

ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE ÁREA FOLIAR EM BETERRABA

Saulo de Tarcio Pereira Marrocos

Pós-Graduando em Fitotecnia - UFERSA - Departamento de Ciências Vegetais E-mail: saulotpm@yahoo.com.br

Mara Suyane Marques Dantas

Pós-Graduanda em Fitotecnia - UFERSA - Departamento de Ciências Vegetais

Jeferson Luiz Dollabona Dombroski

Prof. D. Sc. do Departamento de Ciências Vegetais – UFERSA E-mail: jeferson@ufersa.edu.br

Rafaella Rayane Macedo de Lucena

Pós-Graduanda em Fitotecnia - UFERSA - Departamento de Ciências Vegetais

Thaíza Mabelle de Vasconcelos Batista

Pós-Graduanda em Fitotecnia - UFERSA - Departamento de Ciências Vegetais

RESUMO - O presente trabalho, realizado no Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, teve como finalidade avaliar a precisão de cinco métodos de estimativa de área foliar na cultura da beterraba. Foram utilizadas 30 folhas sem limbo, retiradas aleatoriamente do campo. As folhas foram coletadas aos 45 dias após o transplante. Os métodos de estimativa de área foliar utilizados foram: método dos discos foliares, comprimento x largura, método dos quadrados, fotografia, scanner, integrador de área foliar. Os métodos avaliados foram comparados com o método considerado de referência (scanner), com base no critério de coeficiente de determinação da regressão linear (R^2). O método que mais se aproximou da área foliar de referência foi o método dos quadrados, que proporcionou um coeficiente de regressão $R^2 = 0,9836$.

Palavras-chave: *Beta vulgaris* L, métodos destrutivo e não destrutivo, análise de crescimento.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA ÁREA DE LA HOJA DE REMOLACHA

RESUMEN - Este estudio, realizado en el Departamento de Ciencias Vegetales de la Universidad Federal Rural do Semi-Árido, el objetivo de evaluar la exactitud de los cinco métodos para estimar el área foliar en el cultivo de la remolacha. 30 hojas se han utilizado sin el limbo, tomadas al azar en el campo. Las hojas se cosecharon a los 45 días después del trasplante. Los métodos para estimar el área foliar se utilizaron: el método de discos de hojas, largo x ancho, método de los cuadrados, de fotos, escáner, medidor de área foliar. Los métodos de prueba se compararon con el método de referencia (escáner), con base en el criterio del coeficiente de determinación de la regresión lineal (R^2). El método que está más cerca del área de la hoja de referencia era el método de cuadrados, lo que proporciona un coeficiente de regresión $R^2 = 0.9836$.

Palabras clave: *Beta vulgaris* L, los métodos destructivos y no destructivos, análisis de crecimiento.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF ESTIMATION LEAF AREA BEET

ABSTRACT - This work was conducted at the Department of Plant Sciences, Rural Federal University of Semi-Arid Region, aimed at evaluating the accuracy of five methods for estimating leaf area in sugar beet growing. 30 leaves were used without limbo, taken randomly from the field. The leaves were harvested at 45 days after transplanting. The methods for estimating leaf area were used: method of leaf discs, length x width, squares, photo, scanner, a leaf area meter. All methods were compared with the reference method (scanner), based on the criterion of determination coefficient of linear regression (R^2). The method that is closer to the leaf area of reference was the method of squares, which provided a regression coefficient $R^2 = 0,9836$.

Keywords: *Beta vulgaris* L, methods destructive and nondestructive, growth analysis.

INTRODUÇÃO

A beterraba de mesa ou hortícola (*Beta vulgaris* L.) destaca-se, dentre as hortaliças, por sua composição nutricional, sobretudo em açúcares, e pelas formas de consumo da raiz tuberosa, além das folhas (AQUINO et al., 2006).

