

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

### *Allometric models for estimating leaf area of hose by non destructive method*

Samuel Ferreira da Silva<sup>1\*</sup>, Patricia Alvarez Cabanez<sup>2</sup>, Rodolfo Ferreira de Mendonça<sup>1</sup>, Lucas Rosa Pereira<sup>2</sup>, José Augusto Teixeira do Amaral<sup>3</sup>

**Resumo:** A área foliar é uma das mais importantes medidas de avaliação do crescimento vegetativo; sendo assim, o conhecimento sobre tal aspecto permite estimar a perda de água por transpiração, devido às folhas serem os principais órgãos responsáveis pelas trocas gasosas entre a planta e o ambiente, tornando-se importante o seu estudo. Dessa forma, objetivou-se com a realização deste trabalho testar e obter o melhor modelo matemático para estimativa da área foliar da mangueira (*Mangifera indica* L.) cv. Haden em função das suas dimensões alométricas. Utilizou-se um pomar localizado na propriedade São Domingos, no município de Alegre, sul do Estado do Espírito Santo, onde foram coletadas 80 folhas de 20 mangueiras em outubro de 2013. As regressões foram determinadas considerando-se a área foliar real (AFR) como variável dependente, e o comprimento (C), a largura (L) e o produto das dimensões lineares (C x L) de cada folha, como variáveis independentes. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que a equação polinomial  $y = 4,7677x + 0,6934x - 0,0001x^2$  foi o melhor modelo matemático para estimar a área foliar da mangueira, com  $R^2$  de 0,97. Os modelos que utilizam C x L são os mais adequados para estimar a área das folhas da mangueira, uma vez que apresentam maior correlação.

**Palavras-chave:** Crescimento vegetativo. Dimensões foliares. *Mangifera indica* L. Modelos matemáticos.

**Abstract:** Leaf area is one of the most important measures for evaluating the vegetative growth, and that their knowledge allows estimating water loss through transpiration, due to the leaves being the main organ responsible for gas exchange between the plant and the environment, making it important to its study. Thus, we intended to test this work and get the best mathematical model to estimate leaf area of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden according to their dimensions Allometric. We used a greengrocer located in São Domingos property in the municipality of Alegre, southern Espírito Santo, which was collected 80 sheets of 20 hoses in October 2013. The regressions were determined considering the actual leaf area as the dependent variable and the length (L), width (W) and the product of the linear dimensions (L x W) of each sheet as independent variables. Based on these results, we conclude that the polynomial equation  $y = 4.7677 + 0.6934x - 0.0001x^2$  was the best mathematical model to estimate the leaf area of the hose, with  $R^2$  of 0.97. Models using the product L x W are best suited to estimate the leaf area of the hose, since the highest correlation.

**Key words:** Leaf dimensions. *Mangifera indica* L. Mathematical models. Vegetative growth.

\*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 01/06/2014 e aceito em 30/06/2014.

<sup>1</sup>Doutorando em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil, samuelfd.silva@yahoo.com.br, rfmendonca\_br@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Mestrando(a) em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil, patriciacabanez@gmail.com, lucasrosapereira@hotmail.com.

<sup>3</sup>Professor Associado, Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil, jata@cca.ufes.br.

## INTRODUÇÃO

A área foliar é uma das mais importantes medidas de avaliação do crescimento vegetal, em virtude de estar ligada ao incremento de matéria seca nas plantas. 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 dos frutos (MARACAJÁ *et al.*, 2008).

Além disso, o conhecimento sobre a área foliar permite a estimativa da perda de água por transpiração, devido às folhas serem os principais órgãos responsáveis pelas trocas gasosas, importante processo biológico entre as plantas e o ambiente, e pelo processo fotossintético que depende da absorção da energia luminosa e sua conversão em energia química (FAVARIN *et al.*, 2002).

