



## AJUSTE E VALIDAÇÃO DE MODELOS PREDITORES DE ÁREA FOLIAR DO FOLÍOLO DE FEIJOEIRO

Ânderson Takashi Hara<sup>1</sup>; Jhonatan Monteiro de Oliveira<sup>4</sup>; André Maller<sup>1</sup>; Eduardo Carrara Silva<sup>2</sup>; Renan Soares de Souza<sup>1</sup>; Antônio Carlos Andrade Gonçalves<sup>3</sup>

**RESUMO:** A área foliar é uma variável utilizada por pesquisadores na correlação a capacidade de produção de fotossimilados, potencial evapotranspiratório e determinação do estágio do desenvolvimento vegetativo. O objetivo desse trabalho foi ajustar e validar modelos preditores para a determinação da área foliar de folíolos de feijoeiro comum. O experimento foi realizado no campo coletando plantas de feijão e separando todos os folíolos da mesma. Cada folíolo foi medido a largura e o comprimento do folíolo e determinado à respectiva área foliar. Por meio de método de regressão foi ajustado diferentes modelos e cada modelo foi validado por diversos índices estatísticos. Por meio dos resultados estatísticos permite-se concluir que é possível estabelecer uma relação funcional da área foliar do folíolo utilizando medidas lineares, com precisão, exatidão, sem viés e reduzido erro durante a estimativa da variável dependente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Área foliar, índice de concordância, viés.

### 1. INTRODUÇÃO

A área foliar é uma variável de relevância na pesquisa científica, uma vez que essa variável é utilizada em estudos agrônomicos e fisiológicos (Zucoloto et al., 2008), como na medida do crescimento das plantas (Zucoloto et al., 2008), para a predição da produção da fotossíntese primária (SADIK et al., 2011) e a realização de correlação com variáveis de interesse agrônomico.

No processo de estimativa de área foliar, quanto ao método de estimativa pode ser classificada em métodos destrutivos e não destrutivos (Olfati et al., 2010). Os métodos destrutivos exigem a retirada da folha ou outras estruturas, o que muitas vezes não é possível devido à limitação do número de plantas na parcela experimental (Adami et al., 2008). A importância de se adotar um método não-destrutivo é que ele permite acompanhar o crescimento e a expansão foliar da mesma planta até o final do ciclo ou do ensaio, além de ser rápido e preciso (Bianco et al., 2002).

Como alternativa aos métodos destrutivos, tem-se a estimativa indireta da área foliar, por meio de variáveis da folha que apresentem dependência linear com a superfície da mesma, servindo-se para tal das técnicas de integração numérica. Métodos não-destrutivos para estimar a área foliar, são rápidos, fáceis de serem executados e com

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutorando do Programa de Pós Graduação em Agronomia, UEM, Maringá – Paraná.

<sup>2</sup> Aluno de Engenharia Agrônômica da Universidade Estadual de Maringá, bolsista do Programa de Bolsas de Iniciação Científica, UEM. edu\_carrara@hotmail.com

<sup>3</sup> Engenheiro Agrícola, Professor da Universidade Estadual de Maringá

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UEM, Maringá- Paraná.

graus aceitáveis de precisão (SILVA et al., 1998).

O uso de modelos para estimar a área foliar é simples, rápido, preciso e confiável (TOEBE et al., 2010).

O objetivo desse trabalho foi ajustar e validar diferentes modelos matemáticos que estimem a área foliar do folíolo do feijoeiro por meio de medidas lineares.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do presente trabalho foi conduzida a cultura do feijão no Centro Técnico de Irrigação da Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, em um NITOSSOLO Vermelho distroférico. Utilizou-se a cultivar de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) IPR Tangará, grupo carioca, com hábito de crescimento indeterminado e ciclo médio de 87 dias a partir da emergência. A semeadura foi realizada no dia 4 de setembro de 2012. Adotou-se um espaçamento de 0,50 m na entre linha e 12 plantas por metro na linha, totalizando 24 plantas por metro quadrado. A área experimental apresentou dimensões de 13 x 13 m.

A coleta dos dados foi realizada entre os dias 22 de outubro de 2012 e 16 de novembro de 2012. Todos os folíolos íntegros de cada planta foram processados, compondo um total de 4397 dados experimentais. Para cada folíolo processado foi medido a área (cm<sup>2</sup>), o comprimento (cm) e largura (cm) do folíolo. Para a medida do comprimento considerou-se as extremidades da inserção do pecíolo até o final da nervura central. Para a medida da largura, tomou-se a maior medida perpendicular à nervura central.

A área foliar do folíolo foi determinada por meio do método da imagem digital de acordo com a metodologia de Godoy et al.; (2007), utilizando o software QUANT (Vale et al., 2003). A captura de imagens foi realizada por meio de uma câmera fotográfica digital Sony P100 com resolução de 5,1 mega pixels.

A altura da máquina fotográfica em relação à folha foi padronizada em 0,25 m. Utilizou-se um fundo branco sob a superfície transparente que sustentava o folíolo. Uma superfície de vidro com dimensões 0,25 x 0,25 m e espessura de 5 mm foi colocado sobre o folíolo para a planificação do mesmo.