A área foliar representa o aparato de interceptação de luz para a fotossíntese e é uma característica utilizada em análises do crescimento vegetal, podendo ser estimada por métodos destrutivos e não-destrutivos. A partir da estimativa da área foliar é possível chegar a algumas variáveis ecofisiológicas como razão de área foliar, taxa de crescimento foliar relativo, entre outras, que permitem inferir sobre eficiência fotossintética, padrões de crescimento e desenvolvimento e quantificação de variações no crescimento das plantas devido a diferenças genéticas ou ambientais (FONSECA e CANDÉ, 1994).

Os métodos não-destrutivos mais utilizados são os de estimativa da área foliar por meio de equações de regressão entre a área foliar real e os parâmetros dimensionais lineares da folhas (BIANCO et al, 2002), e um método padrão, realizado em laboratório (BARROS et al, 1973; PINTO et al., 1979) ou através de um fator de correção (K), calculado através do quociente entre o somatório das áreas calculadas pelo método padrão e o somatório das áreas pelas medidas lineares das folhas (BARROS et al., 1973).

Dentre os métodos destrutivos ou de laboratório estão os métodos de pesagem os discos foliares, onde a área foliar real é estimada através de valores com área conhecida e do peso do restante da folha, integrador de área foliar, scanner, fotografia, métodos das medidas lineares, métodos das figuras geométricas. A escolha do método a ser utilizado depende do objetivo do trabalho, do grau de precisão desejado, do tamanho da amostra, da morfologia das folhas, dos equipamentos disponíveis, dos

custos envolvidos e do tempo que poderá ser despendido (COELHO FILHO et al., 2005).

Desse modo a determinação da área foliar na cultura da beterraba é fundamental para estudar aspectos fisiológicos que envolvam análise de crescimento, fotossíntese e transpiração, contribuindo assim para melhorar a eficiência produtiva da cultura. Diante desse contexto o objetivo do trabalho foi determinar a precisão e identificar qual o método de determinação de área foliar ideal para a cultura da beterraba.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de biotecnologia vegetal, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, localizado no município de Mossoró que está situado a 18 m de altitude, a 5°11' de latitude sul e 37°20' de longitude oeste.

A beterraba cultivar Early foi semeada a um espaçamento de 20 cm entre linhas e 10 cm entre plantas. O desbaste foi realizado aos 10 dias após a semeadura deixando apenas uma planta por cova. Para realização da análise comparativa dos métodos de área foliar foram utilizadas 30 folhas sem limbo, retiradas aleatoriamente do campo. As folhas foram coletadas aos 45 dias após o transplantio e em seguida, foram acondicionadas em caixa de isopor contendo gelo para evitar a sua desidratação.

A análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar contou com os seguintes métodos: método dos discos foliares, comprimento x largura, método dos quadrados, fotografia, scanner, integrador de área foliar.

O método dos discos foliares foi realizado a partir de amostras de discos retirados de diferentes porções da folha, por meio de um perfurador com 20 mm de diâmetro. A área foliar (AF) foi obtida pelo produto entre a área total dos discos e o peso seco total das folhas, dividido pelo peso médio dos discos (FERNANDES, 2000).

$$AF = \frac{\text{Área do disco (cm}^2\text{)} \times \text{Peso seco total das folhas (g)}}{\text{Peso médio dos discos (g)}} \text{ (cm}^2\text{)}$$

As medidas do comprimento e da largura da folha (C x L) foram obtidas através de uma régua graduada em milímetros, medindo-se a maior largura do limbo e o comprimento do ápice até junção do limbo com o pecíolo, conforme usado por Robnis e Pharr (1987). A área foliar do limbo foi calculada com base no comprimento (C) e na largura (L) do limbo, e um fator de forma "f" ($AF = f \times C \times L$). O fator de forma "f" foi determinado pela análise de regressão simples entre a área de uma amostra de folhas e o produto de suas dimensões.

O método dos quadrados foi realizado com o auxílio de uma prancheta transparente contendo quadrados de área conhecida de 1,56 cm². A área da referida figura foi determinada matematicamente a partir do prévio conhecimento de suas dimensões, com o uso das seguintes

equações: $Quadrado = L \times L$. A área foliar foi estimada contando o número de quadrados preenchidos pela folha.

