



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DE PLANTAS UTILIZANDO ELÍPTICA DE FOURIER PARA APLICAÇÃO LOCALIZADA E A TAXAS VARIADAS DE HERBICIDA

João Camargo Neto ¹, George E. Meyer ², David D. Jones ³.

RESUMO: Elíptica de Fourier (EFA) e análise discriminante foram usadas para identificar soja (*Glycine max* (L.) merrill), sunflower (*Helianthus pumilus*), red root pigweed (*Amarathus retroflexus*) e velvetleaf (*Abutilon theophrasti Medicus*), utilizando descritores de forma da folha. Os descritores de forma foram gerados com o método da elíptica de Fourier a partir da codificação do contorno da folha. Análise discriminante foi executada utilizando os descritores de forma das folhas da segunda e terceira semanas após a germinação da soja. Análise discriminante STEPWISE foi usada para selecionar os descritores com maior poder de discriminação. Os resultados mostraram que a melhor semana para identificar espécie de plantas por meio da análise da forma da folha e a terceira semana após germinação com uma correta classificação de 89,4%.

PALAVRAS-CHAVE: Elíptica de Fourier, análise discriminante, descritores de forma, classificação de plantas, reconhecimento de padrão.

ABSTRACT: Elliptic Fourier (EFA) and discriminant analyses were used to identify young soybean (*Glycine max* (L.) merrill), sunflower (*Helianthus pumilus*), red root pigweed (*Amarathus retroflexus*), and velvetleaf (*Abutilon theophrasti Medicus*), based on leaf shape. Elliptical Fourier harmonic functions were generated from a chain encoded leaf boundary. Discriminant analysis was performed using leaves shapes for the second and third weeks after germination. Stepwise discriminant analysis was used to select Fourier coefficients with the best discriminatory power. These classification results showed that the best week to identify plant species based on leaf shape analysis was the third week after germination, with an average of correct classification of 89.4%.

KEYWORDS: Elliptic Fourier, Discriminant analysis, shape feature, leaves, imaging.

INTRODUÇÃO: Sistema de aplicação localizada de herbicida para controle de plantas daninhas é uma ferramenta em potencial para redução da quantidade de químicos utilizados, contribuindo para a diminuição dos custos de produção e do impacto ambiental (Timmerman, et al., 2003). Tradicionalmente, herbicida pós emergente é aplicado em todo campo com base na espécie e na população de planta daninha presente. A tecnologia de aplicação localizada trata o campo como um conjunto de pequenas regiões de gerenciamento, onde quantidades específicas de herbicidas podem ser

¹ Embrapa Informática Agropecuária – CNPTIA – camargo@cnptia.embrapa.br

² Biological Systems Engineering, University of Nebraska, Lincoln, NE 68583-0726

³ Biological Systems Engineering, University of Nebraska, Lincoln, NE 68583-0726



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

localmente aplicadas. O melhor período para aplicação de herbicida é definido como período crítico onde plantas daninhas devem ser controladas para prevenir perda na produtividade (Knezevic et al., 2002). Estudos tem sido conduzidos utilizando tecnologia de visão por computador para identificação de plantas utilizando imagens adquiridas de copa de plantas (Petry & Kuhbauch, 1989; Guyer et al., 1986; Woebbecke et al., 1995) e folhas isoladas (Franz et al., 1991b; Chi et al., 2002; Guyer et al., 1993; Kincaid & Schneider, 1983; Franz et al., 1991a e b; Manh, et al., 2001). Os principais problemas encontrados na classificação das espécies de plantas utilizando descritores de forma estão relacionados a variabilidade da arquitetura da copa das plantas, mesmo entre plantas da mesma espécie, e da falta de um método para análise de forma de folha invariante a tamanho e rotação das folhas. O objetivo desse estudo foi desenvolver um método para análise de forma, invariante a tamanho e rotação, para identificação de espécies de plantas e determinar o melhor período para a identificação após a emergência da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS: Imagens digitais foram adquiridas de plantas individuais de soja, sunflower, pigweed e velvetleaf nas condições de luz natural na segunda e terceira semanas após a germinação da soja utilizando a máquina fotográfica digital DC 120 (Kodak Digital Science Rochester, N.Y.). A câmera digital foi ajustada para tempo de exposição e foco automática e montada a um metro sobre os potes de plantas. Imagens com resolução de 1280 x 960 pixels foram adquiridas com 2 pixels por mm. Folhas individual foram cuidadosamente segmentadas manualmente da copa da planta usando Adobe®Photoshop®5.0 LE. Um total de 510 folhas da segunda e terceira semana após germinação foram extraídas do conjunto de imagens conforme descrito na tabela 1.

