Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Modelos alométricos para estimativa da área foliar de boldo pelo método não destrutivo

Allometric model for boldo leaf area estimation by the non-destructive method

Samuel Ferreira da Silva, Lucas Rosa Pereira, Patricia Alvarez Cabanez, Rodolfo Ferreira de Mendonça, José Augusto Teixeira do Amaral

Universidade Federal do Espírito Santo - CCAE-UFES Centro de Ciências Agrárias e Engenharias Departamento de Engenharia Rural. Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras | Vitória - ES - CEP 29075-910, email: samuelfd.silva@yahoo.com.br

Recebido em: 26/12/2013 Aceito em:13/10/2016

Resumo: A área foliar é uma das mais importantes medidas de avaliação do crescimento vegetativo, em virtude de estar ligada ao incremento de matéria seca nas plantas. O objetivo deste trabalho foi testar e obter o melhor modelo matemático para estimativa da área foliar do boldo (*Plectranthus ornatus*) em função das suas dimensões alométricas. Utilizou-se um cultivo de boldo localizado na propriedade São Domingos no município de Alegre - ES, onde foram coletadas 80 folhas de 12 arbustos em outubro de 2013. As regressões foram determinadas considerando-se a área foliar real (AFR) como variável dependente e o comprimento (C), largura (L) e o produto do (C x L) de cada folha como variáveis independentes. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a equação exponencial = $22033e^{0,1523x}$ foi o melhor modelo matemático para estimar a área foliar do boldo, com R^2 de 0,62. Os modelos que utilizaram apenas a largura das folhas mostraram-se mais adequados para estimar a área das folhas do boldo, uma vez que apresentam maior correlação.

Palavras-chave: crescimento vegetativo, dimensões foliares, modelos matemáticos, *Plectranthus ornatus*

Abstract: The leaf area is one of the most important vegetative growing evaluation measurements, due to the fact that it is connected to the dry matter increase on the plants. The objective of this work was to test and obtain the best mathematical model for boldo (*Plectranthus ornatus*) leaf area estimative according to its allometric dimensions. A boldo culture situated at the propriety São Domingos in the municipality of Alegre - ES was used, where 80 leaves with distinct physiologic age were collected from 12 shrubs in October 2013. The regressions were determined considering the real leaf area (RLA) as dependent variable and the length (L), width (W) and the product (L x W) of each leaf as independent variables. Based on the obtained results, it was concluded that the exponential equation = $22033e^{0,1523x}$ was the best mathematical model to estimate the boldo leaf area, with R^2 of 0.62. The models which used only the leaves width showed to be more appropriate to estimate boldo's leaves area, once they presented higher correlation.

Keywords: vegetative growth, leaves dimensions, mathematical models, *Plectranthus ornatos*

Introdução

A área foliar é uma das mais importantes medidas de avaliação do crescimento vegetal, pois permite estimar vários parâmetros fisiológicos como taxa de crescimento relativo, a razão de área foliar, a taxa de assimilação líquida, o crescimento vegetativo sazonal, bem como a perda de água por transpiração. Com isso, sua estimativa é de suma importância, uma vez que a arquitetura da copa e os efeitos da interceptação da radiação solar pela folhagem interferem na produção e na composição nutricional das culturas (Maracajá et al., 2008).

Taiz e Zeiger (2013) destacam que o conhecimento da área foliar permite a estimativa da perda de água por transpiração, devido às folhas serem os principais órgãos responsáveis pelas trocas gasosas entre a planta e o ambiente, destacando a importância de estudá-las.

Portanto, a área foliar pode ser considerada um dos parâmetros indicativos de produtividade, sendo suas medições essenciais para entender a interação entre o crescimento da planta e o ambiente (Favarin et al., 2002; Taiz e Zeiger, 2013). Vários métodos têm sido utilizados para a medição da área foliar, como o emprego de

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

medidores eletrônicos e técnicas de medições manuais. Com o intuito de facilitar o processo, utilizam-se equações matemáticas para estimativa da área foliar, sendo este, um método fácil e rápido de ser executado (Amaral et al., 2009).

