologia para projetos de florestamento na China, desenvolvida pela Zhejiang A & University - ZAFU et al. (2011), onde são descritas as variáveis necessárias para a realização das estimativas em projetos de MDL.

No Brasil, existem poucos trabalhos científicos relativos à produtividade dos bambus (VASCONCELLOS, 2007), requerendo mais esforços no sentido de clarificar a produção em biomassa em função de variáveis biométricas e ambientais.

Neste trabalho, objetivou-se efetuar a quantificação da biomassa seca total individual em duas espécies de bambu: *Bambusa oldhamii* e *B. vulgaris* e verificar sua distribuição em compartimentos. Buscou-se, também, analisar a correlação da biomassa seca individual das duas espécies com medidas de fácil obtenção nas plantas, como diâmetro e altura, e ajustar equações para expressar a biomassa, a partir dessas variáveis.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O local onde foi realizado o estudo situa-se na Área Experimental Agrícola da UNESP – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – Campus de Bauru. A região possui clima do tipo tropical de altitude, com verão quente e chuvoso e inverno ameno e seco. A vegetação autóctone característica é a Floresta Estacional Semidecidual.

### Coleta de dados em campo

Neste estudo, foram avaliadas as biomassas de duas espécies do gênero *Bambusa* – *B. vulgaris* e *B. oldhamii* – de cada qual foram tomados vinte exemplares, que foram abatidos e pesados, empregando-se o método destrutivo.

Esses indivíduos eram oriundos de um único plantio com 10 anos, localizado no município de Bauru, Estado de São Paulo. A seleção dos indivíduos para composição da amostragem, deu-se de maneira aleatória. A intensidade amostral foi calculada para as duas espécies, considerando um limite de erro de 10% com probabilidade de 95%. Chegou-se ao número de 24 indivíduos como suficientes para tais critérios. Portanto, inferior aos 40 indivíduos contemplados nesse trabalho.

Os colmos foram mensurados, sendo coletadas as variáveis diâmetro à altura do peito (dap) e diâmetro no colo do colmo (dcolo). Posteriormente, realizou-se a derrubada desses colmos e a mensuração da altura dos mesmos (h), bem como suas pesagens empregando-se o método direto também conhecido como destrutivo. A altura corresponde ao comprimento entre a base do colmo e o topo (última folha verde) do mesmo. As variáveis *cap* e *ccolo* foram transformadas em *dap* e *dcolo*, dividindo-se as circunferências por  $\pi$ . Os rizomas foram avaliados em 50 cm de raio no entorno da planta e com 50 cm de profundidade.

Nas pesagens, foi utilizado o método de simples separação (SANQUETTA et al., 2004), considerando os seguintes compartimentos da biomassa verde: colmo, galhos, folhagem (folhas e sementes) e rizomas. Todo o material foi pesado com uso de balança analógica.

### Análises de laboratório

Amostras com cerca de 500g da biomassa verde de cada compartimento foram retiradas para determinações de laboratório. Para a pesagem da biomassa dos rizomas, foi necessário abrir uma trincheira para circundar a planta e possibilitar a retirada do mesmo, evitando-se perdas de material radicial no processo de escavação. Todas as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e trazidas para o laboratório, para posterior secagem em estufa (70°C), até atingir peso constante, visando à obtenção da biomassa seca.

### Análises de correlação e ajuste de equações alométricas

Foram realizadas análises de correlação de todas as variáveis biométricas com as biomassas secas por compartimento e para o total.

Para subsidiar as estimativas indiretas da variável biomassa seca total, sem a necessidade de uso do método destrutivo, foram testados modelos matemáticos e ajustadas equações de regressão linear, conforme descrito na Tabela 1.

O desempenho das equações foi avaliado pelos indicadores estatísticos, sendo: coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e erro padrão da estimativa ( $S_{yx\%}$ ), bem como, pela análise gráfica dos resíduos. O  $R^2$  varia entre 0 e 1, indicando, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. O  $S_{yx\%}$  é o erro em percentagem, expressado na adoção da equação ajustada para obter-se uma estimativa. Ele varia entre 0 e 100%, desejando-

se que aproxime-se do 0 para um melhor desempenho. A análise gráfica dos resíduos é outro indicador muito importante para avaliar a qualidade do ajuste. Ao adotá-la, busca-se que não existam tendências evidentes na distribuição dos resíduos, a partir da aplicação do modelo.