Vários métodos têm sido utilizados para a medição da área foliar, sendo os modelos matemáticos os mais utilizados devido ao seu baixo custo, pois é preciso apenas uma régua graduada para se medir as dimensões foliares, visto que essa técnica envolve medições lineares, tais como comprimento foliar ou largura foliar (ou alguma combinação dessas variáveis), e, geralmente, tem boa precisão para estimar a área foliar real (BLANCO; FOLEGATTI, 2005; AMARAL *et al.*, 2009) e o fator de correção, que estima a área real de qualquer outra folha da mesma espécie, ao ser multiplicado pelo produto de suas dimensões foliares (CLEMENTS; GOLDSMITH, 1924; DARROW, 1932; BARROS *et al.*, 1973).

Foram desenvolvidas equações que relacionam o comprimento, a largura da folha, ou ambos, para algumas culturas, como café (FAVARIN *et al.*, 2002), feijão-vagem (QUEIROGA *et al.*, 2003), algodão (MONTEIRO *et al.*, 2005), girassol (ROUPHAEL *et al.*, 2007), juazeiro (MARACAJÁ *et al.*, 2008) e mangueira (LIMA *et al.*, 2012). No entanto, as pesquisas desenvolvidas sobre a estimativa da área foliar da mangueira ainda são um tema em aberto, necessitando de mais estudos com a própria cultura em questão, com diferentes cultivares e diferentes locais de estudo, conforme salientam Lima *et al.* (2012).

Sendo assim, objetivou-se com a realização deste trabalho testar e obter o melhor modelo matemático para estimativa da área foliar da mangueira (*Mangifera indica* L.) cv. Haden em função das suas dimensões alométricas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Em outubro de 2013, foram coletadas 80 folhas de 20 árvores em um pomar, localizado na propriedade São Domingos, no município de Alegre (ES), situado na latitude 20°44'50" S e longitude 41°32'54" W e altitude média em torno de 974 m e declividade em torno de 15%.

O clima da região, segundo a classificação internacional de Köppen, é do tipo Cwa, isto é, tropical quente e úmido, com inverno frio e seco, temperatura anual média de 23,1°C e precipitação total anual média de 1.341 mm (LIMA *et al.*, 2008).

A definição do número de árvores e folhas amostradas está de acordo com a metodologia adotada por Lima *et al.* (2012), no estudo de modelos para estimar a área foliar de mangueiras. Todas as folhas foram colhidas em árvores que recebiam os mesmos tratamentos técnicos. É importante salientar que todas as folhas utilizadas não apresentavam nenhum dano ou ataque de doenças ou pragas.

Logo após a retirada total das folhas, elas foram devidamente contadas. Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos plásticos e rapidamente conduzidas ao Laboratório de Fisiologia e Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), onde foram determinadas as dimensões, o maior comprimento (C) e a maior largura (L) do limbo foliar com o uso de uma régua graduada em mm. O 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 L, considerada na parte mediana da folha. Após a determinação do C e da L máxima, realizou-se a obtenção da estimativa da área foliar real (AFR) de cada folha, utilizando-se o medidor Licor Modelo LI-3100 e o *f*, que é o quociente entre a área real e o produto do C pela L máxima.

As regressões foram determinadas considerando-se a área foliar real de cada folha como variável dependente, e o maior C, a maior L do limbo foliar e o produto das dimensões lineares (C x L), como variáveis independentes.

Para a escolha do modelo matemático na determinação da área foliar real, 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 a C, L, C x L do limbo foliar, área foliar real e *f*, com seus respectivos desvios-padrões, bem como as dimensões máximas e mínimas do limbo foliar.

Observa-se alto desvio-padrão em relação às médias obtidas para as variáveis estudadas, devido à utilização de um número grande de árvores, bem como na colheita de folhas de tamanhos variados, o que é perceptível quando comparados os valores máximo e mínimo.

Resultados semelhantes aos obtidos no presente trabalho foram encontrados por Araújo *et al.* (2005) estimando a área foliar de cultivares de mangueira por meio de modelos matemáticos.

