

## **IDENTIFICAÇÃO DE PLANTAS ATACADAS PELA LAGARTA ELASMO (*Elasmopalpus lignosellus*) EM IMAGENS DIGITAIS DE PLANTAS DE MILHO**

R. S. ZANDONADI<sup>1</sup>, F. A. C. PINTO<sup>2</sup>, D. G. SENA JÚNIOR<sup>3</sup>, E. C. MANTOVANI<sup>4</sup>

Escrito para apresentação no  
XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2002  
Salvador-BA, 29 de julho a 02 de agosto de 2002

**RESUMO:** A crescente demanda por técnicas para minimização de custos, otimização de mão de obra e redução da contaminação do meio ambiente em sistemas de produção agrícola, vem abrindo portas para a implantação da tecnologia de Agricultura de Precisão. A lagarta elasma (*Elasmopalpus lignosellus*) é uma praga que ataca a planta de milho no início de seu desenvolvimento ocasionando redução na população, com reflexos na produtividade da cultura. O desenvolvimento de um sistema de visão artificial pode ser uma boa alternativa para manejo e controle da praga de maneira localizada. O objetivo deste trabalho foi elaborar um algoritmo de processamento de imagens para identificação de plantas de milho atacadas pela lagarta elasma utilizando redes neurais artificiais, associado à limiarização iterativa e índices espectrais. Os resultados preliminares da avaliação do algoritmo proposto, com 100% de acerto utilizando 5 imagens de plantas atacadas e 5 de plantas não atacadas, mostraram-se promissores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura de precisão, visão artificial, redes neurais artificiais

## **IDENTIFICATION OF DAMAGED CORN PLANT BY THE LESSER CORNSTALK BORER (*Elasmopalpus lignosellus*) USING DIGITAL IMAGES**

**SUMMARY:** The increasing demand for techniques for cost minimization, labor optimization and environmental pollution reduction has been the reasons for precision agriculture technology development. The Lesser Cornstalk Borer is a pest that damage the corn plants on initial phase affecting the production because of stand reduction. The development of a machine vision system could be an alternative for the site specific management of this pest. The objective of this work was to develop an image processing algorithm for identifying damaged corn plants using artificial neural networks, iterative thresholding and spectral indexes. The algorithm presented a good potential since did not make a mistake for classifying 5 damaged plants and 5 healthy images.

**KEYWORDS:** Precision agriculture, machine vision, artificial neural networks

**INTRODUÇÃO:** Entende-se por agricultura de precisão, técnicas aplicadas ao sistema de produção agrícola que viabilizam que os trabalhos de rotina sejam realizados em sítio específico, minimizando custos e a possibilidade de contaminação ambiental. Os sistemas de visão artificial (que coletam, processam e extraem informações de imagens digitais) vêm mostrando potencial de aplicação, com resultados promissores (STEWART & TIAN, 1998; SENA JR et al., 2001). A lagarta elasma (*Elasmopalpus lignosellus*) é uma praga que ataca a planta de milho no início do ciclo, provocando prejuízos pela redução na população de plantas com reflexo na produtividade da cultura. O desenvolvimento de um sistema de visão artificial pode ser uma alternativa ao tratamento convencional (tratamento de sementes), com inseticidas nocivos ao meio ambiente e ao ser humano. Uma das técnicas utilizadas para processamento de imagens é o uso de redes neurais artificiais (RNA),

<sup>1</sup> Estudante de Graduação em Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa, MG, CEP 36571-000, fone 31-3899 1881. E-mail: [rszandonadi@bol.com.br](mailto:rszandonadi@bol.com.br)

<sup>2</sup> Professor adjunto, DEA/UFV. E-mail: [facpinto@mail.ufv.br](mailto:facpinto@mail.ufv.br)

<sup>3</sup> Estudante de doutorado, DEA/UFV E-mail: [ms19630@correio.ufv.br](mailto:ms19630@correio.ufv.br)

<sup>4</sup> Pesquisador EMBRAPA Milho e Sorgo. E-mail: [evandro@cnpms.embrapa.br](mailto:evandro@cnpms.embrapa.br)

que são compostas por elementos computacionais organizados em padrão semelhante a uma rede neural biológica e que adquirem conhecimento através da experiência (LIPPMANN, 1987).