Tabela 1. Numero total de folhas extraídas manualmente por espécie de planta

Planta espécie	Semana após germinação		Total
	Segunda	terceira	
Sunflower	44	81	125
PigWeed	41	99	140
Soja	45	58	103
Velvetleaf	49	93	142
Total	179	331	510

Folhas de soja foram divididas em dois subgrupos representando o estágio cotiledonar (VC) e o primeiro trifólio (V1). As folhas de soja nestas duas fases de crescimento apresentam formas distintas, como e mostrado na figura 1. Nenhuma folha da primeira semana foi extraída devido as plantas estarem numa fase muito precoce para a identificação e também devido ao foto deste período não estar dentro do período crítico (Knezevic et al., 2002; Zimdahl, 1988).

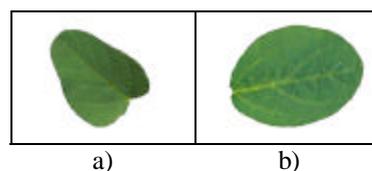


Figura 1. a) Soja no estágio cotiledonar (VC) e b) após o primeiro trifólio (V1).



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

A forma da folha foi modelada utilizando os descritores de forma adquiridos utilizando o método da elíptica de Fourier normalizado para contornos fechados (Kuhl & Giardina, 1982). A figura 2 mostra as harmônicas 1, 4, 8, 16 e 30 geradas pelo método da Elíptica de Fourier não normalizado. Conforme o número de harmônicas aumentam a elíptica se aproxima mais da forma da folha. Coeficientes da elíptica de Fourier foram gerados para as primeiras 30 harmônicas das folhas extraídas. Os coeficientes com maior poder discriminatório foram selecionados utilizando a análise discriminante Stepwise SAS®(SAS Institute, Cary, NC). Usando o conjunto de descritores selecionados, análise canônica PROC CANDISC, SAS®(SAS Institute, Cary, NC) foi executada com objetivo de reduzir a dimensionalidade para melhor visualizar as aglomerações de amostras formadas pelos descritores de forma.