Em trabalho com o intuito de estimar a área foliar de mangueiras realizado por Lima *et al.* (2012) foram

**Tabela 1** - Média, desvio-padrão, valores máximo e mínimo para comprimento, largura, produto das dimensões lineares, área foliar real e o fator de correção da mangueira (*Mangifera indica* L.) cv. Haden

**Table 1** - Mean, standard deviation, maximum and minimum values for length, width, product of the linear dimensions, real leaf area and the correction factor of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden

Variáveis/unidades	Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
(C) cm	21,90	5,18	33,60	7,50
(L) cm	5,80	1,28	9,00	2,80
(C x L) cm <sup>2</sup>	126,05	54,40	282,60	28,56
(AFR) cm <sup>2</sup>	90,56	36,30	188,53	21,04
(f)	0,73	0,12	1,74	0,61

C = comprimento; L = largura; C x L = produto das dimensões lineares; AFR: área foliar real; f = fator de correção.

C = length; L = width; C X L = product of the linear dimensions; AFR: real leaf area; f= correction factor.

**Tabela 2** - Modelos de regressões e os coeficientes de determinação obtidos na estimativa da área foliar real em função do comprimento, da largura e do produto das dimensões lineares para mangueira (*Mangifera indica* L.) cv. Haden

**Table 2** - Regression models and determination coefficients obtained on the estimate of the real leaf area as a function of length, width and product of the linear dimensions for mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden

Variável	Modelo	Equação	R <sup>2</sup>
(C)	Polinomial	$y=0,0142x^2+6,1902x-49,444$	0,86
	Exponencial	$y=14,282e^{0,0817x}$	0,85
	Linear	$y=6,3632x-45,265$	0,83
	Logarítmica	$y=140,11\ln(x)-335,41$	0,83
(L)	Polinomial	$y=0,8569x^2+16,855x-34,186$	0,89
	Linear	$y=26,813x-61,745$	0,88
	Exponencial	$y=13,3e^{0,3221x}$	0,87
	Logarítmica	$y=141,9\ln(x)-151,99$	0,84
(C x L)	Polinomial	$y=-0,0001x^2+0,6934x+4,7677$	0,97
	Linear	$y=0,6587x+6,9081$	0,96
	Logarítmica	$y=72,33\ln(x)-252,32$	0,88
	Exponencial	$y=31,813e^{0,0076x}$	0,87

C = comprimento; L = largura; C x L = produto das dimensões lineares; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

C = length; L = width; C X L = product of the linear dimensions; R<sup>2</sup> = coefficient of determination.

encontradas diferenças das áreas foliares, bem como nas demais variáveis estudadas, sendo essas associadas a diferentes condições climáticas, idade das folhas, características nutricionais e de desenvolvimento do pomar. Isso explicaria os diferentes valores de correção para a mangueira nos trabalhos de Prasada *et al.* (1994), Araújo *et al.* (2005) e Lima *et al.* (2012), que obtiveram valores de 0,86; 0,74 e 0,71, respectivamente.

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

Na Tabela 2 estão os modelos de regressão obtidos com os respectivos valores de R<sup>2</sup> para a AFR em relação às variáveis estudadas.

O modelo que utilizou o C x L como variável independente apresentou valor de R<sup>2</sup> superior aos dos modelos que utilizaram apenas uma das dimensões, indicando que a estimativa da área de folhas de mangueira pelo produto das dimensões lineares é a mais adequada em relação às variáveis utilizadas isoladamente. Esse resultado pode ser justificado devido à mangueira ser uma espécie que não apresenta polimorfismo foliar em diferentes idades das folhas e fases de desenvolvimento da planta, sendo suas folhas de formato lanceolado durante todo o ciclo da cultura (CUNHA *et al.*, 2002; LIMA *et al.*, 2012).