**TABELA 1** Modelos testados para a estimativa da biomassa seca total (*ps*) de *Bambusa oldhamii* e *B. vulgaris*.

**TABLE 1** Fitted equations to estimate dry weight of *Bambusa oldhamii* e *B. vulgaris*.

Nº	Modelo
1	$ps = \beta_0 + \beta_1 \cdot h + \varepsilon$
2	$ps = \beta_0 + \beta_1 \cdot dap + \varepsilon$
3	$ps = \beta_0 + \beta_1 \cdot dcolo \cdot h + \varepsilon$
4	$ps = \beta_0 + \beta_1 \cdot dap^2 \cdot h + \varepsilon$
5	$ps = \beta_0 + \beta_1 \cdot dap + \beta_2 \cdot h + \varepsilon$
6	$ps = \beta_0 + \beta_1 \cdot dcolo + \beta_2 \cdot dap^2 + \beta_3 \cdot (dap^2 \cdot h) + \varepsilon$
7	$\ln ps = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln dap + \varepsilon$
8	$\ln ps = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln dap^2 \cdot h + \varepsilon$
9	$\ln ps = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln dcolo + \beta_2 \cdot \ln dap^2 + \beta_3 \cdot \ln (dap^2 \cdot h) + \varepsilon$
10	$ps = \beta_0 + (\beta_1 \cdot dap^{0.5}) \cdot \ln dap + \varepsilon$

$\beta_0 \dots \beta_n$  = coeficientes dos modelos; *ps* = peso seco (kg); *dap* = diâmetro à altura do peito (cm); *h* = altura (m); *dcolo*=diâmetro de colo,  $\varepsilon$  = erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise estatística dos dados biométricos

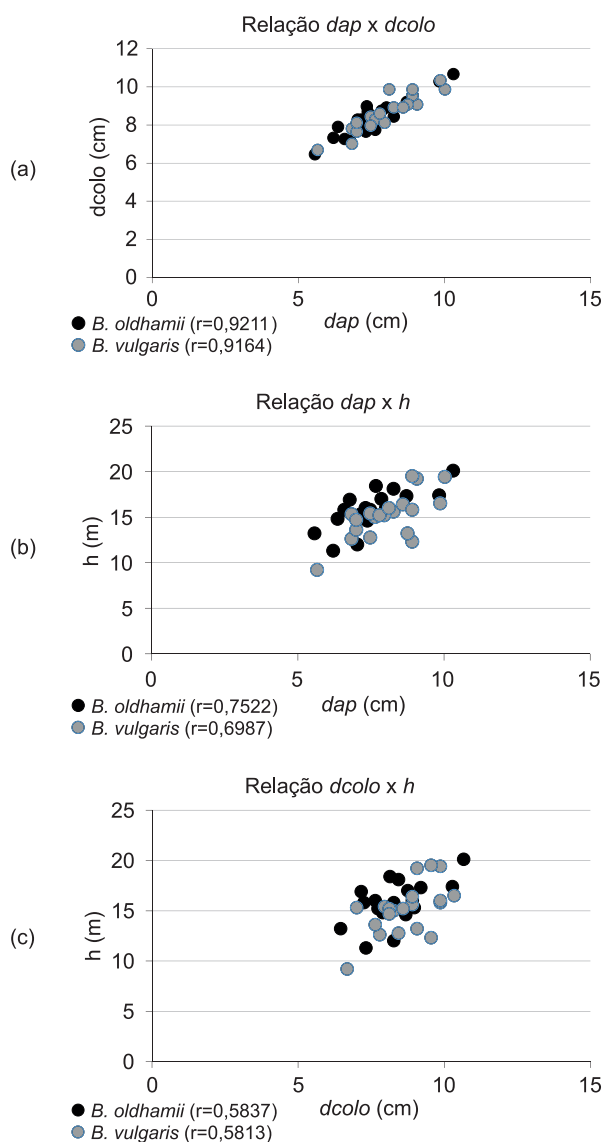
Os resultados da estatística descritiva dos dados de diâmetros a 1,30 m e na base dos colmos das duas espécies de bambus estudadas, bem como das alturas, estão apresentados na Tabela 2. Percebe-se que as duas apresentam valores próximos em termos de diâmetro e altura, tanto em termos de amplitude, medidas de tendência central e de dispersão.

