

ALGORITMO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS PARA CONTROLE LOCALIZADO DE PRAGAS NA CULTURA DO MILHO¹

D. G. SENA JÚNIOR²; F. A. C. PINTO³; D. M. QUEIROZ⁴; P. A. VIANA⁵

2^o Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão
Viçosa, MG, 12 a 14 de junho de 2002

RESUMO: Com o objetivo de maximizar o lucro, racionalizar o uso dos fatores de produção e reduzir a contaminação ambiental, a agricultura de precisão busca adequar as práticas agrícolas às exigências e potencial produtivo de parcelas. No Brasil a *Spodoptera frugiperda*, uma das pragas mais importantes na cultura do milho, é controlada principalmente por meio de inseticidas químicos aplicados em toda a cultura ao se atingir certo nível populacional. O objetivo do presente trabalho foi desenvolver e avaliar um algoritmo para identificação de imagens de plantas de milho atacadas por esta praga, uma vez que acredita-se que um sistema de visão artificial possa ser utilizado para controle localizado. Foram obtidas imagens de plantas atacadas e não atacadas por esse inseto em oito épocas, correspondentes a diferentes dias após a infestação, e em três intensidades de iluminação. O algoritmo proposto realizou o processamento e análise das imagens. Na primeira etapa, foram obtidas imagens binárias, segmentando as folhas das plantas. Na segunda etapa, as imagens foram divididas em blocos e, de acordo com o número de objetos, promoveu-se a classificação das imagens como plantas atacadas ou não atacadas. O algoritmo classificou, corretamente, 94,72 % das 720 imagens testadas.

PALAVRAS-CHAVE: Visão artificial, agricultura de precisão, *Spodoptera frugiperda*.

IMAGE PROCESSING ALGORITHM FOR SITE SPECIFIC MANAGEMENT OF CORN PESTS

ABSTRACT: The objectives of precision agriculture are profit maximization, rationalize the use of agriculture production factors and reduce environmental damage adjusting the agricultural practices to the site demands. *Spodoptera frugiperda* is one of the most important corn pests in Brazil and the use of insecticide has been the main control method. It is believed that a site specific control can be done by a machine vision system. The objective of this work was to develop and evaluate an algorithm for identifying damaged corn plants by the fall armyworm using digital color images. The used images were of damaged and not damaged corn plants at eight maturity stages took in three light intensities. The proposed algorithm presented two stages: processing and image analysis. On the first stage, the images were processed to create binary images where the leaves were segmented from the other pixels. On the second stage, the images were subdivided into blocks and classified into damaged or not damaged depending on the number of objects found in each block. The algorithm correctly classified 94,72% of 720 images.

KEYWORDS: Machine vision, precision farming, *Spodoptera frugiperda*.

¹ Parte da Tese de Mestrado apresentado pelo primeiro autor ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da UFV; Pesquisa financiada pelo Banco Mundial e Embrapa por meio do Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária para o Brasil (PRODETAB Projeto 030-01/99)

² Estudante de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFV, Viçosa, MG, CEP 36571-000, fone 31-3899 1881. E-mail: ms19630@correio.ufv.br

³ Prof., Ph.D., Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. E-mail: fapinto@ufv.br

⁴ Prof., Ph.D., Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. E-mail: queiroz@ufv.br

