

TRANSFORMADA DE HOUGH PARA DETECÇÃO DE PLANTAS DANINHAS EM CULTURAS AGRÍCOLAS

Wesley Esdras Santiago¹, Barbara Janet Teruel², Neucimar Jeronimo Leite², Raoni Florentino da Silva Teixeira¹

¹ Estudante de Eng. Agrícola, Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola, (Av. Cândido Rondon, 501 - Barão Geraldo 13083-875 - Campinas/SP) Fone: (19) 321-1032, wesley.santiago@feagri.unicamp.br

² Prof. Doutor, Depto. Tecnologia Pos-Colheita na Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola, (Av. Cândido Rondon, 501 - Barão Geraldo 13083-875 - Campinas/SP) Fone: (19) 321-1082, barbarat@feagri.unicamp.br

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: A agricultura ocupa um dos mais importantes papéis na economia brasileira, portanto, a redução dos custos e melhoria no sistema produtivo são ações procuradas continuamente. No manejo de culturas, o controle de plantas daninhas está entre os fatores que mais elevam o custo de produção, isto ocorre porque invasoras competem com a cultura por água, nutrientes e luz. O uso de processamento de imagens tem se apresentado como uma interessante maneira de reduzir os custos de produção, através do reconhecimento de invasoras aliado a aplicação localizada de herbicidas. Neste trabalho, o reconhecimento é proposto por meio da aplicação da transformada de Hough. As imagens analisadas foram obtidas no mês de Janeiro de 2014 usando uma câmera digital, adotou-se como invasora a planta que estivesse localizada entre as linhas da cultura. As imagens foram tomadas na área experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP. Um aplicativo foi desenvolvido em ambiente MATLAB usando segmentação do solo, transformada de Hough para determinar linhas de cultivo e algoritmo de estimativa de área de solo coberta por plantas daninhas. Em testes, o algoritmo de Hough não foi capaz de identificar as linhas de cultura em todas as imagens, acredita-se que esse fato esteja associado à qualidade das linhas de cultivo que apresentavam muitas falhas e plantas em diferentes tamanhos, sendo que isso foi decorrente de problemas enfrentados com seca prolongada durante Dezembro e Janeiro. Entretanto, o algoritmo complementar de identificação por tamanho apresentou índice médio de 61% de acertos. O método revela grande potencial de aplicações para monitoramento de plantas daninhas de lavouras em linhas, no entanto estudos mais detalhados utilizando imagens com melhor qualidade devem ser desenvolvidos.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de precisão, Processamento de imagem, Invasora

HOUGH TRANSFORM FOR DETECTION OF WEEDS IN AGRICULTURAL CROPS

ABSTRACT: Agriculture plays a major role in the Brazilian economy, reduction of costs and improvement the productive system are actions sought always. In crop management, weed control is among the factors that increase the cost of production, which is because weeds compete with the crop for water, nutrients and light. The use of image processing has emerged as an interesting way to reduce production costs through the recognition of weeds allied to localized application of herbicides. In this work, the recognition is proposed by applying the

Hough transform. The images analyzed were obtained in January 2014 using a digital camera, it was adopted as an weed the plant that was located between the rows of culture. The images were taken in the experimental field of the Faculty of Agricultural Engineering of UNICAMP. An application was developed in MATLAB environment using soil segmentation, Hough transform to determine lines of culture and estimation of ground area covered by weeds algorithm. In tests, the Hough algorithm wasn't able to identify the crop rows in all images, it is believed that this fact is related to the quality of cultivation lines which had many flaws and plants in different sizes, that happened because of prolonged drought during December and January. However, the supplementary identification algorithm by size showed an average rate of 61 % precision. The method shows great potential for applications in monitoring of weed in crops, however more detailed studies using images of better quality should be developed.

KEYWORDS: Precision agriculture, Weed, Information systems

INTRODUÇÃO

O controle de plantas daninhas é uma etapa crucial em todos sistemas de produção agrícola. Em canaviais, a ocorrência de Plantas daninhas pode reduzir a produtividade em cerca de 46% (SILVA et al. 2009). Entre as diferentes ferramentas disponíveis para controle de Plantas daninhas, o controle por meio de herbicidas tem sido o mais utilizado nas últimas décadas.