A análise com os métodos de fotografia e scanner teve o auxílio de uma régua graduada em milímetros, onde as imagens em cada método foram analisadas pelo programa computacional SigmaScan Pro 5, o qual reconhece o limbo foliar e, utilizando a referência de comprimento presente na foto, calcula a área da folha. No mesmo programa tomaram-se também as medidas da folha (largura e comprimento da nervura principal). Considerou-se como tamanho da nervura principal a distância entre o ponto de inserção do pecíolo e a extremidade inferior da folha. Como largura considerou-se a maior dimensão aproximadamente perpendicular à nervura principal.

Para determinação da área foliar pelo método do integrador, utilizou-se o modelo LI 3100 da LICORÂ.

Os dados foram submetidos à análise de regressão. Os métodos utilizados foram comparados com o método de referência (scanner), baseado no critério de coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Método dos Discos Foliare

O método dos discos apresentou um coeficiente de determinação superior a 0,85 ($R^2 = 0,8743$), mostrando ser um método eficiente no uso da área foliar da folha de beterraba (Figura 1).

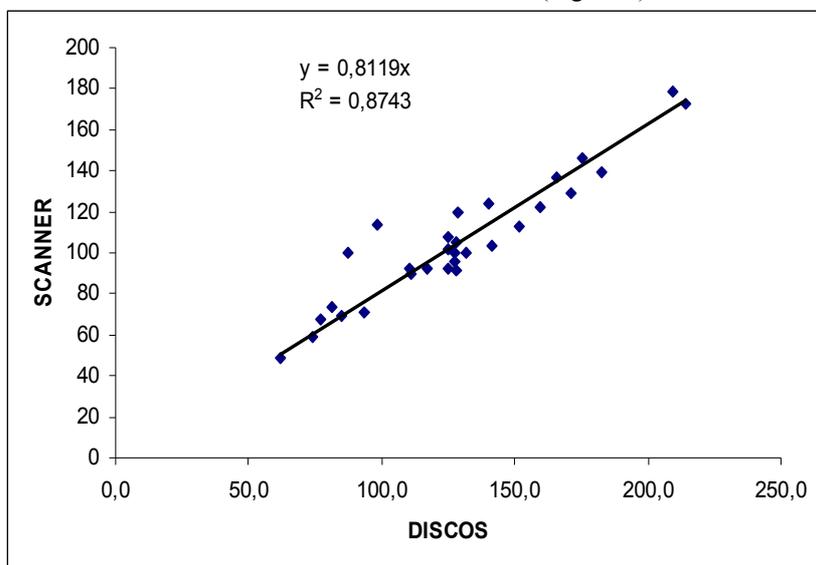


Figura 1. Representação gráfica da área foliar de *Beta vulgaris* e da equação de regressão indicada para a estimativa da área foliar, em função da área determinada pelo método dos discos foliares.

Devido a suas características morfológicas, como por exemplo, nervuras salientes pelo limbo foliar, e os discos não terem sido retirados do mesmo local em todas as folhas pode ter ocasionado uma diminuição do R^2 ficando inferior a 0,90. Norman e Campbell (1989), recomenda que o disco foliar seja retirado de uma porção da folha onde a relação peso da matéria seca/área seja igual à média de toda a folha.

Gondin et al. (2009) avaliando métodos para estimar área foliar no algodoeiro observou que os métodos que mais se distanciaram da média foram os que usaram o tecido vegetal (74,89 e 102,12, para disco e retângulo). Este resultado, provavelmente é devido a pequenos ajustes milimétricos nas leituras, considerando a dificuldade em se expandir as áreas foliares em questão, ou até mesmo a irregularidade do corte do perímetro da amostra, ou do limbo. Concluindo assim que para o algodoeiro o método do disco não apresentou confiança na área foliar calculada.

Mielke (1995) trabalhando com fruteiras silvestres observou que o método dos discos foliares subestimou as áreas foliares nas espécies em que foi

testado. Somente para a goiabeira serrana as áreas calculadas através de discos retirados da porção apical das folhas não diferiram significativamente das áreas calculadas através do medidor automático de área foliar.