⁵ Pesquisador, Ph.D., Embrapa Milho e Sorgo. E-mail: pviana@cnpms.embrapa.br

INTRODUÇÃO: A agricultura de precisão (AP), agrega técnicas que permitem acessar e monitorar a atividade agrícola em um nível local (QUEIROZ et al., 2000). No entanto, STAFFORD (2000) acredita que um maior desenvolvimento na área de sensores automáticos para obtenção de dados é requerido. Diversos produtores não têm tempo, perícia ou paciência para coletar, analisar e integrar as informações necessárias para viabilizar a agricultura de precisão (SCHEPERS, 2000). Acredita-se que sistemas de visão artificial são potenciais sensores para AP, uma vez que diagnósticos visuais são comuns para tomada de decisão por parte do produtor agrícola (deficiências nutricionais, pragas, doenças, plantas daninhas e outros). Nestes sistemas, uma câmera é integrada a um computador através de uma placa de aquisição de vídeo, extraído-se das imagens as informações de interesse por meio de processamento e análise. No entanto, os desafios para o desenvolvimento de sistemas de visão artificial na área agrícola são maiores do que na indústria (PINTO et al., 2001). Acredita-se que a mobilidade dos insetos têm limitado o interesse pelo controle localizado de pragas embora, de modo geral, as pragas apresentem-se na forma de reboleiras (VIANA, 2000). A lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) é uma das principais pragas na cultura do milho no Brasil (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000) e apresenta, assim como as pragas de solo, baixa mobilidade na cultura viabilizando o controle localizado. Atualmente, a principal forma de controle consiste na aplicação de inseticidas em toda a cultura, acarretando a eliminação dos agentes naturais de controle (CRUZ et al., 2000) e promovendo a evolução da resistência das pragas aos inseticidas (OMOTO et al., 2000). O manejo em sítio específico de pragas agrícolas pode preservar os genótipos suscetíveis, os inimigos naturais e reduzir a aplicação de inseticidas (MIDGARDEN et al., 1997; WEIZ et al., 1996). A identificação de plantas atacadas pela lagarta do cartucho poderia gerar informações para a elaboração de mapas de aplicação localizada, ou controlar em tempo real um pulverizador para aplicação somente nas plantas atacadas. O objetivo do presente trabalho foi desenvolver e avaliar um algoritmo para identificação de plantas atacadas pela lagarta do cartucho para um sistema de visão artificial.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi conduzido utilizando-se 30 vasos de 15 litros em casa-de-vegetação, nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG. Em cada vaso foi cultivada uma planta de milho, e quinze dias após a emergência, metade das plantas foram infestadas com 10 lagartas de *Spodoptera frugiperda*. Imagens das plantas foram obtidas, em três intensidades de iluminação e em oito épocas com uma câmera digital DUNCANTECH, modelo MS3100, posicionada um metro acima das plantas, perfazendo um total de 720 imagens. As imagens foram obtidas sob condições de iluminação artificial em três intensidades luminosas. O algoritmo foi desenvolvido no Laboratório de Projeto de Máquinas e Visão Artificial do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, e implementado no programa computacional MATLAB com o pacote de ferramentas para processamento de imagens. O algoritmo foi dividido em duas etapas, processamento e análise das imagens, ilustrados na Figura 1. Na primeira etapa as imagens foram processadas utilizando o algoritmo iterativo (YANG et al., 2001) e tinha como objetivo final obter uma imagem binária, em que as folhas da planta fossem representadas por pixels de valor 0, e os demais constituintes da imagem (solo, injúrias provocadas pela lagarta, e as bordas do vaso) fossem representados por pixels de valor 1. A segunda etapa tinha como objetivo a classificação da imagem binária em planta atacada ou não. As imagens originais foram processadas com o índice do excesso de verde normalizado, de acordo com a equação

$$Evd = \frac{2 \cdot Vd - Vm - Az}{Vm + Vd + Az} \quad (1)$$

em que *Evd* significa excesso de verde normalizado; *Vd* valor do pixel na banda verde; *Vm* valor do pixel na banda vermelha; e *A* valor do pixel na banda azul. Tendo em vista que as imagens processadas apresentavam valores entre -1 e 2 procedeu-se a uma transformação linear nos valores dos pixels, criando-se imagens em 256 tons de cinza, de acordo com a equação

$$Evd_t = \frac{Evd_o - Evd_{\min}}{Evd_{\max} - Evd_{\min}} \cdot 255 \quad (2)$$

em que Evd_t significa valor do pixel na imagem transformada; Evd_o valor do pixel na imagem processada; Evd_{ma} valor máximo de pixel na imagem processada; e Evd_{min} valor mínimo de pixel na imagem processada. Na segunda etapa, as imagens foram subdivididas em 12 blocos, objetivando eliminar as porções das imagens com predominância de solo e concentrar a proporção de injúrias. Em seguida, realizou-se a identificação e contagem dos objetos nos blocos selecionados, classificando-os como atacados quando o número de objetos era superior a 10.