**TABELA 2** Estatísticas descritivas para *dap*, *dcolo* e *h* para *B. oldhamii* e *B. vulgaris*, respectivamente.

**TABLE 2** Descriptive statistics for *dbh*, *dcolo* and *h* for *B. oldhamii* and *B. vulgaris*.

Estatísticas	<i>Bambusa oldhamii</i>			<i>Bambusa vulgaris</i>		
	<i>dap</i> (cm)	<i>h</i> (m)	<i>dcolo</i> (cm)	<i>dap</i> (cm)	<i>h</i> (m)	<i>dcolo</i> (cm)
Mínimo	5,57	11,30	6,46	5,67	9,20	6,68
Máximo	10,31	20,10	10,66	10,03	19,50	10,35
Mediana	7,37	15,80	8,28	8,04	15,25	8,75
Média	7,53	15,77	8,31	8,06	15,14	8,68
Desvio padrão	1,14	2,10	1,01	1,10	2,52	1,00
Variância	1,29	4,40	1,02	1,21	6,33	1,00
n	20	20	20	20	20	20

Analisando-se o relacionamento entre as três variáveis biométricas, percebe-se que há uma forte correlação do *dap* com o *dcolo* para ambas as espécies *B. oldhamii* e *B. vulgaris* 0,9211 e 0,9164, respectivamente (Figura 1a), verificando-se também uma relação estreita entre *dap* e *h* tendo correlações de 0,7522 e 0,6987 (Figura 1b), o que não se verifica de modo tão claro no gráfico *dcolo* x *h* cujas correlações foram menores sendo 0,5837 e 0,5813 para as mesmas espécies respectivamente (Figura 1c). Possivelmente, isso se deva à maior irregularidade do diâmetro no nível do solo, que decorre de deformações na transição do rizoma para os colmos.

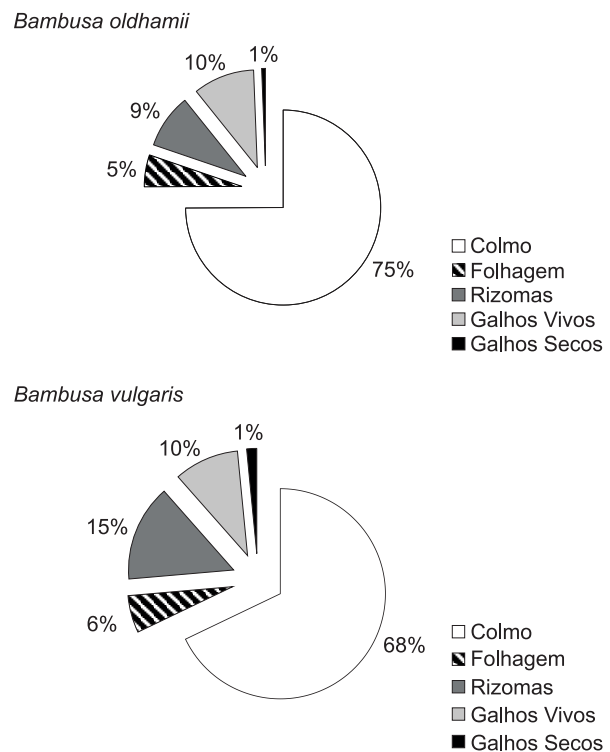


**FIGURA 1** Relações entre *dap*, diâmetro de colo e altura de *B. oldhamii* e *B. vulgaris*.

**FIGURE 1** Relationship between *dbh*, base diameter and height for *B. oldhamii* e *B. vulgaris*.

### Distribuição da biomassa por compartimentos

A distribuição da biomassa das duas espécies estudadas é apresentada na Figura 2 (a,b). Nos dois casos, a maior proporção da biomassa é representada pelo compartimento colmo, fato observado com maior proporção na espécie *B. oldhamii*, onde 75% encontra-se nesse compartimento (Figura 2a). Para a espécie *B. vulgaris* observou-se que 68% de sua biomassa encontrou-se no compartimento colmo. A principal diferenças entre as duas espécies, deu-se nos compartimentos colmo e rizoma. *B. oldhamii* com 75% no colmo e 9% no rizoma e na espécie *B. vulgaris* 68% no colmo e 15% no rizoma (Figura 2b). Entretanto, a biomassa aérea representa porção muito maior em ambos os casos, sendo responsável por 91% da biomassa total na espécie *B. oldhamii* e 85% na espécie *B. vulgaris*. Essa tendência é apontada por Marenco e Lopes (2005) que dizem que a maioria das espécies aloca a maior parte de seus assimilados na parte aérea.



**FIGURA 2** Distribuição da biomassa de *B. oldhamii* e *B. vulgaris* em seus compartimentos.

**FIGURE 2** Biomass distribution in different parts of the *B. oldhamii* and *B. vulgaris*.

As proporções da folhagem na biomassa total foram 5% e 6% para as espécies *B. oldhamii* e *B. vulgaris* e 11% para o compartimento galhos em ambas as espécies.