Já em cafeeiro e goiabeira os discos foliares retirados das porções basais, medianas e apicais mesmo não diferindo significativamente do método padrão utilizado (fotocópia), superestimaram a área foliar (GOMIDE et al.,1977; PINTO et al.,1979).

Sendo assim, o método dos discos é um método variável de acordo com a espécie utilizada e deve sempre ser comparado a outros métodos, levando-se em conta as características morfológicas da espécie em estudo.

Método Comprimento x Largura

Em folhas de beterraba este método apresentou um coeficiente de determinação superior a 0,90 ($R^2 = 0,9046$), comprovando a eficiência do seu uso. Este método é muito utilizado pelo fato de ser um método não destrutivo e apresentar valores satisfatórios da área foliar.

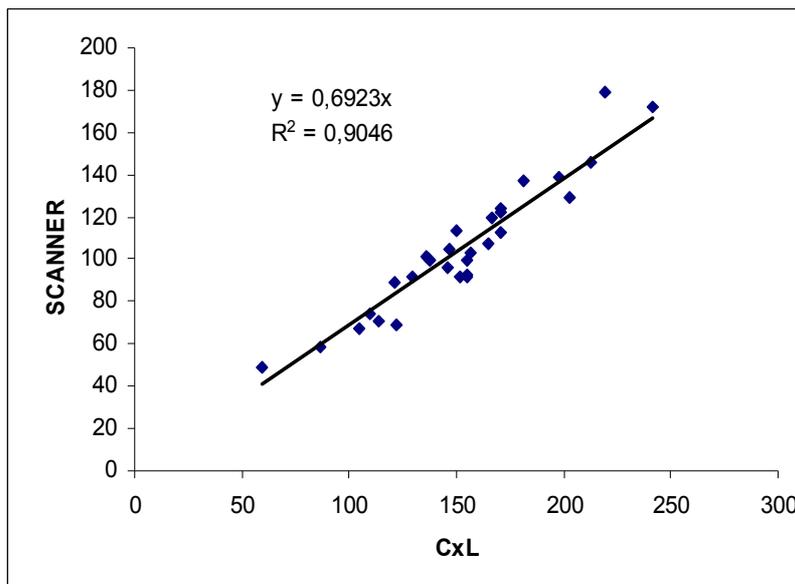


Figura 2. Representação gráfica da área foliar de *Beta vulgaris* e da equação de regressão indicada para a estimativa da área foliar, em função da área determinada pelo método comprimento x largura.

Resultados semelhantes foram encontrados por Monteiro et al (2005) trabalhando com folhas de algodoeiro. Observaram que a área foliar do algodoeiro pode ser estimada com boa exatidão e excelente precisão a partir da medida das dimensões de suas folhas, com erros em torno de 10%.

Strik e Proctor (1985) trabalhando com folíolos de morango concluíram que a utilização do comprimento e da largura juntos estimou melhor a área dos folíolos de morangueiro. Já Pires et al. (1999) testando diferentes métodos para calcular a área foliar do morangueiro, por meio das dimensões das folhas, obteve melhores resultados quando analisou comprimento e largura conjuntamente.

A vantagem desse método é sua possibilidade de uso com um mínimo de recursos, além de ser utilizado

como método não destrutivo. Em trabalhos futuros, é possível avaliar alternativas em métodos mais simples, que exijam menor número de medidas, levando em consideração a medida de apenas algumas folhas em posições predeterminadas, da altura da planta e/ou a largura da copa, ou mesmo, o número de folhas por planta (MONTEIRO et al., 2005).

Métodos dos Quadrados

O método dos quadrados apresentou um excelente coeficiente de determinação, superior a 0,95 ($R^2 = 0,9836$), dentre os métodos estudados este foi o que proporcionou maior R^2 (Figura 3).