Os modelos matemáticos envolvem medições lineares, tais como comprimento foliar ou largura foliar, ou alguma combinação dessas variáveis, os quais geralmente, possuem boa precisão para estimar a área foliar, sendo acessíveis em termos de custo, pois é necessária apenas uma régua graduada para se medir as dimensões foliares (Amaral et al., 2009).

Diversos pesquisadores desenvolveram equações que relacionam o comprimento, a largura da folha, ou ambos, para a cultura do café (Favarin et al., 2002), feijão-vagem (Queiroga et al., 2003), algodão (Monteiro et al., 2005), girassol (Rouphael et al., 2007), feijão-caupi (Lima et al., 2008a), manga (Lima et al., 2012), dentre outras (Maracajá et al., 2008; Fagundes et al., 2009), com alto grau de precisão.

Corrêa et al. (2003) destacam que o boldo (*Plectranthus ornatus*) pode ser utilizado na prevenção de infecções das vias biliares, dispepsia, náuseas, constipação intestinal e ansiedade entre outros usos, tornando esta cultura de interesse agronômico e farmacológico. No entanto, as pesquisas desenvolvidas sobre a estimativa da área foliar do boldo ainda é um tema em aberto, necessitando de mais estudos com a própria cultura em questão, com diferentes cultivares e locais, uma vez que o boldo apresenta importância econômica e sua parte nobre é a folha, sendo sua avaliação fundamental, para emprego do manejo adequado. Portanto, a utilização de técnicas para avaliar a área foliar de forma simples e rápida torna-se ferramenta de auxílio ao desenvolvimento produtivo.

Este trabalho tem por objetivo testar e obter o melhor modelo matemático para estimativa da área foliar do boldo (*Plectranthus ornatus*) em função das suas dimensões alométricas.

Material e Métodos

Em outubro de 2013, foram coletadas 80 folhas com idades fisiológicas distintas de 12 arbustos em um cultivo localizado na propriedade São Domingos no município de Alegre - ES, situado na latitude 20º44'50" S e longitude 41º32'54" W e altitude média em torno de 974 m e declividade aproximada de 3%.

O clima da região segundo a classificação internacional de Köppen é do tipo Cwa, isto é, tropical quente úmido, com inverno frio e seco, temperatura anual média de 23,1 °C e precipitação total anual média de 1341 mm (Lima et al., 2008).

A definição do número de arbustos e folhas amostradas foi baseada em metodologias de estimativa de área foliar adotadas por Monteiro et al. (2005), Rouphael et al. (2007) e Lima et al. (2012) estudando estimativas de área foliar de diferentes culturas.

Todas as folhas foram colhidas em arbustos que recebiam os mesmos tratamentos técnicos e não apresentavam nenhum dano ou ataque de doenças ou pragas.

Imediatamente após a coleta as folhas foram contadas, acondicionadas em sacos plásticos e rapidamente conduzidas ao Laboratório de Fisiologia e Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, onde se determinou as dimensões, o maior comprimento (C) e a maior largura (L) do limbo foliar com o uso de uma régua graduada em mm. O comprimento (C) foi medido ao longo da nervura central, que é a distância compreendida entre a base da folha no ponto de inserção do pecíolo até o seu ápice, e a largura (L) considerada na parte mediana da folha. Após a determinação do comprimento e da largura máximas, realizou-se a obtenção da estimativa da área foliar real de cada folha, utilizando-se do medidor Licor Modelo LI-3100.

As regressões foram determinadas, considerando-se a área foliar real (AFR) de cada folha como variável dependente e o maior comprimento (C), a maior largura (L) do limbo foliar e o retângulo circunscrito à folha (C x L), como variáveis independentes.

Para a escolha do modelo matemático na determinação da área foliar real (AFR), foram considerados a sua simplicidade e o maior coeficiente de determinação (R^2).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios relativos ao comprimento (C) e largura (L) do limbo foliar, o produto do (C x L) e a área foliar real (AFR) com os respectivos desvios

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

padrões, bem como as dimensões máxima e mínima do limbo foliar.