Shanmughavel e Francis (1996) encontraram a seguinte alocação de biomassa para *Bambusa bamboos*: 80-85% distribuída nos colmos, 15-20% nos galhos e apenas 1% nas folhas, valores esses próximos aos encontrados para a espécie *B. vulgaris* e com maior diferença dos observados para *B. oldhamii* nesse trabalho.

Shanmughavel et al. (2001) relataram que a contribuição do colmo para a produção da biomassa total no primeiro e sexto ano foi, respectivamente, de 30 e 85%, enquanto que a contribuição das folhas foi de 7 e 1%, também, respectivamente, ao primeiro e sexto ano de cultivo, assemelhando aos valores observados para o compartimento folhagem desse trabalho, para ambas as espécies.

Em plantas de bambu da espécie *Yashania alpinia*, aos três anos de idade, a distribuição de biomassa foi da ordem de 80, 13 e 5%, respectivamente, para colmo, raízes e folhas (EMBAYE et al., 2005), valores muito próximos aos observados para *B. vulgaris*.

### Análise de correlação de variáveis biométricas e da biomassa

As variáveis biométricas de fácil medição *dap*, *h* e *dcolo* se correlacionaram, significativamente, entre si,

como se vê na Tabela 3. Estas também se correlacionaram fortemente com a biomassa do colmo, com  $r=0,9166$  (colmo x *dap* – Figura 3c),  $r=0,8225$  (colmo x *h* – Figura 3d) e  $r=0,8022$  (colmo x *dcolo*).

Entretanto, de maneira geral, as correlações das biomassas dos demais compartimentos foram fracas (com *r* abaixo de 0,50) ou inexistentes (próximos de 0), demonstrando que a alocação da biomassa nos compartimentos dessas espécies não possui um caráter explicativo entre as variáveis consideradas.

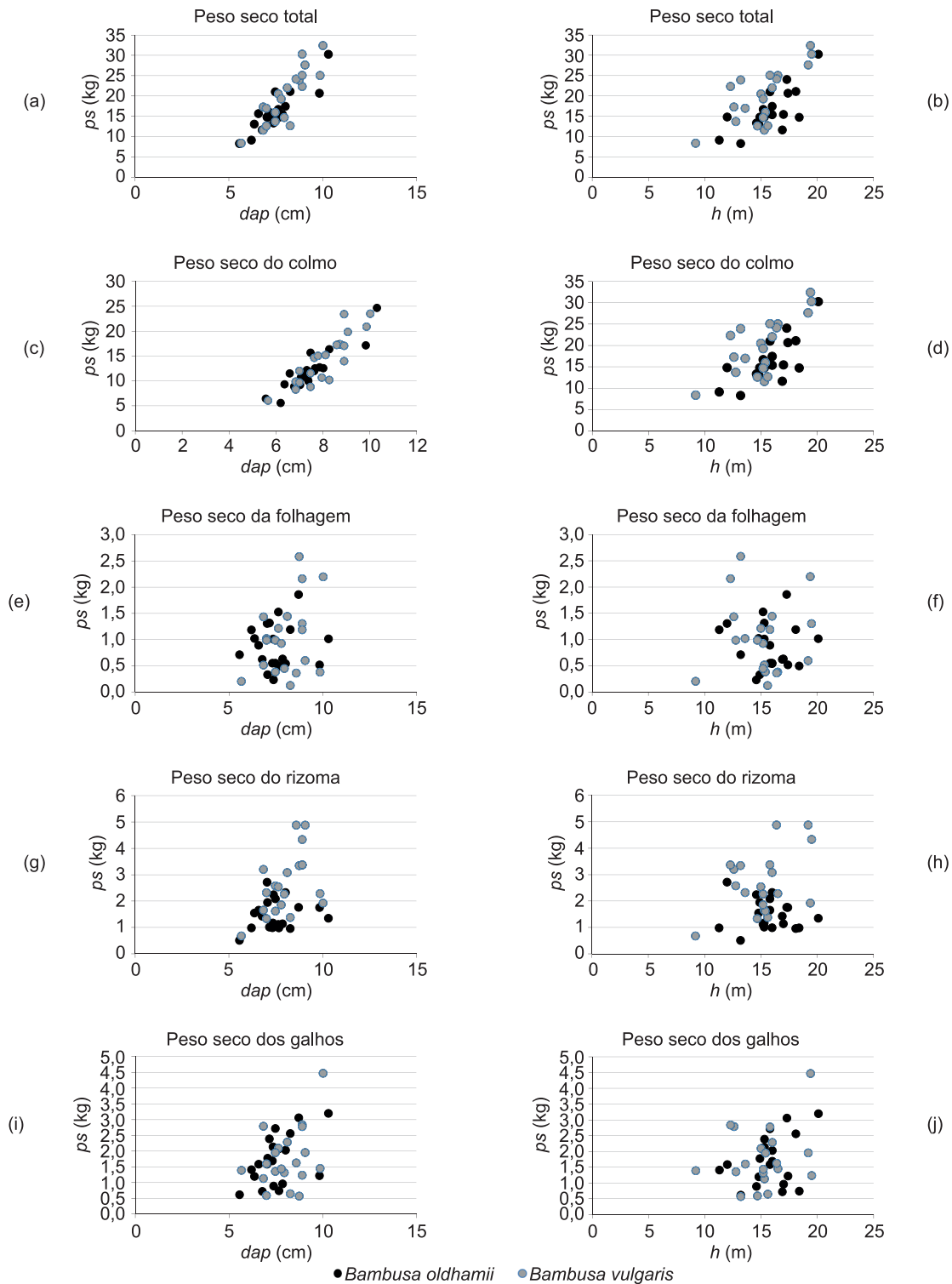
As relações das variáveis em questão, bem como sua dispersão, podem ser também apreciadas por meio da Figura 3 (a-j). Percebe-se que, para ambas as espécies, as relações da biomassa seca total e da biomassa do compartimento colmo com as variáveis: *dap* e altura foram estreitas, com pouca dispersão (Figura 3a, 3b, 3c e 3d). As relações das biomassas totais e do colmo também mostraram uma tendência clara e direta com o *dap* e a altura, mas, nesse caso, as dispersões dos pares de valores são nitidamente maiores.