A literatura científica tem relatado o desenvolvimento de diferentes metodologias para detecção e/ou controle de Plantas daninhas. Abordagens baseadas no uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para mapeamento manual ou automático são bastante comuns, entretanto sistemas fundamentados em processamento de imagens para atuação em tempo real tem se tornado o foco de diversas pesquisas nos últimos anos (HEMMING et al. 2008; CAMPOS et al. 2009).

Portanto, esse trabalho tem como objetivo avaliar o uso da transformada de Hough associada a um algoritmo de análise de área, para identificação de plantas daninhas em culturas agrícolas e estimativa de área de solo coberta.

MATERIAIS E MÉTODOS

Uma câmera digital (Nikon Coolpix P520) foi usada para adquirir imagens de plantas de milho cultivadas em linhas. Foram capturadas ao todo 53 imagens, as quais foram tomadas em Janeiro de 2014 no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, quando a cultura completava 45 dias após o plantio. Durante a coleta de imagens procurou-se manter uma altura fixa de modo a cobrir apenas duas linhas de cultivo e o espaçamento entre elas, além disso, foram contempladas também imagens destacando características importantes como arquitetura das folhas e tipo de solo ou cobertura vegetal, imagens individuais de cada planta também foram capturadas visando o uso posterior de diferentes métricas para discriminação entre cultura e planta daninha.

As imagens digitais foram armazenadas coloridas com 24 bits e resolução de 1024 x 768 pixels, salvas no espaço de cores RGB e formato de arquivo JPEG. Posteriormente as imagens foram processadas utilizando a Toolbox de Processamento de Imagens do Matlab 9.0 R2011 (Mathworks). O algoritmo apresentado aqui foi implementado num computador Intel Core 2 CPU, 2.13 GHz e 2 Gb Ram, rodando sistema operacional Windows. A Figura 1 apresenta imagens capturadas e utilizadas para processamento.



Figura 1. Plantas utilizadas na formação do banco de dados.

Para detecção de plantas daninhas, primeiramente, as imagens foram transformadas do espaço RGB em imagens de índice monocromático, para aumentar o contraste entre as plantas e o solo de fundo, ou seja, destacar a vegetação dos outros elementos da cena (solo, pedras, palha, etc.). Embora existam vários métodos de segmentação para imagens coloridas, aqui foi utilizado o método do verde absoluto adotado por Nejadi et al. (2008), onde o valor do verde absoluto é obtido por meio do cálculo da distância euclidiana:

$$PCD = \sqrt{\text{pixel}(r)^2 + [\text{pixel}(g) - 1]^2} \quad (1)$$

Onde PCD é a distância do pixel para o verde o absoluto, pixel (r) é o valor atribuído ao pixel no plano vermelho e pixel (g) é o valor atribuído ao pixel no plano verde. O PCD foi aplicado em todos os pixels da imagem, aqueles que tinham a distância Euclidiana maior que um limiar foram designados como fundo. A Figura 2 exhibe o resultado desta segmentação numa imagem de teste.



Figura 2. Imagem resultante da remoção de fundo.

Posterior a remoção do fundo, realiza-se um pré-processamento que consiste na filtragem de ruídos e aplicação de operadores morfológicos de abertura e fechamento para destaque ou remoção de elementos desconectados na imagem. Basicamente, o operador morfológico de abertura consiste na aplicação sucessiva das operações de erosão e de dilatação e tem como resultado a eliminação de pontos isolados, ou seja, pequenos objetos são removidos ou divididos. Em contraponto o operador morfológico de fechamento consiste na aplicação sucessiva das operações de dilatação e de erosão, promovendo a eliminação de espaços isolados, resultando no preenchimento de pequenos buracos, podendo unir objetos

próximos (GONZALEZ e WOODS, 2007; ZHOU et al, 2012). A aplicação consecutiva destas duas operações de abertura e fechamento faz com que os ruídos sejam eliminados sem a alteração do tamanho dos objetos. O elemento estruturante, o qual define a vizinhança a ser trabalhada utilizado nesse trabalho possui a dimensão 3 x 3 em formato de disco. Ao final da etapa de pré-processamento, criou-se uma função que identificava o ângulo de inclinação das linhas de cultura nas imagens limiarizadas, utilizando a transformada de Hough (DUDA e HART. 1972).