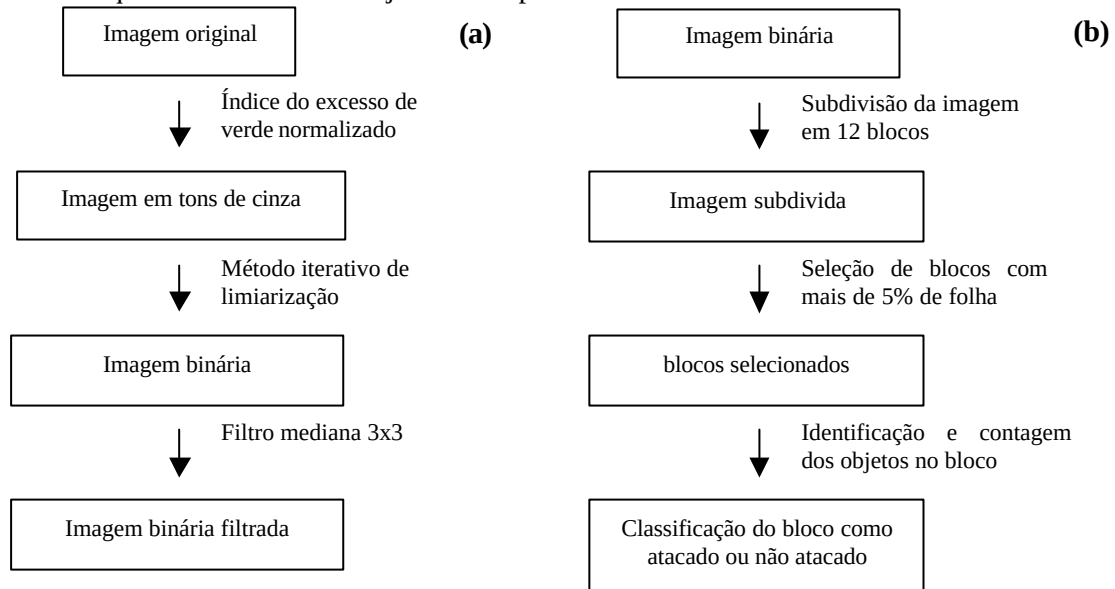


Figura 1. Passos da etapa de processamento (a) e análise e classificação das imagens processadas (b).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 2 ilustra o processamento e a subdivisão da imagem binária de uma planta atacada pela lagarta do cartucho.