Todas as relações relativas aos demais compartimentos da biomassa com o diâmetro e a altura das plantas não apresentaram tendência, conforme expressam as Figuras 3e (folhagem x *dap* e  $r=0,0745$ ), Figura 3f (folhagem x *h* e  $r=-0,0956$ ), Figura 3g (rizoma

**TABELA 3** Análise de correlação entre as variáveis biométricas de *B. oldhamii* e *B. vulgaris*.

**TABLE 3** Correlation analysis for the biometric variables of *B. oldhamii* and *B. vulgaris*.

<i>Bambusa oldhamii</i>							
	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>dcolo</i>	Biomassa			
				Colmo	Folhagem	Rizoma	Galhos
<i>dap</i>	1						
<i>h</i>	0,7522	1					
<i>dcolo</i>	0,9211	0,5837	1				
Colmo	0,9166	0,8225	0,8022	1			
Folhagem	0,0745	-0,0956	0,0481	0,1238	1		
Rizoma	0,1729	-0,1467	0,3092	0,1023	-0,1569	1	
Galhos	0,5240	0,3367	0,4908	0,6757	0,5313	0,1319	1
<i>Bambusa vulgaris</i>							
	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>dcolo</i>	Biomassa			
				Colmo	Folhagem	Rizoma	Galhos
<i>dap</i>	1						
<i>h</i>	0,6987	1					
<i>dcolo</i>	0,9164	0,5813	1				
Colmo	0,8771	0,7718	0,8071	1			
Folhagem	0,3554	0,0067	0,3962	0,3894	1		
Rizoma	0,5011	0,4244	0,4824	0,5840	0,2699	1	
Galhos	0,4010	0,2824	0,3737	0,3909	0,3759	0,1621	1



Onde:  $ps$  = peso seco (kg);  $dap$  = diâmetro à altura do peito (cm);  $h$  = altura (m).

**FIGURA 3** Relação entre as variáveis biométricas e de biomassa em *B. oldhamii* e *B. vulgaris*. (a) Relação peso seco total ( $ps$ ) x  $dap$ ; (b)  $ps$  x  $h$ ; (c)  $ps$  colmo x  $dap$ ; (d)  $ps$  colmo x  $h$ ; (e)  $ps$  folhagem x  $dap$ ; (f)  $ps$  folhagem x  $h$ ; (g)  $ps$  rizoma x  $dap$ ; (h)  $ps$  rizoma x  $h$ ; (i)  $ps$  galhos x  $dap$ ; (j)  $ps$  galhos x  $h$ .

**FIGURE 3** Relationship between the biometric variables and biomass in *B. oldhamii* and *B. vulgaris*. (a) Total dry weight ( $ps$ ) x  $dbh$ ; (b)  $ps$  x  $h$ ; (c)  $ps$  culm x  $dbh$ ; (d)  $ps$  culm x  $h$ ; (e)  $ps$  foliage x  $dbh$ ; (f)  $ps$  foliage x  $h$ ; (g)  $ps$  rhizome x  $dbh$ ; (h)  $ps$  rhizome x  $h$ ; (i)  $ps$  branches x  $dbh$ ; (j)  $ps$  branches x  $h$ .



x  $dap$  e  $r=0,1729$ ), Figura 3h (rizoma x  $h$  e  $r=-0,1467$ ), Figura 3i (galhos x  $dap$  e  $r=0,5240$ ) e Figura 3j (galhos x  $h$  e  $r=0,3367$ ).