Araújo *et al.* (2005), realizando estudos com as cultivares de mangueira Tommy Atkins e Haden para a estimativa da área foliar por meio de modelos matemáticos, utilizando C, L e C x L, também verificaram que as estimativas em que se utilizou o C x L apresentaram maior precisão, com

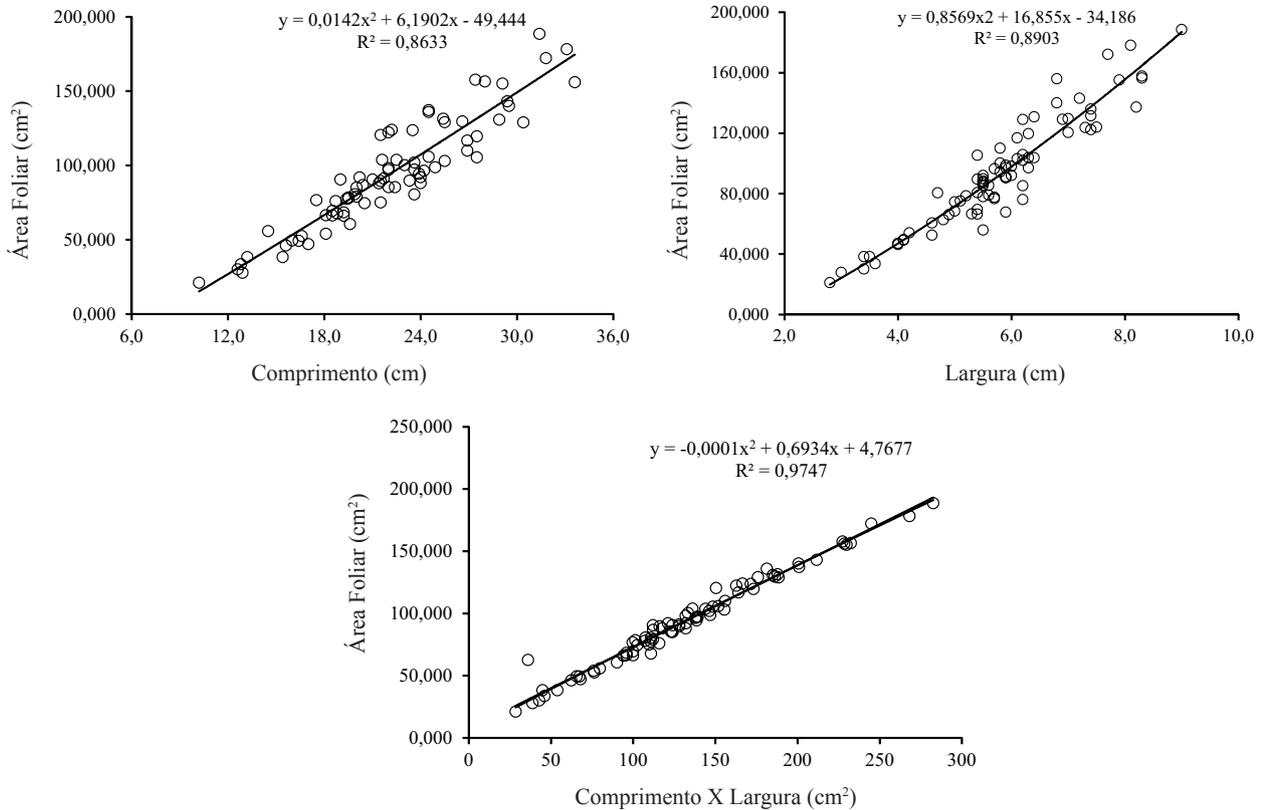


Figura 1 - Regressão polinomial entre área foliar real e comprimento, largura e produto das dimensões lineares de mangueira (*Mangifera indica* L.) cv. Haden.

Figure 1 - Polynomial regression between actual leaf area and length, width and the product of the linear dimensions for mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden.

valor de  $R^2$  igual a 0,99 para a cv. Haden e de 0,93 para a cv. Tommy Atkins, e encontraram menor precisão quando utilizaram apenas uma das medidas lineares.

Na Figura 1 é possível observar as correlações da área foliar pelos modelos de regressões utilizados em relação às variáveis estudadas (C, L e C x L) que apresentaram o melhor  $R^2$ .