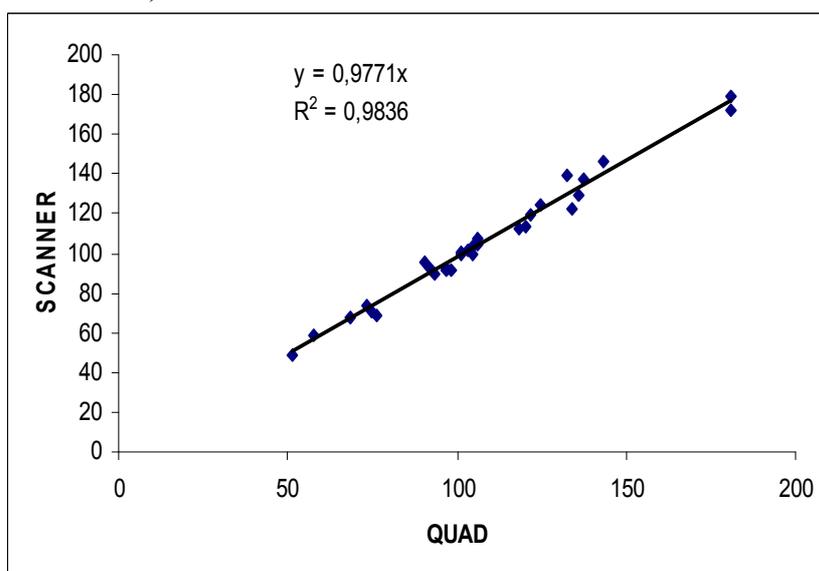


Figura 3. Representação gráfica da área foliar de *Beta vulgaris* e da equação de regressão indicada para a estimativa da área foliar, em função da área determinada pelo método dos quadrados.

Como este método necessita de um maior tempo, assim como um maior número de pessoas para a sua realização, há certa dificuldade em se encontrar trabalhos que revelam a eficiência desse método, principalmente quando se trata de avaliações em um grande volume de material.

Método da fotografia

O coeficiente de determinação do método da fotografia mostrou-se inferior a 0,80, sendo o menor coeficiente de determinação encontrado nesse trabalho (Figura 4).

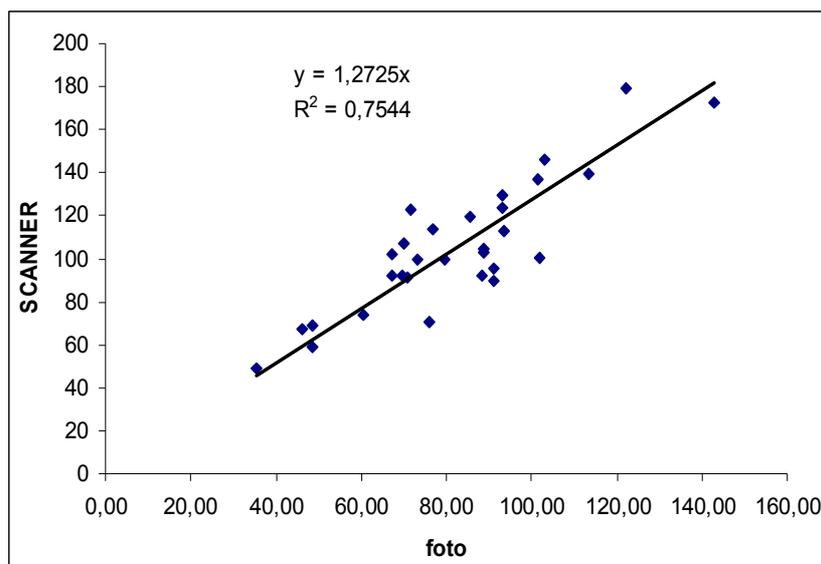


Figura 4. Representação gráfica da área foliar de *Beta vulgaris* e da equação de regressão indicada para a estimativa da área foliar, em função da área determinada pelo método da fotografia.