Esses resultados mostram que pode-se explicar as biomassas total e do colmo das duas espécies em função das variáveis biométricas como  $dap$  e  $h$ , possibilitando o desenvolvimento de modelos alométricos para esse fim. Todavia, uma modelagem satisfatória não pode ser desenvolvida para estimar as biomassas dos demais compartimentos em separado em função das variáveis de fácil obtenção.

### Ajuste de equações de biomassa em função de variáveis biométricas

Foram testados os modelos apenas para a variável dependente biomassa seca total individual. Ajustes particularizados para cada compartimento não foram realizados, em razão das baixas correlações de variáveis, exceto para a biomassa do colmo.

Os ajustes das equações correspondentes aos melhores modelos, para as espécies *B. oldhamii* e *B. vulgaris*, apresentaram  $R^2$  de 0,7757 e 0,7555,  $S_{yx}$  % de 14,63% e 16,47%, respectivamente (Tabela 4). Tendência semelhante também foi observada por Singh e Singh (1999), que ajustaram equações em função do  $dap$  para estimativa de biomassa de colmo, encontrando  $R^2$  de 0,93 para a espécie *Dendrocalamus strictus* (Roxb.) Nees, em experimento com 8 anos de idade, localizado na Índia.

Foi evidenciado, neste estudo, que, de forma geral, os ajustes se mostraram melhores para *B. oldhamii* do que para *B. vulgaris*, conforme demonstram os resultados na Tabela 4. De acordo com os indicadores de qualidade de ajuste, a equação 2 e a 4 foram as que resultaram melhores, respectivamente para *B. oldhamii* e *B. vulgaris*. Observou-se, também, que o modelo de melhor ajuste para *B. oldhamii* é o que expressa a relação direta da biomassa seca apenas em função do  $dap$ , enquanto para *B. vulgaris* o melhor ajuste foi obtido com o modelo que expressa a relação direta da biomassa seca com a variável combinada  $dap^2 \cdot h$ .

Torezan e Silveira (2000), em trabalho desenvolvido com a espécie *Guadua weberbaueri* Pilger, utilizaram  $dap$  e altura do colmo para a estimativa de biomassa, encontrando um  $R^2$  de 0,74, que, conforme esse autor, foi considerada uma boa estimativa para essa espécie nativa da região amazônica. Esses autores utilizaram uma equação em função apenas de  $dap$ , encontrando resultado até mais satisfatório, com um  $R^2$

de 0,75. Os autores notaram pouca diferença em termos de estimativa com ambas as equações, ao analisar o erro padrão da estimativa e a distribuição gráfica dos resíduos dos ajustes. Ao ajustar uma equação polinomial do 3º grau, levando em conta a variável  $dap$ , encontraram um valor de  $R^2$  de 0,81, ou seja, aparentemente um ajuste melhor. Entretanto, deve-se tomar cuidado com ajustes com modelos polinomiais, sem antes observar a matriz de correlação.

**TABELA 4** Ajuste de equações de biomassa seca total para *B. oldhamii* e *B. vulgaris*.

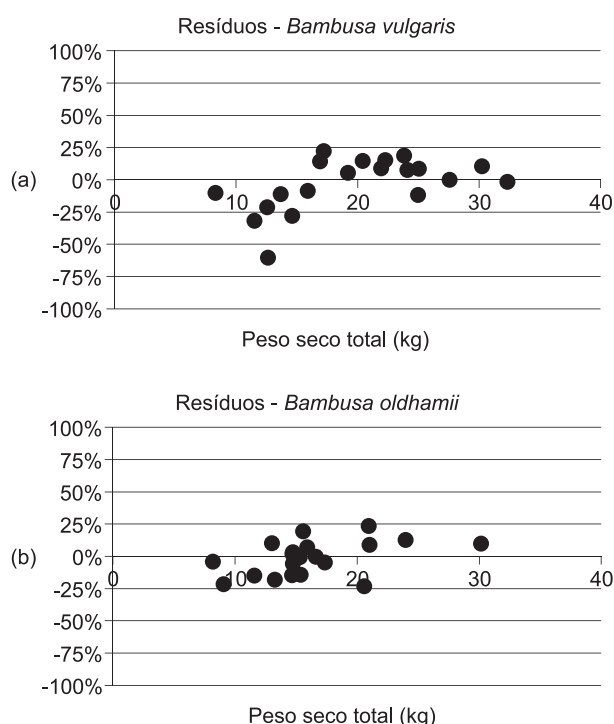
**TABLE 4** Fitting of total dry biomass equations for *B. oldhamii* and *B. vulgaris*.