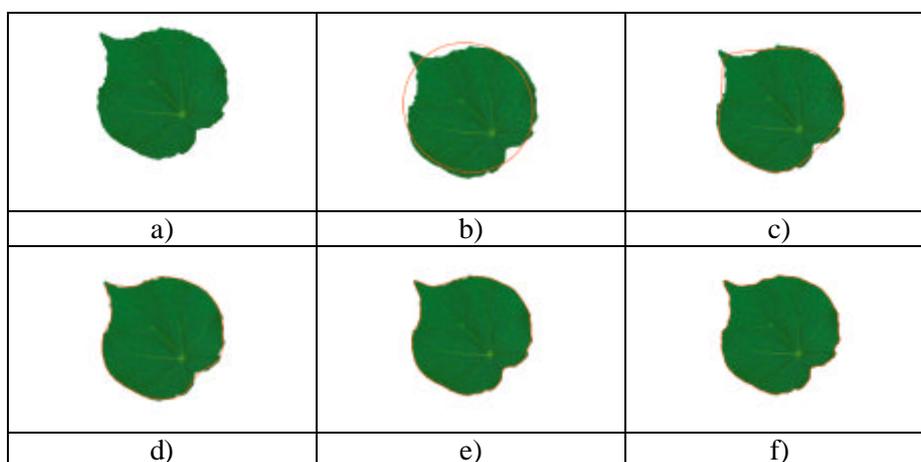


Figura 2. Harmônicas, a) imagem original, b) 1ª harmônica, c) 1ª a 4ª harmônicas, d) 1ª a 8ª harmônicas, e) 1ª a 16ª harmônicas e f) 1ª a 30ª harmônicas.

O modelo de classificação das espécies gerado no SAS foi derivado do conjunto de treinamento e depois usado para classificar as folhas do conjunto de teste. A acurácia do modelo de classificação gerado foi testada utilizando o método de cross-validation.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os modelos de discriminação para cada semana foram gerados utilizando os coeficientes com maior poder discriminatório extraídos das amostras de treinamento. Resultados da análise canônica da segunda e terceira semana juntos mostram que é possível fazer a discriminação entre as espécies de plantas utilizando os descritores de forma (Figura 3). Algumas áreas que podem gerar erros de classificação estão representadas na figura 3 pelas interseções entre as espécies de plantas.



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

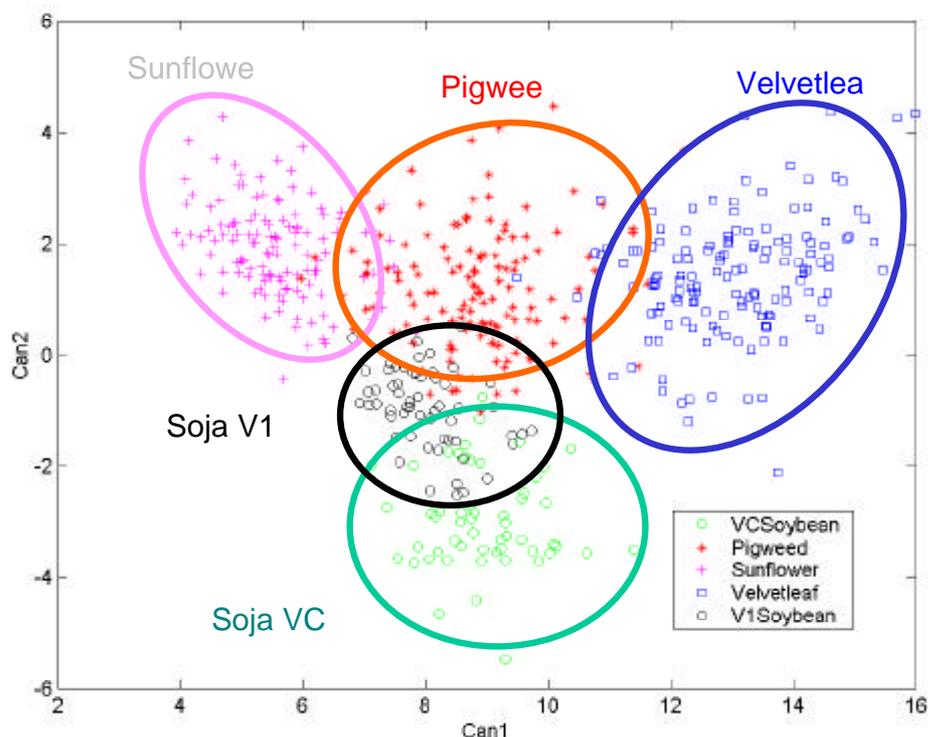


Figura 3. Análise canônica da segunda e terceira semanas após germinação da cultura.

Resultados da classificação mostram que a melhor semana para discriminar espécies de plantas utilizando descritores de forma e a terceira semana após a germinação da cultura com uma correta classificação de 88,3% (taxa de erro de 11,7%). Os resultados também mostram que se juntarmos as folhas de soja da segunda e terceira semana o resultado da classificação não é alterado.