O baixo coeficiente e a dispersão dos pontos no gráfico podem ser explicados pelo formato da folha. Como na estimativa da área foliar pelo método do scanner as folhas foram planificadas e isso mostrou uma área foliar estimada próximo do real, quando as mesmas foram fotografadas o mesmo não ocorreu. As folhas da beterraba apresentam-se curvadas, e ao serem tiradas as fotocópias as áreas mostraram-se menores que as áreas encontradas pelo método do scanner e isso pode ser comprovado pelo fator de correção que é maior que 1 ($f=1,2725$).

De acordo com Flumignan et al. (2008) os métodos de dimensões foliares e imagem digital apresentaram excelente precisão na determinação de AF de folhas íntegras de café. O'Neal et al. (2002) encontraram coeficientes de determinação próximos de 1 para estimativas realizadas por método de imagens digitais geradas por escâner de mesa e processadas pelo software

SIARCS 3.0. Resultados próximos a estes foram obtidos por Tavares-Júnior et al. (2002).

Lopes et al. (2007), avaliando a precisão do método de fotos digitais na estimativa da área foliar de meloeiro, encontrou uma correlação de 0,99 entre o método padrão (discos) e o de fotos, podendo este método ser indicado para esta cultura.

Método Integrador

O integrador de área foliar apresentou elevado coeficiente de determinação com $R^2 = 0,9641$ (Figura 5), sendo inferior apenas ao método dos quadrados. Pode ser indicada a sua utilização na estimativa da área foliar, já que o mesmo apresentou um excelente ajuste dos pontos à reta, indicando elevada concordância.

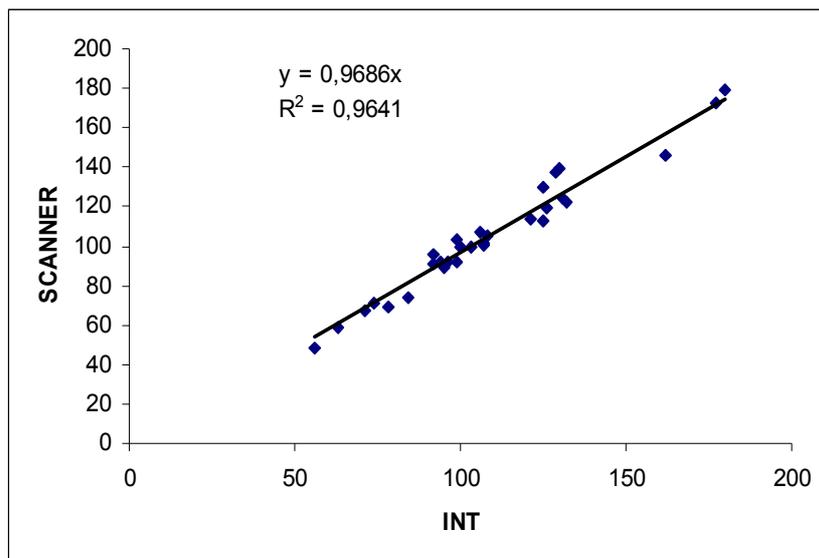


Figura 5. Representação gráfica da área foliar de *Beta vulgaris* e da equação de regressão indicada para a estimativa da área foliar, em função da área determinada pelo método integrador.

A desvantagem desse método é que além do tempo gasto para executá-lo, tornando-o às vezes inviável a sua utilização, as folhas devem estar sempre túrgidas e planificadas, e isto se torna um grande problema quando se trabalha com grandes números de amostras e quando o local que se for coletado a amostra for distante do laboratório onde se encontra o integrador.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, a área foliar da beterraba pode ser estimada por meio dos métodos: Scanner, Integrador, Medidas lineares de Comprimento e Largura, Quadrado e Discos com uma boa precisão. Não sendo indicado o uso do método da fotografia.

REFERÊNCIAS

AQUINO, Leonardo A. de et al. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. *Hortic. Bras.* [online]. 2006, vol.24, n.2, pp. 199-203. ISSN 0102-0536.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGAFILHO, L.J. Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). *Revista Ceres*, Viçosa, v.20, n.107, p.44-52, 1973.