Tabela 1. Média, desvio padrão, valores máximo e mínimo para comprimento (C), largura (L), produto do (C x L) e área foliar real (AFR) do boldo (*Plectranthus ornatus*)

Variáveis / unidades	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
(C) cm	16,34	2,09	21,60	12,00
(L) cm	9,88	1,21	12,40	7,30
(C x L) cm^2	163,70	38,75	241,80	87,60
(AFR) cm^2	101,85	14,61	151,84	55,29

Observa-se alto desvio padrão em relação às médias obtidas para as variáveis estudadas, que pode ser atribuído à utilização de folhas de tamanhos variados e idades fisiológicas distintas, o que é percebível quando comparados os valores de máximo e mínimo do limbo foliar. Resultados semelhantes foram obtidos por Zucoloto et al. (2008) estudando a área foliar da bananeira 'prata-anã' e por Borghezan et al. (2010) estudando a área foliar de variedades de videira.

Em trabalhos objetivando estimar a área foliar de pupunheiras (Ramos et al., 2008), e girassol (Aquino et al., 2011) foram encontradas diferenças nas estimativas das áreas foliares por meio das relações alométricas, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho. Essas diferenças alométricas podem ser associadas às condições climáticas, idade das folhas, características nutricionais e de desenvolvimento da cultura.

Carvalho e Christoffoleti (2007) consideram essas diferenças normais, e salientam que nesse sentido, supõe-se que a disponibilidade de luz para atividade fotossintética é um dos fatores que mais pode alterar o tamanho das folhas e, também, a estimativa do parâmetro.

Na Tabela 2, encontram-se os modelos de regressão obtidos com os respectivos coeficientes de determinação múltipla (R^2) para a área foliar real em relação às variáveis estudadas.

Tabela 2. Modelos de regressões e os coeficientes de determinação obtidos na estimava da área foliar real (AFR) em função do comprimento (C), largura (L) e produto do (C x L) para o boldo (*Plectranthus ornatus*)

Variável	Modelo	Equação	R^2
(C)	Exponencial	$y = 26770e^{0,0802x}$	0,51
	Polinomial	y = -147,94x2 + 12491x - 62127	0,49
	Logarítmica	y = 122849ln(x) - 240331	0,49
	Linear	y=7687,4x - 23776	0,49
(L)	Exponencial	$y = 22033e^{0,1523x}$	0,62
	Linear	y = 14821x - 44623	0,61
	Polinomial	y = 54,584x2 + 13750x - 39449	0,61
	Logarítmica	y = 143278ln(x) - 225282	0,60
(C x L)	Linear	y = 452,5x + 27770	0,59
	Polinomial	y = 0,0288x2 + 443,1x + 28496	0,58
	Exponencial	$y = 46431e^{0,0046x}$	0,58
	Logarítmica	y = 69934ln(x) - 252616	0,58

De acordo com Maldaner et al. (2009) os modelos que utilizam somente a largura (L) ou o comprimento (C) são preferíveis, por utilizarem apenas uma das dimensões da folha. Com isso, há uma redução em 50% no número de medições de dimensão linear a serem realizadas a campo. No caso do boldo, os resultados obtidos com os modelos demonstram que deve ser optada apenas a dimensão da largura, sendo o modelo exponencial capaz de se ajustar ao efeito da modificação de formato das folhas ao longo do ciclo de cultivo. Além disso, a medição da largura está sujeita a um erro experimental menor do que a do comprimento.

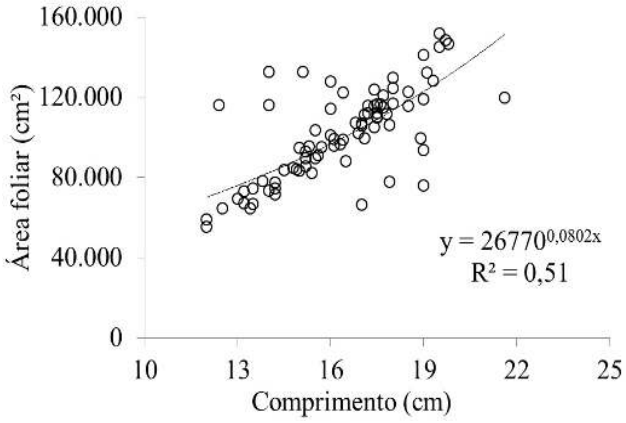
Resultados nesse sentido foram encontrados para a cultura do morangueiro (Pires et al., 1999), da bananeira 'prata-anã' (Zucoloto et al., 2008) e do feijoeiro comum (Figueiredo et al., 2012).