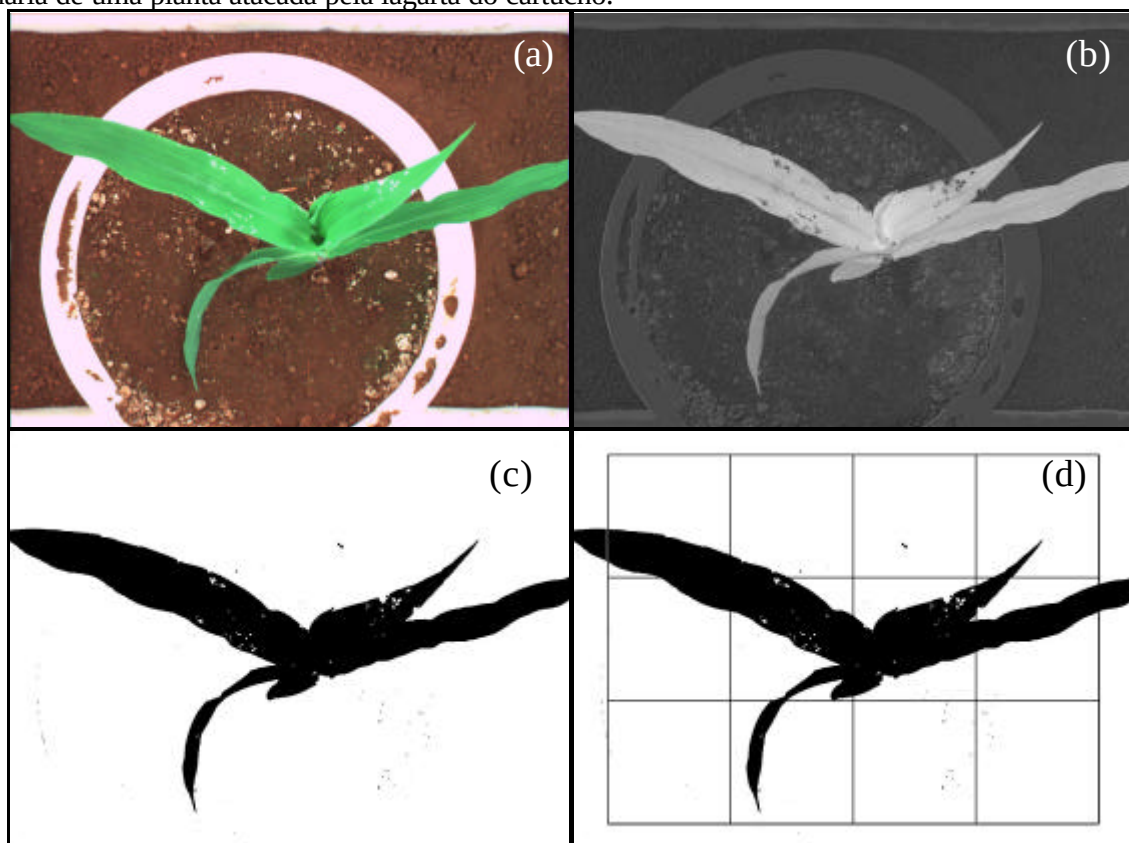


Figura 2. Imagem original (a); imagem processada com o índice do excesso de verde (b); imagem binária criada com algoritmo iterativo (c); e imagem binária subdividida em 12 blocos (d).

O índice do excesso de verde normalizado foi eficaz para realçar as folhas das plantas, tornando os pixels mais claros do que o solo, o vaso e injúrias provocadas pela lagarta (Figura 2b), permitindo a segmentação das folhas dos demais pixels (Figura 2c). O tempo de processamento foi reduzido com o descarte dos blocos com mais de 95% dos pixels de fundo (redução de 8640 para 5406 blocos analisados). A Tabela 1 apresenta o número de plantas classificadas incorretamente. O algoritmo só classificou incorretamente plantas atacadas nos dois primeiros estádios, em que as injúrias provocadas pela lagarta ainda estavam restritas a pequenas porções da folha, em pequeno número e com pequenas dimensões. A maior parte dos erros na classificação das plantas não atacadas ocorreu nos estádios mais avançados, em que a nervura central das folhas estava mais desenvolvida, e em que o cartucho de algumas plantas foi segmentado como vários objetos. Houve maior erro de classificação no grupo de plantas não atacadas do que de plantas atacadas, fator favorável, uma vez que o erro de classificar uma planta atacada como não atacada é considerado mais grave que o contrário.

Tabela 4. Número de plantas classificadas incorretamente, percentagem de erro em relação ao número de plantas atacadas, não atacadas e total utilizando o valor de 10 objetos como limiar para diferentes dias após a emergência (DAE) e dias após a infestação (DAI) pela lagarta do cartucho

Época	Plantas atacadas		Plantas não atacadas		Total
	Nº de erros	Erro (%)	Nº de erros	Erro (%)	Erro médio (%)
17 DAE / 2 DAI	8	2,22	2	0,56	1,39
18 DAE / 3 DAI	4	1,11	2	0,56	0,83
19 DAE / 4 DAI	0	0	1	0,28	0,14
20 DAE / 5 DAI	0	0	1	0,28	0,14
21 DAE / 6 DAI	0	0	0	0	0
22 DAE / 7 DAI	0	0	2	0,56	0,28
23 DAE / 8 DAI	0	0	4	1,11	0,56
24 DAE / 9 DAI	0	0	14	3,89	1,94
Total	12	3,33	26	7,22	5,28

A Figura 3 ilustra blocos corretamente classificados. Nos blocos de plantas atacadas (Figuras 3a e 3b), pode-se verificar a forma típica do ataque pela lagarta do cartucho, com diversas lesões. A Figura 4c ilustra a situação que ocorre nas plantas mais desenvolvidas onde a nervura, de cor mais clara, é segmentada como fundo. A Figura 4d ilustra outra situação freqüente em plantas mais desenvolvidas, onde o cartucho da planta é segmentado como um objeto.

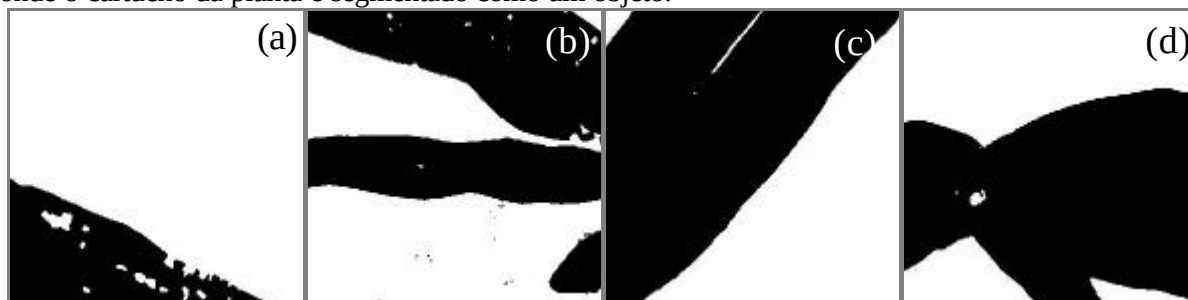


Figura 3. Blocos corretamente classificados como atacados pela lagarta do cartucho de plantas atacadas (a e b) e de plantas não atacadas (c e d).