Foram utilizados 2198 dados para o ajuste dos modelos e 2199 para a validação, selecionados de forma aleatória. Considerando que a área do folíolo medida (AFM) é uma variável dependente, e as variáveis comprimento (C) e a largura (L) do folíolo, como variáveis independentes, foram ajustados 4 modelos utilizando 2198 conjunto de dados.

Os modelos ajustados são descritos abaixo

$$AFM = a + bC + dC^2 \quad (1)$$

$$AFM = a + bL + dL^2 \quad (2)$$

$$AFM = a + bCL \quad (3)$$

$$AFM = a + bC + dL + eCL \quad (4)$$

Em que:

AFM- área do folíolo medida (cm<sup>2</sup>);

C- comprimento do folíolo (cm);

L- largura do folíolo (cm);

a, b, d, e - coeficientes do modelo.

Na etapa de validação dos modelos foi utilizado os índices estatísticos coeficiente de correlação (r), índice de exatidão (d), índice de confiança (c) de acordo com Camargo & Camargo, 2000, erro médio (EM) e o Erro médio absoluto (EMA).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são mostrados a os coeficientes dos modelos e o coeficiente de determinação do modelo. Pode se observar que os modelos mais precisos, expressos pelo coeficiente de determinação, são os que utilizam as medidas lineares comprimento e a largura do folíolo.

**Tabela 1.** Coeficiente dos modelos e coeficiente de determinação.

Modelo	Coeficientes				Coeficiente de Determinação
	a	b	d	e	
1*	-16,1001	5,251514	-	-	0,93
2*	-13,9705	6,675323	-	-	0,94
3*	-13,97	6,67532	-	-	0,99
4*	0,230969	-0,80561	1,030211	0,494184	0,99

\*significativos a 5% pelo teste F.

Na Tabela 2 observa-se o coeficiente de correlação, índice de concordância, índice de confiança, erro médio, erro médio absoluto dos modelos ajustados. Observa-se que os modelos 3 e 4 foram que apresentaram maior valor c, demonstrando uma elevada precisão e exatidão, no entanto para o modelo 3 apresentou melhor desempenho no quesito EM e EMA.

Observa-se que o modelo 3 apresenta o menor viés entre os quatros modelos de acordo com o EM e também a menor magnitude do erro expresso pelo EMA. Modelos lineares que utilizam como variável independente o produto C e L tem sido recomendado por diversos autores e em diversas culturas, como pode ser observado nos trabalhos de Bianco et al. (2002) em *Cissampelos glaberrima*; Queiroga et al. (2003) em *Phaseolus vulgaris* L.

**Tabela 2.** Coeficiente de correlação, índice de concordância, índice de confiança, erro médio e erro médio absoluto dos modelos

Modelo	r	d	c	EM	EMA
1	0,96	0,98	0,95	-0,56	2,16
2	0,97	0,98	0,95	-1,14	3,02
3	0,99	1,00	0,99	-0,20	1,01
4	0,99	1,00	0,99	-0,29	1,02

### 4. CONCLUSÃO

É possível a utilização de modelos matemáticos para estimar a área de folíolo de feijoeiro com precisão, exatidão e com mínimo viés.

Recomenda-se a utilização do modelo 3 para a estimativa de área foliar de folíolos de feijoeiro.

## 5. REFERÊNCIAS

- ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAN, D. L.; FARIA, R. T. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Braganita**, Campinas, v.27, n.4, p.1053-1058, 2008.
- BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; CARVALHO, L. B. Estimativa da área foliar de *Cissampelos glaberrima* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.20, n.3, p.353-356, 2002.
- BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; CARVALHO, L. B. Estimativa da área foliar de *Cissampelos glaberrima* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.20, n.3, p.353-356, 2002.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v.59, n. 2, p. 125-137, 2000.
- GODOY, L. J. G.; YANAGIWARA, R. S.; BÔAS, R. L. V.; BACKES, C.; LIMA, C. P. Análise da imagem digital para estimativa da área foliar em plantas de laranja "Pêra". **Rev. Bras. Frutic.**; Jaboticabal, v.29, n.3, p.420-424, 2007.
- OLFATI, J. A.; PEYVAST, G. H.; SHABANI, H.; NOSRATIE-RAD, Z. Na estimation of individual leaf area in cabbage na broccoli using non destructive methods. **Journal Agriculture Science Tech.** v.12, p. 627-632, 2010.
- 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**, Brasília, v.21, n.1, p.64-68, 2003.
- SADIK, S. K.; AL-TAWEEL, A. A.; DHYEAB, N. S. New computer program for estimating leaf area of several vegetable crops. **American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture**, v. 5, n. 2, p. 304-309, 2011.
- SILVA, N. F. da.; FERREIRA, F. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A. Modelos para estimar a área foliar de abóbora por meio de medidas lineares. **Revisata Ceres**, v.45, n. 259, p.287-291, 1998.
- TOEBE, M.; BRUM, B.; LOPES, S. J.; FILHO, A. C.; SILVEIRA, T. R. Estimativa da área foliar de *Crambe abyssinica* por discos foliares e por fotos digitais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.2, p.475-478, 2010.
- VALE, F. X. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; LIBERATO, J. R.; ZAMBOLIM, L. Quant - A software to quantify plant disease severity. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PLANT DISEASE EPIDEMIOLOGY; **The International Society of Plant Pathology, 2001**, Ouro Preto, Brazil, Proceedings vol.8, pp. 160.