Para a aplicação da transformada de Hough, foi utilizada a metodologia proposta por Duda e Hart (1972), os quais utilizaram o sistema de coordenadas polares para representação de uma linha reta, sendo esta parametrizada pela distância perpendicular (ρ) da origem à reta no plano x-y (plano da imagem), e pelo ângulo (θ) com a normal (eixo x) (Figura 3). Assim todo ponto (x, y) de uma reta satisfaz a equação 2:

$$x * \cos (\theta) + y * \sin (\theta) = \rho \quad (2)$$

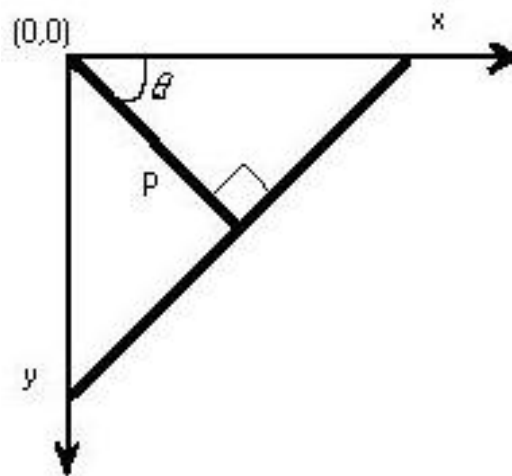


Figura 3. Representação dos parâmetros de uma equação de reta em coordenada polar.

O princípio desta técnica é a transformação dos pontos que representam objetos (pixels diferente de zero) do plano original x-y da imagem binária para o plano dos parâmetros ρ - θ . Portanto, pela equação 2, cada ponto (x, y) na imagem binária referente a objeto, gera uma curva senoidal em ρ - θ . Desta maneira, as curvas de pontos colineares na imagem binária se interceptam em um mesmo ponto em ρ - θ . Identificando estes valores de ρ e θ e utilizando novamente a equação 2 é possível localizar linhas na imagem pelos valores de x e y encontrados. Sendo assim, o algoritmo desenvolvido aplicava esta técnica e encontrava todos os valores de ρ e θ referentes aos pontos de interseções em cada imagem.

A etapa final no processo de detecção de plantas daninhas em culturas agrícolas foi a classificação orientada a objetos. Foram utilizados como dados de entrada a imagem das entrelinhas, a qual é resultante do corte da região considerada como linha pelo algoritmo de Hough. Utilizou-se um algoritmo baseado na informação da área de pixels para determinar folhas remanescentes da cultura e plantas daninhas, sendo que as maiores áreas estão associadas à área de folhas de milho. Ao final o índice de área coberta por plantas daninhas foi obtido e sua precisão determinada por comparação entre a mesma imagem segmentada manualmente e a resultante do processo de classificação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sistemas digitais para detecção e reconhecimento de Plantas daninhas são capazes de distinguir a cultura das Plantas daninhas de modo a permitir que equipamentos automatizados

apliquem herbicidas localmente ou que sistemas mecânicos de capina sejam acionados (BAKKER et al. 2010). Entretanto, para que tais sistemas sejam funcionais é requerida a existência de características diferenciáveis entre as Plantas daninhas, cultura, solo e qualquer outro objeto presente na cena. Segundo Sena Junior et al. (2011) a distribuição espacial de plantas daninhas é predominante no ambiente entre as linhas de cultura, podendo em certos casos desenvolver-se junto a linha de cultivo. Para Golzarian e Frick (2011), para identificação de plantas daninhas por análises de imagens, a seleção de características depende diretamente do tipo de imagem utilizada, sendo selecionadas de modo geral, as características que baseiam-se em diferenças geométricas, de textura ou de reflectância espectral.