<i>Bambusa oldhamii</i>						
Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$R^2$ ajustado	Syx%
1	-11,3316	1,7578			0,5040	21,76
2	-13,4200	3,9572			0,7757	14,63
3	-2,5469	0,1432			0,7478	15,95
4	6,1342	0,0109			0,7751	14,66
5	-15,2078	3,4891	0,3369		0,7720	14,76
6	3,4217	0,2556	0,0645	0,0075	0,7519	15,40
7	-0,9677	1,8521			0,7562	23,57
8	-1,7632	0,6674			0,7736	14,71
9	-1,4769	0,0801	0,4369	0,3407	0,7412	15,72
10	-14,3187	6,0518			0,4398	23,13
<i>Bambusa vulgaris</i>						
Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$R^2$ ajustado	Syx%
1	-8,4429	1,8657			0,4790	24,04
2	-21,7880	5,1622			0,7269	17,41
3	2,7979	0,0144			0,7363	17,11
4	4,9887	0,0144			0,7555	16,47
5	-23,0656	4,2613	0,5638		0,7373	17,07
6	-6,1040	1,6515	0,0095	0,0106	0,7514	16,61
7	-1,6425	2,2003			0,7093	23,57
8	-2,0124	0,7204			0,7382	17,04
9	-2,3728	0,8018	0,2853	0,3482	0,7142	17,81
10	-22,3139	7,1274			0,7243	17,49

Já Shanmughavel e Francis (1996), em estudo com a espécie *Bambusa bamboos*, encontraram  $R^2$  de 0,83 para a estimativa de biomassa total (acima e abaixo do solo), utilizando variável transformada:  $\ln(dap^2 \cdot h)$ . Os autores citam que as equações que necessitam de alturas muitas vezes não podem ser utilizadas pela grande dificuldade de mensuração dessa variável, sendo que muitos autores preferem utilizar apenas o  $dap$ , por ser

mais prático e de mais rápida obtenção em campo. O mesmo pode ser dito no caso das duas espécies avaliadas neste trabalho, especialmente porque os ajustes com e sem altura mostraram-se similares.

A Figura 4 (a, b) apresenta a distribuição gráfica dos resíduos do melhor ajuste para as espécies *B. vulgaris* e *B. oldhamii*. Observa-se que, de forma geral, a distribuição gráfica de resíduos foi melhor para a espécie *B. oldhamii* em relação a *B. vulgaris*. Para a espécie *B. oldhamii* os resíduos variaram entre -24% e +23% e para a espécie *B. vulgaris* os resíduos variaram entre -61% e +22%, fato que demonstra a sua maior heterogeneidade.



**FIGURA 4** Distribuição gráfica dos resíduos das equações de peso seco total de melhor ajuste. (a) *Bambusa vulgaris*; (b) *Bambusa oldhamii*.

**FIGURE 4** Graphic distribution of residues for the best fitted total dry weight equations. (a) *Bambusa vulgaris*; (b) *Bambusa oldhamii*.

### Produção de biomassa em função das variáveis biométricas

Analisando-se a produção de biomassa seca individual (kg) em função da variável *dap* (cm), para as duas espécies avaliadas, observa-se que, para os mesmos *daps*, a espécie *B. oldhamii* apresentou valores um pouco superiores em relação a *B. vulgaris*, com exceção aos *daps* de 7 e 9 cm (Tabela 5).

**TABELA 5** Produção de biomassa seca individual (kg) de *B. oldhamii* e *B. vulgaris*.

**TABLE 5** Biomass production (kg) of *B. oldhamii* and *B. vulgaris*.

<i>Bambusa vulgaris</i>					
<i>dap</i> (cm)	Biomassa seca individual (kg)				
	Colmo	Folhagem	Rizoma	Galhos	Total
6	6,03	0,20	0,68	1,39	8,29
7	11,17	0,97	2,22	1,70	16,06
8	12,76	0,73	2,14	1,42	17,05
9	18,13	1,27	4,20	1,61	25,21
10	22,19	1,29	2,10	2,96	28,53
<i>Bambusa oldhamii</i>					
<i>dap</i> (cm)	Biomassa seca individual (kg)				
	Colmo	Folhagem	Rizoma	Galhos	Total
6	8,19	0,95	1,17	1,20	11,51
7	11,03	0,74	1,70	1,73	15,19
8	13,22	0,87	1,30	1,67	17,06
9	17,25	1,19	1,75	2,13	22,33
10	24,66	1,01	1,35	3,20	30,21

### CONCLUSÕES

A alocação de biomassa nos indivíduos das duas espécies foi, majoritariamente, nos colmos, com detecção de algumas diferenças interespecíficas. A biomassa acima do solo representou pelo menos 85% da biomassa total dos bambus estudados, demonstrando o predomínio desses compartimentos na alocação.