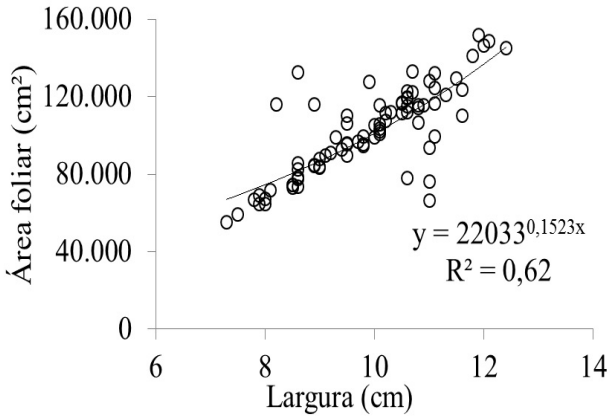
Estudos para estimativa da área foliar de diversas culturas por meio de modelos alométricos, utilizando o comprimento, a largura e

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

o produto do comprimento pela largura, são realizados, sendo as estimativas em que se utiliza apenas o comprimento ou a largura os mais indicados, pois diminuem assim, as chances de erros experimentais, uma vez que reduz o número de variáveis aferidas, além de otimizar o tempo de avaliação (Figueiredo et al., 2012).

A Figura 1 apresenta os gráficos de correlação da área foliar real pelos modelos de regressões que apresentaram o melhor R^2 para cada variável estudada, comprimento (C), largura (L) e produto do (C x L).





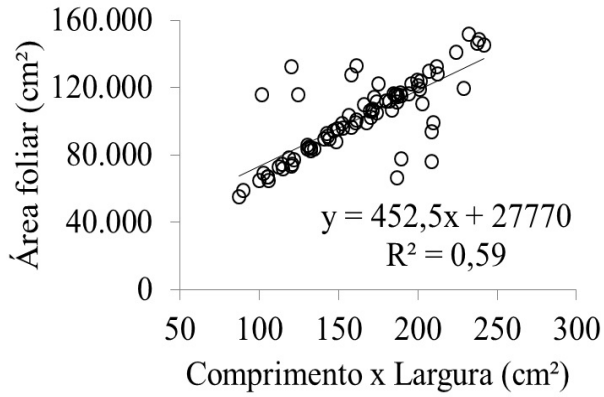


Figura 1. Regressões entre a área foliar real e o comprimento (C), largura (L) e produto do (C x L).

Os modelos que utilizaram apenas a largura do limbo foliar são os mais adequados para estimar a área das folhas do boldo, uma vez que apresentam maior correlação, ou seja, maior valor de R^2, além disso, a aferição de apenas uma medida na folha otimiza o tempo de trabalho e diminui as chances de erros por parte do responsável pelas aferições.

De modo geral, todos os modelos de estimativa de área foliar obtidos apresentaram baixos valores de R^2, esta variável matemática indica o quanto o modelo consegue explicar os valores observados, sendo, o melhor resultado obtido com o modelo exponencial, que apresentou maior precisão para estimar a área foliar das folhas do boldo, com R^2 de 0,62, isto significa que 62% da variável dependente consegue ser explicada pelos regressores presentes no modelo. Este resultado é considerado um valor baixo, pois quanto mais próximo de 1,00 (100%) for o R^2, mais explicativo será o modelo e melhor se ajustará aos resultados da amostra.

Apesar de baixa, a correlação obtida na estimativa da área foliar é considerada adequada, uma vez que o boldo é um arbustivo com folhas opostas cruzadas, com grande variedade quanto aos aspectos relacionados às formas alométricas do limbo foliar (Joly, 2002; Lorenzi & Matos, 2002).

Conclusões

A equação exponencial $y = 22033e^{0,1523x}$ foi o melhor modelo matemático para estimar a área foliar real do boldo (*Plectranthus ornatus*), com R^2 de 0,62.

Os modelos que utilizam apenas a largura (L) das folhas mostraram-se mais adequados para estimar a área foliar das folhas do boldo, uma vez que apresentam maior correlação, portanto, esse modelo poderia substituir outros métodos de medições foliares, uma vez que apresenta boa correlação, baixo custo e fácil aplicabilidade.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo - FAPES e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão de bolsas aos alunos.