Considerando as afirmações acima, o primeiro estágio desse trabalho procurou identificar as linhas de cultura na imagem para posteriormente analisar a presença ou ausência de plantas daninhas no espaço entre linhas de cultivo. A Figura 4 apresenta a imagem de linhas de milho já segmentadas (sem fundo) e o gráfico de Rho e Teta com a região de maiores intersecções das curvas em destaque.

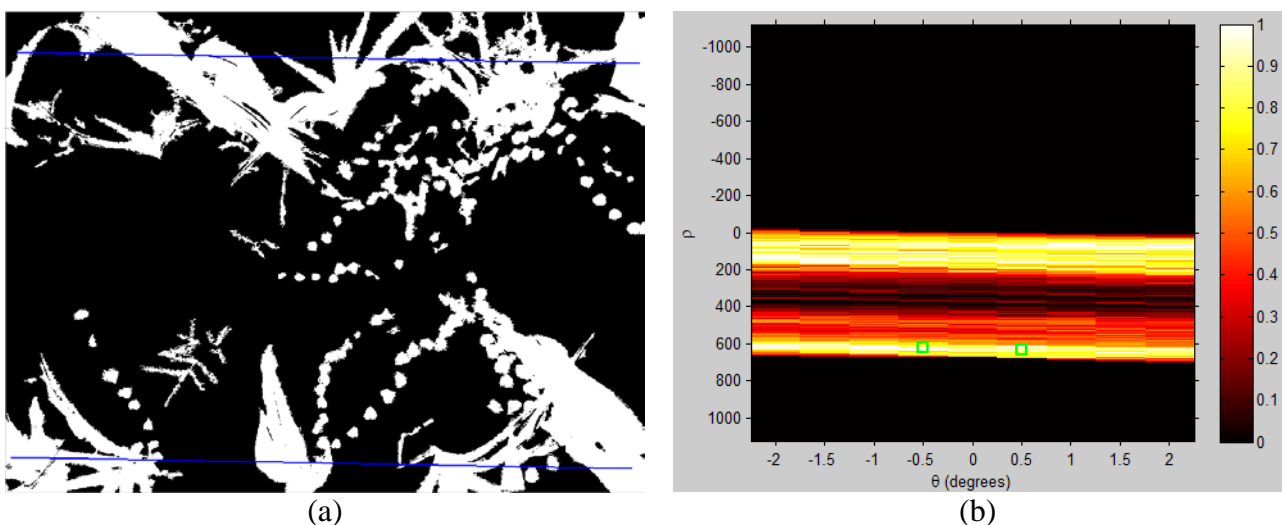


Figura 2. Imagem de milho limiarizadas (a) e o grafico de Rho e Teta (b).

Após definida e selecionada a região de interesse da imagem a ser trabalhada, a mesma foi recortada de forma que o processamento para estimativa da área coberta por plantas daninhas seja realizado apenas no espaço entrelinhas. Nessa etapa, resquícios de folhas de milho ainda permaneciam na imagem comprometendo a qualidade da estimativa de área ocupada apenas por plantas daninhas, para minimizar o problema aplicou-se um algoritmo para cálculo de área de pixels ocupada na imagem, atribuindo um limiar determinando como resquícios de folhas todos os objetos com valor de área maior que o limiar.

Para as imagens analisadas, o uso da transformada de Hough não se mostrou eficiente durante a detecção de linhas. Com variação angular entre -2° a 2° , das 53 imagens apenas 10 imagens detectaram corretamente as linhas de cultura, 38 imagens detectaram apenas uma linha e as demais não identificaram ou determinaram o centro das entrelinhas como linha de cultura. Segundo Romeo et al. (2012) para que as linhas existentes na imagem sejam corretamente identificadas no espaço de Hough é interessante que existam muitos pontos contribuindo para o mesma orientação. Notou-se que as imagens analisadas apresentavam inúmeras falhas de plantas na linha de cultivo, fato que pode ter comprometido o desempenho do algoritmo. A Figura 3 exibe uma amostra de imagem com poucas plantas e sua representação no espaço de Hough.