Índices espectrais combinam os valores dos pixels em mais de uma banda da imagem para geração de uma nova imagem. São utilizados em sensoriamento remoto para reduzir a diferença de brilho causada por sombras ou mudanças no ângulo e intensidade da iluminação solar. Além disso permitem realçar características de interesse e reduzir o número de bandas necessárias à interpretação (JENSEN, 1996) Na técnica de limiarização, um valor (limiar) é estabelecido e os pixels que apresentam valor superior ao limiar são agrupados em uma classe e abaixo do mesmo são agrupados em outra.

O objetivo deste trabalho foi elaborar um algoritmo capaz de classificar plantas de milho atacadas pela lagarta elasmô, utilizando redes neurais artificiais associadas ao processamento de imagens utilizando índices espectrais e limiarização automática.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Foram coletadas imagens das plantas de milho atacadas e não atacadas em ambiente controlado de iluminação com uma câmara digital DUNCANTECH (MS 3100) nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas, MG. Para teste do algoritmo, foram utilizadas dez plantas (cinco não atacadas e cinco atacadas) com 21 dias após a emergência e 6 dias após a infestação com lagartas elasmô de 3º para 4º ínstar. O processamento das imagens para classificação pelo algoritmo foi dividido em etapas. Com o objetivo de realçar os sintomas do ataque e segmentar solo e folhas, foi utilizado o índice da diferença vegetativa normalizado nas imagens infravermelho próximo falsa cor de acordo com a equação

$$NDVI = \frac{IV - V}{IV + V} \quad (1)$$

Em que *NDVI* significa índice da diferença vegetativa normalizado, *IV* significa o valor do pixel na banda do infravermelho próximo e *V* o valor do pixel na banda do vermelho. Para treinamento da rede foram retirados 10 blocos (dimensão 3x3 pixels) de cada uma das classes (folha atacada, folha não atacada e solo), de cinco imagens totalizando 150 amostras. O treinamento da rede foi realizado pelo método da retro-propagação do erro, com função de transferência tangente hiperbólica sigmóide nas camadas ocultas e na camada de saída a função logística sigmóide. Foram treinadas 10 redes com 20 e 10 neurônios nas camadas ocultas, com os parâmetros livres inicializados aleatoriamente pelo método do gradiente descendente, interrompido após 10.000 ciclos. A rede utilizada foi a que apresentou menor erro quadrático médio ao final do treinamento. As imagens das plantas atacadas processadas com o NDVI e transformadas para imagens de 256 tons de cinza apresentam um histograma trimodal (ZANDONADI et al., 2002). O solo, devido à sua heterogeneidade, e as bordas das folhas e nervuras são fontes de erros de classificação pelas redes neurais (SENA JR. et al., 2001). A limiarização automática com o método iterativo (YANG et al., 2001) foi utilizada no intuito de segmentar o solo das folhas das plantas sem a influência de operadores. Multiplicou-se a imagem resultante da limiarização automática pela imagem processada pelo índice, eliminando a classe de pixels de solo que havia sido agrupada no nível de cinza zero. Dessa maneira, reduziu-se o tempo de processamento e as fontes de erro, classificando com a RNA apenas as folhas, em blocos de 3x3 pixels. O resultado do processamento do vetor de 9 elementos dos valores de pixels do bloco pela rede foi um vetor de 3 elementos, onde as combinações de valores (0 e 1), foram dadas de acordo com a classe (solo, folha não atacada ou folha atacada). Para reduzir o efeito de bordas, 30 blocos com dimensão de 3x3 pixels de folhas e bordas foram coletados para cálculo do desvio padrão dos valores de seus pixels. De acordo com os valores obtidos pela amostragem foi estabelecido um valor de limiar para o desvio padrão de modo a descartar os blocos representando bordas, antes destes serem processados pela rede neural. Era esperado que a rede classificasse parte das nervuras como folha atacada por apresentarem valores de pixels semelhantes. Sendo assim, a classificação final foi dada pela proporção entre blocos classificados como atacados e não atacados pela RNA.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na primeira etapa do processamento, a aplicação do índice NDVI foi eficaz para realçar as partes danificadas pela lagarta e agrupar as classes folhas (atacadas e não atacadas) e solo. Esse agrupamento permitiu a limiarização iterativa, segmentando os pixels

