

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as técnicas de processamento de imagens vêm sendo aplicadas em diversas áreas da ciência, tais como reconhecimento e orientação militar, reconhecimento óptico de caracteres, comércio, telecomunicações, medicina, geologia, engenharia mecânica, química, etc. (Bui Dinh & Choi, 1999). Na pesquisa agrônômica é aplicada na avaliação da produção de biomassa (Ngouajio, et al., 1999; Smith et al., 2000), do desenvolvimento de sistema radicular, na determinação do índice de cobertura do solo por uma cultura (Meir et al., 2000) e do índice de área foliar (Van Gardingen et al., 1999; Macfarlane et al., 2000; Meir et al., 2000).

As imagens, obtidas por satélites, fotografias ou scanners, são formas de captura indireta de informação espacial. Independente da aquisição, as informações (plantas, folhas, raízes, etc) ficam registrados na imagem como aglomerados de *pixels*. O *pixel* representa a menor área de uma imagem (Spiliotis & Mertzios, 1996).

Entre os diversos métodos de estimativa de área foliar destacam-se, os métodos fotográficos (Van Gardingen et al., 1999; Ngouajio, et al., 1999; Meir et al., 2000), o uso de equações (Denison, 1997; Teh et al., 2000), a relação massa/área e os integradores mecânicos e eletrônicos. Nos três primeiros métodos perde-se em precisão, enquanto que nos dois últimos perde-se na relação custo/benefício, devido ao alto custo dos equipamentos para a maioria dos pesquisadores brasileiros (Benincasa, 1988).

Com o crescente uso do microcomputador aliado às técnicas modernas de análise de imagem, a determinação de parâmetros geométricos tornou-se mais rápida e mais eficiente. No entanto, os softwares existentes no mercado com esta função são de custo elevado.

Como os *pixels* que formam uma imagem digital podem ser precisamente quantificados, este trabalho objetivou-se desenvolver um programa que varre um arquivo binário e calcula a área de objetos registrados na imagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta técnica foi adaptada no Departamento de Recursos Naturais - Setor de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, em Botucatu, SP, que consistiu na elaboração de um *software* em Visual Basic, que calcula a área de qualquer objeto digitalizado em imagem bitmap. O programa permite selecionar a unidade de medida, a escala da imagem, a seleção múltipla de arquivos e ainda permite a gravação dos dados calculados.

Nos procedimentos de programação, execução e teste foram utilizados: um microcomputador IBM-PC compatível,

um scanner de mesa para aquisição da imagem, um aplicativo gráfico para processamento da imagem e a linguagem de programação Visual Basic para estruturação dos algoritmos e compilação do programa.

Adotou-se como padrão a estrutura de arquivo DIB (*Bitmap Independente de Dispositivo*) ou BMP, devido ao formato simples, à ausência de compactação, e à facilidade de gravação e leitura por todos os aplicativos gráficos que executam sob o Windows (Mansfield & Petroustos, 1996).

A área do objeto na imagem é calculada pela soma dos *pixels* pretos, conforme Spiliotis & Mertzios (1996), Sakar (1997) e Sakar & Gupta (1999):

$$S_o = \frac{P_b}{X_{ppm} Y_{ppm}} \dots \dots \dots (1)$$

em que S_o é a área do objeto registrado na imagem preto-e-branco; P_b a soma dos *pixels* pretos da imagem; X_{ppm} a resolução horizontal da imagem, em *pixels* por metro; Y_{ppm} a resolução vertical, em *pixels* por metro. As duas últimas variáveis da expressão (1) são informações armazenadas no cabeçalho da imagem.

A precisão de cálculo do programa foi testada, usando seções foliares de áreas conhecidas nos formatos retangular, triangular, circular e elíptica. As seções foliares foram registradas via scanner, com resoluções de 32, 64, 127, 225, 254, 400 e 508 dpi. Foram aplicadas análises estatísticas aos resultados, levando-se em consideração a forma do objeto e a resolução de aquisição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante da hipótese de que a exatidão da área da imagem esteja ligada à resolução, foram verificadas estatisticamente as influências da resolução sobre o cálculo. No entanto a análise de variância, a 0,05 de significância, constatou que as áreas conhecidas das seções foliares foram estatisticamente iguais às áreas obtidas pelo método da contagem de *pixels*, em todas as resoluções testadas. Do mesmo modo, os diferentes formatos das seções foliares também foram avaliados, donde concluiu-se que as áreas conhecidas foram estatisticamente iguais àquelas obtidas pela contagem de *pixels* (Figura 1).

Apesar das áreas apresentarem diferenças não significativas entre as resoluções da imagem e as formas dos objetos, nota-se na Figura 2, que a resolução de 254 dpi apresenta o menor coeficiente angular, apontando a menor fonte de erro na estimativa da área do objeto.

4. CONCLUSÕES

Independente das formas geométricas e das resoluções de aquisição, o programa mostrou-se viável, rápido e preciso no cálculo das áreas foliares. Esta técnica apresenta a vantagem de ser facilmente adaptada para o editor de macros da planilha Microsoft Excel que é totalmente compatível com o Visual Basic.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1988, 42p.
BUI DINH, T., CHOI, T.S. Application of image processing techniques in air/water two phase flow. Mechanics Research Communications, v.26, n.4, p.463-68, 1999.