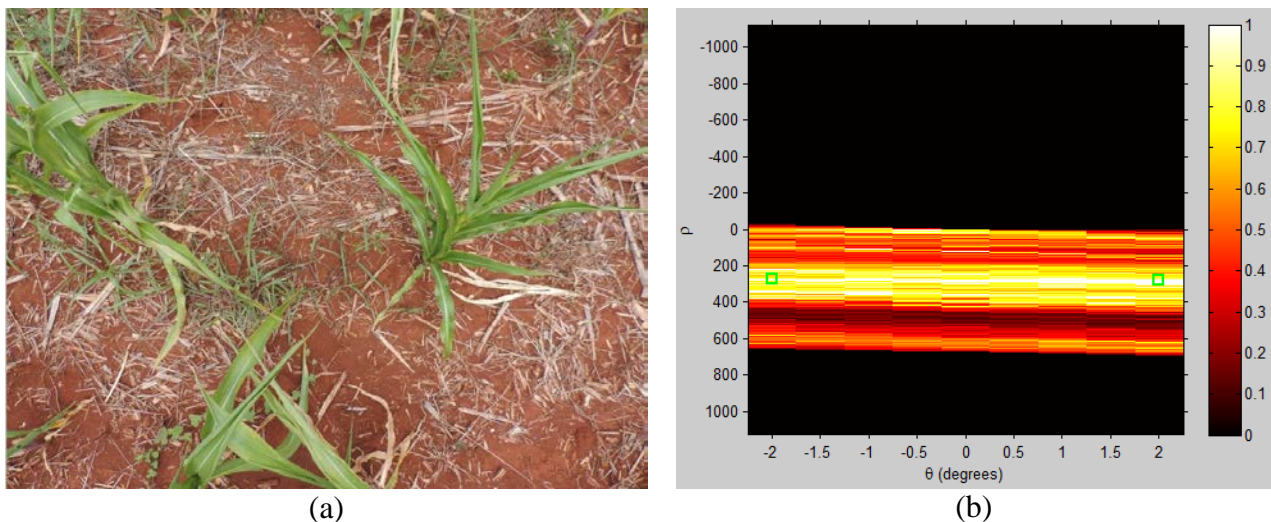


Figura 3. Imagem com falhas na linha de milho (a) e o gráfico de Rho e Teta (b).

Na segunda etapa dos testes procurou-se avaliar a área ocupada por plantas daninhas na imagem utilizando o algoritmo de estimativa de área por limiar. Para cada nova imagem analisada o algoritmo identificou a porcentagem de área de solo coberta por plantas daninhas, centro de massa da localização das plantas e taxa de acerto comparado com a detecção feita manualmente. A Figura 4 apresenta a imagem do boxplot da precisão dos acertos do algoritmo comparado com a identificação manual.