representando folhas do solo. A multiplicação da imagem limarizada pela imagem processada pelo índice, eliminou os pixels de solo, resultando em um ganho de tempo no processamento.

Por tentativa e erro, o limiar de desvio padrão 0,06 foi estabelecido para descarte de blocos a serem processados pela rede. O uso desse limiar eliminou blocos de bordas antes da classificação pela RNA, reduzindo os erros observados por SENA JR. et al. (2001). A figura 1 ilustra as imagens infravermelho falsa-cor originais de uma planta atacada e de uma planta não atacada. A figura 2 ilustra o resultado da classificação das imagens processadas com o NDVI pela RNA.

Verifica-se que o limiar do valor do desvio padrão foi eficiente para descartar os blocos de borda, apresentados em branco nas imagens classificadas. A RNA classificou incorretamente, alguns blocos de nervura como atacados. Como as plantas não atacadas apresentavam apenas partes de nervuras classificadas como folhas atacadas, puderam ser classificadas pelo algoritmo de acordo com a proporção entre as classes plantas atacadas e não atacadas.

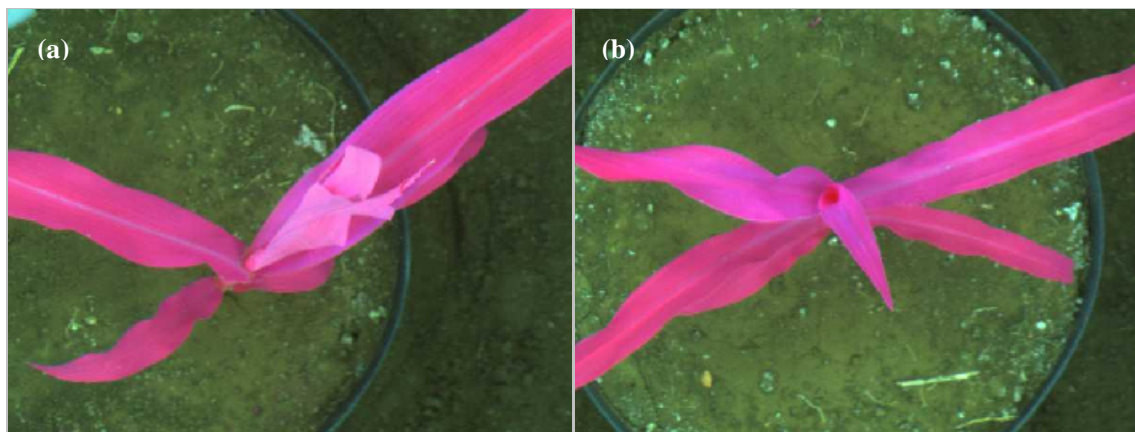


Figura 1 - Imagens infravermelho-falsa-cor de uma planta atacada pela lagarta elasmobranch (a) e uma planta não atacada (b).