¹ Doutorando do Curso de Pós-Graduação Energia na Agricultura, FCA/UNESP – Botucatu/SP – Brasil, hildeu@fca.unesp.br

² Prof. Adjunto, Departamento de Recursos Naturais, FCA/UNESP – Botucatu/SP – Brasil, escobedo@fca.unesp.br

³ Mestranda do Curso de Pós-Graduação Energia na Agricultura, FCA/UNESP – Botucatu/SP – Brasil, hima@laser.com.br

⁴ Engº Agrº, Dr., Depto de Recursos Naturais, FCA/UNESP – Botucatu/SP – Brasil, arcunha@fca.unesp.br

⁵ Geog., Dr., Depto de Recursos Naturais, FCA/UNESP – Botucatu/SP – Brasil, galvani@fca.unesp.br

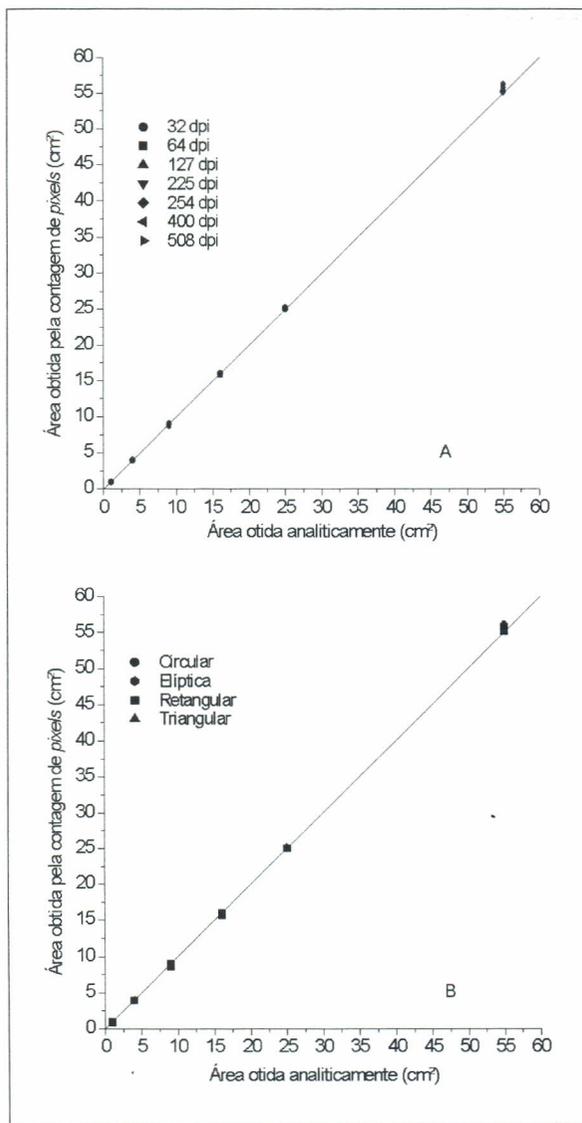


Figura 1 - Relações entre áreas obtidas analiticamente e pela contagem de *pixels*

DENISON, R.F. Minimizing errors in LAI estimates from laser-probe inclined-point quadrats. *Field Crop Research*, n.51, p.231-40, 1997.

MACFARLANE, C., COOTE, M., WHITE, D.A., ADAMS, M.A. Photographic exposure affects indirect estimation of leaf area in plantations of *Eucalyptus globules* Labill. *Agricultural and Forest Meteorology*, n.100, p.155-68, 2000.

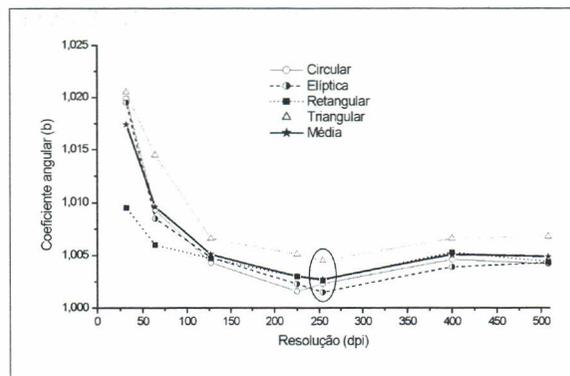


Figura 2 - Tendência da precisão de cálculo da área em função da resolução da imagem

MANSFIELD, R., PETROUTSOS, E. Cor e geração de imagem. In: MANSFIELD, R., PETROUTSOS, E. *Visual Basic 4 for Windows 95: Ferramentas poderosas*. São Paulo: Berkeley Brasil, 1996. p.355-410.

MEIR, P., GRACE, J., MIRANDA, A. Photographic method to measure the vertical distribution of leaf area density in forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, n.102, p.105-11, 2000.

NGOUAJIO, M., LEROUX, G.D., LEMIEUX, C. Influence of images recording height and crop growth stage on leaf cover estimates and their performance in yield prediction models. *Crop Protection*, n.18, p.501-8, 1999.

SARKAR, D. Operations on binary images encoded as minimized boolean functions. *Pattern Recognition Letters*, n.18, p.455-63, 1997.

SARKAR, D., GUPTA, N. Operations on binary images represented by interpolation based bintrees. *Pattern Recognition Letters*, n.20, p.395-403, 1999.

SMITH, S.M., GARRETT, P.B., LEEDS, J.A., MCCORMICK, P.V. Evaluation of digital photography for estimating live and dead aboveground biomass in monospecific macrophyte stands. *Aquatic Botany*, n.67, p.69-77, 2000.

SPILOTIS, I.M., MERTZIOS, B.G. Fast algorithms for basic processing and analysis operations on block-represented binary images. *Pattern Recognition Letters*, n.17, p.1437-50, 1996.

TEH, C.B.S., SIMMONDS L.P., WHEELER, T.R. An equation for irregular distributions of leaf azimuth density. *Agricultural and Forest Meteorology*, n.102, p.223-34, 2000.

VAN GARDINGEN, P.R., JACKSON, G.E., DAUMAS, S.H., RUSSELL, G., SHARP, L. Leaf area index estimates obtained for clumped canopies using hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology*, n.94, p.243-57, 1999.