CONCLUSÕES: O resultado da classificação de 720 imagens com o valor de 10 objetos como limiar, promoveu um erro de classificação de 5,28%. O algoritmo promoveu maior erro de classificação nas plantas não atacadas, especialmente nos estádios mais avançados. O erro de classificação de plantas atacadas ocorreu, principalmente, nos primeiros estádios de desenvolvimento.

Para continuidade do desenvolvimento do sistema de visão artificial, sugerimos: avaliação do algoritmo proposto utilizando-se imagens obtidas sob condições de iluminação natural; avaliação de outras câmeras com o objetivo de definir sensores mais acessíveis; implementação do algoritmo em linguagem compatível com a placa de aquisição de vídeo e sua avaliação quanto ao tempo de

processamento; e desenvolvimento da interface entre o algoritmo implementado na placa de aquisição de vídeo e o controlador de um pulverizador.

AGRADECIMENTOS: Aos pesquisadores, técnicos e demais funcionários da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, por viabilizarem o desenvolvimento dessa pesquisa. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento concedido ao primeiro autor durante o curso de mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CRUZ, I.L.; FIGUEIREDO, M.L.C.; ALBERTON, M. Eficiência de novos piretróides no controle da *Spodoptera frugiperda* em milho e seletividade ao predador *Doru luteipes* in: XXIII congresso nacional de milho e sorgo, resumos expandidos, Uberlândia, Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2000.
- FANCELLI, A.L. & DOURADO NETO, D. Produção de milho. 1 ed. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2000, 360p.
- MIDGARDEN, D.; FLEISCHER, S.J.; WEISZ, R.; SMILOWITZ, Z. Site-specific integrated pest management impact on development of esfenvalerate resistance in Colorado potato beetle (Coleoptera:Chrysomelidae) and on densities of natural enemies. Journal of Economic Entomology, Lanham n. 90 v. 4 p. 855-867, 1997.
- OMOTO, C.; SCHMIDT, F.B.; DIEZ-RODRIGUEZ, G.I.; SILVA, R.B. Resistência de *Spodoptera frugiperda* a inseticidas no Brasil: situação atual e perspectivas. in: XXIII congresso nacional de milho e sorgo, resumos expandidos, Uberlândia, Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2000.
- PINTO, F.A.C.; SENA JR, D.G.; QUEIROZ, D.M.; GOMIDE, R.L. Visão artificial na agricultura de precisão. In: BALASTREIRE (ed.) Avanços na Agricultura de Precisão no Brasil no Período 1999-2001, Piracicaba, 2002 p.309-316.
- PLANT, R.E. Site-specific management: the application of information technology to crop production. Computers and Electronics in Agriculture, Oxford n. 30 p. 9-29, 2001.
- QUEIROZ, D.M., DIAS, G.P., MANTOVANI, E.C. Agricultura de precisão na produção de grãos. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R.; GOMIDE, R.L. (ed.). Agricultura de Precisão. Viçosa: UFV, 2000. P. 1-41.
- SCHEPERS, J.S. World trend in precision agriculture. in: XXIII congresso nacional de milho e sorgo, resumos expandidos, Uberlândia, Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2000.
- STAFFORD, J.V. Implementing precision agriculture in the 21st century. Journal of Agricultural Engineering Research, London n.76, p. 267-275, 2000.
- VIANA, P.A. Manejo de pragas na cultura do milho. in: XXIII congresso nacional de milho e sorgo, resumos expandidos, Uberlândia, Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2000.
- WEISZ, R.; FLEISCHER, S.; SMILOWITZ, Z. Site-specific integrate pest management for high-value crops: impact on potato pest management. Journal of Economic Entomology, Lanham n.89 v.2, p. 501-509, 1996.
- YANG, X; BEYENAL, H.; GARY H.; LEWANDOWSKI, Z. Evaluation of biofilm image thresholding methods. Wat. Res. Vol. 35, p 1149-1158, 2001.