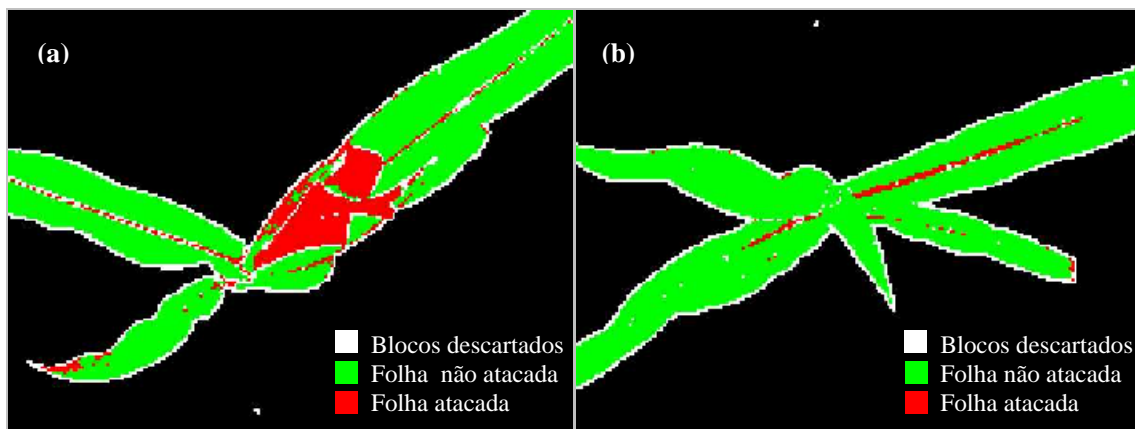


Figura 2 - Imagens de uma planta atacada pela lagarta elasmobranch (a) e de uma planta não atacada (b) processadas com o índice do excesso de verde normalizado (NDVI) e classificadas utilizando rede neural artificial

A Tabela 1 apresenta o resultado da razão entre as classes de folha atacada e folha sadia nas imagens classificadas pela rede neural. De acordo com estes resultados, foi estabelecido o valor de limiar 0,06 para a classificação final das plantas como atacadas ou não atacadas. Esse limiar permitiu classificar corretamente as 10 imagens das plantas utilizadas para avaliação.

Tabela 1. Resultado da razão entre as classes de folha atacada e folha sadia nas imagens classificadas pela rede neural

	Razão entre pixels de folhas atacadas e não atacadas				
Plantas não atacadas	0,0187	0,0354	0,0326	0,0427	0,0325
Plantas atacadas	0,1862	1,3407	0,2419	0,2419	0,4288

### CONCLUSÕES:

- O índice NDVI mostrou-se eficaz para realçar as folhas não atacadas pela lagarta elasmó ao mesmo tempo em que agrupou as classes solo e folhas, permitindo a utilização de um limiar para criar imagens binárias.
- A utilização das imagens binárias para multiplicação pelas imagens processadas pelo índice reduziu o processamento, eliminando os pixels de solo.
- O descarte de blocos de borda utilizando o valor do desvio padrão dos valores dos pixels mostrou-se eficaz, reduzindo a possibilidade de erros de classificação pela rede neural artificial.
- A classificação final das imagens das plantas como atacadas ou não atacadas, utilizando a razão entre pixels classificados como folha atacada e não atacada foi eficiente, embora a rede neural artificial tenha cometido alguns erros de classificação, principalmente nas nervuras.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Banco Mundial e Embrapa, pelos recursos para esta pesquisa, por meio do Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de tecnologia Agropecuária para o Brasil (PRODETAB Projeto 030-01/99).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- JENSEN, J.R. Introductory digital image processing: a remote sensing perspective. New York: Prentice Hall, 1996, 318p.
- LIPPMANN, R.P. An Introduction to Computing with Neural Nets. IEEE ASSP Magazine. April, 1987.
- SENA JR. D.G.; PINTO, F.A.C.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C. Algoritmo para classificação de plantas de milho atacadas pela lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) utilizando imagens coloridas digitais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.5, n.3, p.502-509, 2001
- STEWART, B.L. & TIAN, L.F. Real-time machine vision weed-sensing. ASAE paper 98 - 3033, ASAE, 1998. CD Rom
- YANG, L.; ALBREGTSEN, F.; LONNASTAD, T.; GROTTUM, P. A supervised approach to the evaluation of image segmentation methods. Computer Analysis of Images and Patterns, Prague p.759-765, 1995
- ZANDONADI, R.S.; PINTO, F.A.C.; SENA JR., D.G.; QUEIROZ, D.M. Avaliação de índices para identificação de plantas de milho atacadas pela lagarta elasmó em imagens digitais. XI Simpósio de Iniciação Científica SIC 2002: resumos UFV, Viçosa, 2002.