Tabela 2. Resultados da classificação utilizando os descritores de forma.

Semana após germinação	Planta Espécie				Taxa de Erro
	Pigweed	Sunflower	Soja	Velvetleaf	
2 ^a	68,3%	95,3%	86,1%	73,6%	19,2%
3 ^a	77,9%	93,8%	96,5%	89,4%	11,7%
2 ^a & 3 ^a	80,8%	94,3%	94,9%	88,0%	11,6%

CONCLUSÕES: Elíptica Fourier e análise discriminante efetivamente identificou espécies de plantas. A terceira semana após a emergência da cultura parece ser o melhor período para identificar espécies de plantas com uma acurácia de classificação de 88,3%. A combinação da segunda e terceira semana no mesma análise não mudou a acurácia da identificação 88,4%. Alguns erros de classificação ocorreram devido a orientação e problemas de distorção da folha em relação a câmera digital e também devido a folhas com formas similares causado por diferente estágios de crescimento das plantas. A inserção de análise de textura no processo de classificação poderá eliminar alguns desses erros de classificação, melhorando a identificação de espécies de plantas por computador.



3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Chi, Y.T., C.F. Chien, and T.T. Lin. 2002. Leaf shape modeling and analysis using geometric descriptors derived from Bezier curves. *Transaction of the ASAE* 46(1):175 - 185.
- Franz, E., M.R. Gebhardt, and K.B. Unklesbay. 1991a. The use of local spectral properties of leaves as an aid for identify weed seedlings in digital images. *Transaction of the ASAE* 34(2):1991.
- Franz, E., M.R. Gebhardt, and K.B. Unklesbay. 1991b. Shape description of completely visible and partially occluded leaves for identifying plants in digital images. *Transaction of the ASAE* 34(2):1991.
- Guyer, D.E., G.E. Miles, L.D. Gaultney, and M.M. Schreiber. 1993. Application of machine vision to shape analysis in leaf and plant identification. *American Society of Agricultural Engineers* 31(1)(January-February):163-171.
- Guyer, D.E., G.E. Miles, M.M. Schreiber, O.R. Mitchell, and V.C. Vanderbilt. 1986. Machine vision and image processing for plant identification. *Transaction of the ASAE* 29(6):1500 - 1507.
- Kincaid, D.T., and R.B. Schneider. 1983. Quantification of leaf shape with a microcomputer and Fourier transform. *Canadian Journal of Botany* 61:2333 - 2342.
- Knezevic, S.Z., S.P. Evans, E.E. Blankenship, R.C. Van-Acker, and J.L. Lindquist. 2002. Critical period for weed control: the concept and data analysis. *Weed Science* 50:773 - 786.
- Kuhl, F.P., and C.R. Giardina. 1982. Elliptic Fourier features of a closed contour. *Computer Graphic and Image Processing* 18:236 - 258.
- Manh, A.G., G. Rabatel, L. Assemat, and M.J. Aldon. 2001. Weed leaf image segmentation by deformable templates. *Journal of Agricultural and Engineering Research* 80(2):139 - 146.
- Petry, W., and W. Kuhbauch. 1989. Automatisierte unterscheidung von unkrauten nach formparametern mit hilfe der quantitativen bild analyse. *Journal of Agronomy and Crop Science (Berlin)* 163:345 - 351.
- Timmermann, C., R. Gerhards, and W. Kuhbauch. 2003. The economic impact of site-specific weed control. *Precision Agriculture* 4:249 - 260.
- Woebbecke, D.M., G.E. Meyer, B.K. V., and D.A. Mortensen. 1995. Shape features for identifying young weeds using image analysis. *Transaction of the ASAE* 38(1):271 - 281.
- Zimdahl, R.L. 1988. The concept and application of the critical wee-free period. *Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches*:145-155.