Os modelos que utilizam C x L são os mais adequados para estimar a área das folhas da mangueira, uma vez que apresentam maior correlação. Zucoloto *et al.* (2006), estudando a estimativa da área foliar para goiabeira, e Almeida *et al.* (2006), em estimativa para a gravioleira, também concluíram que os melhores resultados estimados foram obtidos quando foi utilizado C x L.

De modo geral, apesar de todos os modelos de estimativa de área foliar obtidos apresentarem valores de  $R^2$  maiores do que 0,86, o melhor resultado foi obtido com o modelo polinomial, pois apresentou maior precisão para estimar a área foliar das folhas de mangueira, com  $R^2$  de 0,97, considerado como valor adequado por Maldaner *et al.* (2009) no estudo de determinação da área foliar.

## CONCLUSÕES

A equação polinomial  $y = 4,7677 + 0,6934x - 0,0001x^2$  foi o melhor modelo matemático para estimar a área foliar da mangueira (*Mangifera indica* L.) cv. Haden, com  $R^2$  de 0,97.

Os modelos que utilizam C x L são os mais adequados para estimar a área das folhas da mangueira, uma vez que apresentam maior correlação.

## 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.

## LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

- ALMEIDA, G. D.; SANTOS, J. G.; ZUCOLOTO, M.; VICENTINI, V. B.; MORAES, W. B.; BREGONCIO, I. S.; COELHO, R. I. Estimativa de área foliar de gravioleira por meio de dimensões foliares do limbo foliar. **Revista Univap**, v. 13 n. 24, p. 14-20, 2006.
- 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.; LIMA, A. B. P.; MATTA, F. P.; AMARAL, J. A. T.; LOPES, J. C.; PEZZOPANE, J. E. M.; FERREIRA, M. F. S.; POLANCZYK, R. A.; SOARES, T. C. B. (Orgs.). **Tópicos especiais em produção vegetal I**. Alegre: UFES, 2009. p. 259-276.
- ARAÚJO, E. C. E.; SANTOS, E. P.; PRADO, C. H. B. A. Estimativa da área foliar da mangueira (*Mangifera indica* L.) cvs. Tommy Atkins e Haden, utilizando dimensões lineares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 308-309, 2005.
- BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, J.; BRAGA FILHO, L. J. Determinação da área foliar do café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Estimation of leaf for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. **Scientia Agrícola**, v. 62, n. 4, p. 305-309, 2005.
- 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.
- CLEMENTS, F. E.; GOLDSMITH, G. W. **The phytometer method in ecology**. Washington: Carnegie Inst. Washington, 1924. 250 p.
- CUNHA, G. A. P.; PINTO, A. C. Q.; FERREIRA, F. R. Origem, Dispersão, Taxonomia e Botânica. In: GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. A. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 31-36.
- DARROW, G. M. Methods of measuring strawberry leaf areas. **Plant Physiology**, v. 7, p. 745-747, 1932.
- 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**, v. 37, n. 6, p. 769-773, 2002.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- PRASADA, R. G. S. L. H. V.; SIBY, S.; RAO, G. L. S. H. V. P.; SEBASTIAN, S. Estimation of leaf area in tree crops. **Journal of Plantation Crops**, v. 22, n. 1, p. 44-46, 1994.
- 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.
- ROUPHAEL, Y.; COLLA, G.; FANASCA, S.; KARAM, F. Leaf area estimation of sunflower leaves from linear measurements. **Photosynthetica**, v. 45, n. 2, p. 306-308, 2007.
- ZUCOLOTO, M.; SANTOS, J. G.; BREGONCIO, I. S.; ALMEIDA, G. D.; VICENTINI, V. B.; MORAES, W. B.; COELHO, R. I. Estimativa de área foliar de goiaba por meio de dimensões foliares do limbo foliar. **Revista Univap**, v. 13, n. 24, p. 1-4, 2006.