BIANCO S; PITELLI RA; CARVALHO LB. Estimativa da área foliar de *Cissampelos glaberrima* usando

dimensões lineares do limbo foliar. *Planta Daninha*, 20: 353-356, 2002.

COELHO FILHO, M.A. et al. Estimativa da área foliar de plantas de lima ácida 'tahiti' usando métodos não-destrutivos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.27, n.1, p.163-167, 2005.

FERNANDES, P.D. *Análise de crescimento e desenvolvimento vegetal*. Campina Grande: UFPB, Departamento de Engenharia Agrícola, 22p, 2000.

FLUMIGNAN, D. L.; ADAMI, M.; FARIA, R. T. de. Área foliar de folhas íntegras e danificadas por dimensões foliares e imagem digital. *Coffee Science*, Lavras, v.3, n.1, p. 1-6, jan/jun. 2008.

FONSECA, C. E. L.; CONDÉ, R. C. C. Estimativa da Área Foliar em mudas de Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gom.). *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 29, n.4, p. 593-599, 1994.

GONDIM, T. M. S.; SILVA, F. F. S.; FERNANDES P. D.; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA FILHO, J. L. Teor relativo de água e métodos para determinação de área foliar em algodão colorido *Gossypium hirsutum* cultivar BRS 200 marrom. CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: *Anais... Campina grande*: Embrapa Algodão, p. 941-951, 2009.

GOMIDE, M. B.; LEMOS, O. V.; TOURINO, D.; CARVALHO, M. M.; CARVALHO, J. G.; DUARTE, C. S. Comparação entre métodos de determinação de área

foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuí. **Ciência e Prática**, Lavras, v.1, n.2, p.118-123, 1977.

LOPES, S. J.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. dos; FAGAN, E. B.; LUZ, G. L. da; MEDEIROS, S. L. P. Estimativa da área foliar de meloeiro em estádios fenológicos por fotos digitais. **Ciênc. rural**, v.37, n.4, p.1153-1156, jul.-ago. 2007.

MIELKE, M. S.; HOFFMANN, A.; ENDRES, L.; FACHINELLO, J. C. Comparação de métodos de laboratório e de campo para a estimativa da área foliar em fruteiras silvestres. **Sci. Agri**. v.52, n.1, p.82-88, jan – abr, 1995.

MONTEIRO, J.E.B.A.; SENTELHAS, P.C.; CHIAVEGATO, E.J.; GUISELINE, C.; SANTIAGO, A.V.; PRELA, A. Estimativa da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n.1, p. 15-24, 2005.

NORMAN, J.M.; CAMPBELL, G.S. Canopy structure. In: PEARCY, R.W.; EHLERINGER, J.R.; MOONEY, H.A.; RUNDEL, P.W. **Plant physiological ecology** - field methods and instrumentation. London: Chapman and Hall, p.301-325, 1989.

O'NEAL, M.E.; LANDIS, D.A.; ISAACS, R. An inexpensive, accurate method for measuring leaf area and defoliation through digital image analysis. **Journal of Economic Entomology**, v.95, n.6, p.1190-1194, 2002.

PINTO, A. C. Q.; HOSTALACIO, S.; GOMIDE, M. B.; OLIVEIRA, L. E. M. Comparação de métodos de determinação da área foliar na cultura da goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v.3, n. 1, p.58-62, 1979.

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

ROBBINS, N.S.; PHARR, D. M. Leaf area prediction models for cucumber from linear measurements. **HortScience**, v.22, p.1264-1266, 1987.

STRIK, B.C.; PROCTOR, J.T.A. Estimating the area of trifoliate and unequally imparipinnate leaves of strawberry. **HortScience**, Alexandria, v.20, n.6, p.1072-1074, 1985.

TAVARES-JUNIOR, J.E.; FAVARIN, J.L.; DOURADONETO, D.; MAIA, A.H.N.; FAZOULI, L.C.; BERNARDES, M.S. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.2, p.199-203, 2002.

Recebido em 07/08/2010
Aceito em 03/11/2010