A biomassa seca individual se correlaciona fortemente com variáveis biométricas das duas espécies de bambus estudadas, como *dap*, altura e diâmetro de colo, sendo que a primeira é de mais fácil medição e tem alto poder preditivo da biomassa seca individual total.

Modelos simples, levando apenas em consideração o *dap* e a altura como variáveis independentes, ajustam-se bem para expressar a biomassa seca individual total como variável dependente. Pode-se empregar apenas o *dap* em tais modelos, sem prejuízos à qualidade das estimativas.

### REFERÊNCIAS

- BARBOSA, N. P.; GHAVAMI, K. **Bambu como material de construção**. João Pessoa: UFPB, 2005. 136 p.
- EMBAYE, K.; WEIHA, M.; LEDINC, S.; CHRISTERSSONA, L. Biomass and nutrient distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia: implications for management. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 204, n. 1, p. 159-169, 2005.



- FILGUEIRAS, T. S.; GONÇALVES, A. P. S. A checklist of the basal grasses and bamboos in Brazil (Poaceae). **Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society**, Albany, v. 18, n. 1, p. 7-18, 2004.
- KLEINHENZ, V.; MIIDMORE, D. J. Aspects of bamboo agronomy. **Advances in Agronomy**, New York, v. 74, n. 2, p. 99-149, 2001.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 451 p.
- NUNES, A. R. S. **Construindo com a natureza, bambu: uma alternativa de ecodesenvolvimento**. 2005. 131 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2005.
- OLIVEIRA, T. F. C. S. de. **Sustentabilidade e arquitetura: uma reflexão sobre o uso do bambu na construção civil**. 2006. 136 p. Dissertação (Mestrado em Dinâmica do Espaço Habitado) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.
- PEREIRA, M. A. **Bambu: espécies, características e aplicações**. Bauru: UNESP, 2001. 58 p.
- RIBEIRO, A. S. **Carvão de bambu como fonte energética e outras aplicações**. Maceió: Instituto do Bambu, 2005. 190 p.
- SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; BALBINOT, R.; ZILLIOTTO, M. A. B. Proposta metodológica para quantificação e monitoramento do carbono estocado em florestas plantadas. In: SANQUETTA, C. R.; ZILLIOTTO, M. A. (Org.). **Mercado de carbono: mercado e ciência**. Curitiba: UFPR, 2004. v. 1, p. 120-150.
- SCURLOCKA, J. M. O.; DAYTONB, D. C.; HAMESB, B. Bamboo: an overlooked biomass resource? **Biomass and Bioenergy**, London, v. 19, n. 3, p. 229-244, 2000.
- SHANMUGHAVEL, P.; FRANCIS, K. Above ground biomass production and nutrient distribution in growing bamboo (*Bambusa bamboos* (L.)). **Biomass and Bioenergy**, London, v. 10, n. 2, p. 383-391, 1996.
- SHANMUGHAVEL, P.; PEDDAPPAIAH, R. S.; MUTHUKUMARA, T. Biomass production in an age series of *Bambusa bamboos* plantations. **Biomass and Bioenergy**, London, v. 20, n. 1, p. 113-117, 2001.
- SINGH, A. N.; SINGH, J. S. Biomass, net primary production and impact of bamboo plantation on soil redevelopment in a dry tropical region. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 119, n. 2, p. 195-207, 1999.
- TOMAZELLO FILHO, M.; AZZINI, A. Estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de *Bambusa vulgaris* Shrad. **Instituto de Pesquisas Florestais**, Piracicaba, v. 36, n. 1, p. 43-50, 1987.
- TOREZAN, J. M. D.; SILVEIRA, M. The biomass of bamboo (*Guadua weberbaueri* Pilger) in open forest of the southwestern Amazon. **Ecotropica**, Ulm, v. 2, n. 6, p. 71-76, 2000.
- VASCONCELLOS, R. M. **Bambu brasileiro**. Disponível em: <<http://www.bambubrasileiro.com/info/>>. Acesso em: 10 set. 2007.
- ZHEJIANG A & UNIVERSITY; INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN; CHINA GREEN CARBON FOUNDATION. **Bamboo afforestation methodology for carbon project in China**. Beijing, 2011. 29 p.