Ao Laboratório de Fisiologia e Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES pelo apoio estrutural.

Referências

AMARAL, J. A. T.; AMARAL, J. F. T.; SCHILDT, E. R.; COELHO, R. I. Métodos de análise quantitativa do crescimento de plantas. In: FERREIRA, A. Tópicos especiais em produção vegetal I. Alegre, ES: UFES, Centro de Ciências Agrárias, 2009, p. 259-276.

AQUINO, L. A.; SANTOS JÚNIOR, V. C.; GUERRA, J. V. S.; COSTA, M. M. Estimativa da área foliar do girassol por método não destrutivo. **Bragantia**, v.70, n.4, p.832-836, 2011.

BORGHEZAN, M.; GAVIOLI, O; PIT, F. A.; SILVA, A. L. S. Modelos matemáticos para a estimativa da área foliar de variedades de videira a campo (*Vitis vinifera* L.). **Ciência e Técnica Vitivinícola**, v.25, n. 1, p.1-7, 2010.

CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Estimativa da área foliar de cinco espécies do gênero Amaranthus usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, v.25, p.317-324, 2007.

CORRÊA, A. D.; BATISTA, R. S.; QUINTAS, L. E. M. Plantas medicinais: do cultivo à terapêutica. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2003. 247 p.

FAGUNDES, J. D.; STRECK, N. A.; KRUSE, N. D. Estimativa da área foliar de *Aspilia montevidensis* (Spreng.) Kuntze utilizando dimensões lineares. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.56, n.3, p.266-273, 2009.

FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA Y GARCÍA, A.; VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, M. G. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.37, n.6, p.769-773, 2002.

FIGUEIREDO, E. S.; SANTOS, M. E.; GARCIA, A. Modelos de determinação não destrutivo da área foliar do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Nucleus**, v.9, n.1, p.79-84, 2012.

JOLY, A.B. Botânica: introdução à taxonomia vegetal. São Paulo: Nacional, 2002. 777 p

LIMA, C. J. D. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; OLIVEIRA FILHO, A. F. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v.21, n.1, p.120-127, 2008a.

LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre - ES. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, n.2, p.327-332, 2008.

LIMA, R. T.; SOUZA, P. J. O. P.; RODRIGUES, J. C.; LIMA, M. J. A. Modelos para estimativa da área foliar da mangueira utilizando medidas lineares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.4, p.974-980, 2012.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512 p.

MARACAJÁ, P. B.; MADALENA, J. A. S.; ARAÚJO, E.; LIMA, B. G; LINHARES, P. C. F. Estimativa de Área Foliar de Juazeiro por Dimensões Lineares do Limbo Foliar. **Revista Verde**, v.3, n.4, p.1-5, 2008.

MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D. P.; GUSE, F. I.; BERTOLUZZI, M. P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, v.39, p.1356-1361, 2009.

MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHAS, P. C.; CHIAVEGATO, E. J.; GUISELINI, C.;

SANTIAGO, A.V.; PRELA, A. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, v.64, n.1, p.15-24, 2005.

PIRES, C. M.; FOLEGATTI, M. V.; PASSOS, F. A. Estimativa da área foliar do morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v.17, n.2, p.86-90, 1999.

QUEIROGA, J. L.; ROMANO, E. D. U.; SOUZA, J. R. P.; MIGLIORANZA, E. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris L.*) por meio da largura máxima do folíolo central. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.1, p.64-68, 2003.

RAMOS, A.; BOVI, M. L. A.; FOLEGATTI, M.V.; DIOTTO, A. V. Estimativas da área foliar e da biomassa aérea da pupunheira por meio de relações alométricas. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.1, p.138-143, 2008.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G.; FANASCA, S.; KARAM, F. Leaf area estimation of sunflower leaves from simple linear measurements. **Photosynthetic**, v.45, n.2, p.306-308, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

ZUCOLOTO, M.; LIMA, J. S. S.; COELHO, R. I. Modelo matemático para estimativa da área foliar total de bananeira 'prata-anã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.4, p.1152-1154, 2008.