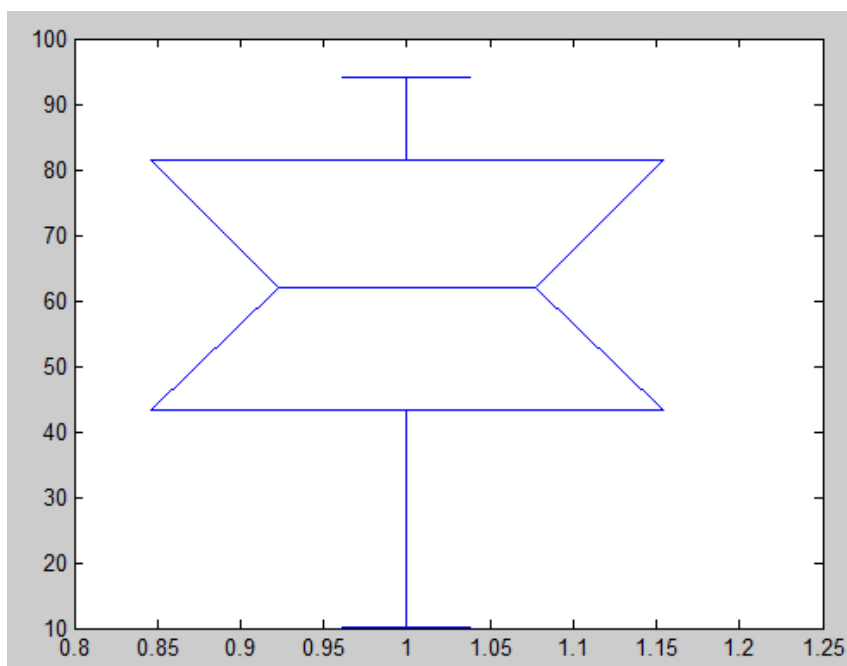


Figura 4. Boxplot da comparação entre o índice de acerto automático e manual.

Pela análise dos dados, constatou-se que a média de precisão do método foi de 61%, tendo como valor mais alto e mais baixo 94,32% e 0,00% respectivamente. Pelo boxplot, nota-se que os dados apresentam distribuição entre valores de precisão de 45 e 82%. Utilizando características de textura para construir uma matriz de co-ocorrência de níveis de cinza, Hiremath et al. (2012) obtiveram taxa de acerto media de 90%. De acordo com Feyaerts e Gool (2001), com taxas de acerto a partir de 80% e possível reduzir em até 90% o volume de herbicida aplicado. Gerhards et al. (2002), conseguiram redução de até 98% no uso de herbicida para controle de ervas daninhas em cultivo de beterraba açucareira através da aplicação localizada.

CONCLUSÕES

Em testes, o algoritmo de Hough não foi capaz de identificar as linhas de cultura em todas as imagens, acredita-se que esse fato esteja associado a qualidade das linhas de cultivo que apresentavam muitas falhas e plantas em diferentes tamanhos, isso decorrente de problemas enfrentados com seca prolongada. Entretanto, o algoritmo complementar de identificação por tamanho apresentou índice médio de 61% de acertos. O método revela grande potencial de aplicações para monitoramento de plantas daninhas de lavouras em linhas, no entanto estudos mais detalhados utilizando imagens com melhor qualidade devem ser desenvolvidos.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por concederem recursos para execução desta pesquisa. FAPESP 2012/20236-6 e FAPESP 2012/19958-7.

REFERÊNCIAS

- BAKKER, T., ASSELT VAN, K., BONTSEMA, J., MÜLLER, J., and STRATEN VAN, G. 2010. Systematic design of an autonomous platform for robotic weeding, *Journal of Terramechanics*, Volume 47, Issue 2, April 2010, Pages 63-73.
- CAMPOS, M. C. C., JÚNIOR, J. M., PEREIRA, G. T., SOUZA, Z. M., and MONTANARI, R. 2009. Planejamento agrícola e implantação de sistema de cultivo de cana-de-açúcar com auxílio de técnicas geoestatísticas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, n.3, p.297–304.
- DUDA, R.O. and HART, P.E. (1972). Use the Hough transformation to detect lines and curves in pictures. *Communications of the ACM*, v.15, n.1, p. 11 – 15.
- FEYAERTS, F. and GOOL L.V. 2001. Multi-spectral vision system for weed detection. *Pattern Recognition Letters*, v.22, n.6-7, p.667- 674, 2001.
- GERHARDS, R., SÖKEFELD, TIMMERMANN, C. and KÜBAUCH. 2002. Site-specific weed control in maize, sugar beet, winter wheat, and winter barley. *Precision Agriculture*, 3, 25-35, 2002.
- GOLZARIAN, M.R. and FRICK, R.A. 2011. Classification of images of wheat, ryegrass and brome brass species at early growth stages using principal component analysis. *Plant Methods*, 7:28, 2011.
- GONZALEZ, R.C. and WOODS, R.E. *Digital Image Processing*. Pearson Prentice Hall, 3rd. Edition, 2007.
- HEMMING, J., and RATH, T. Computer Vision based Weed Identification under Field Conditions using Controlled Lighting. *J. agric. Engng Res.*1-17, 2008.
- HIREMATH, S., VAN DER HEIJDEN, G., VAN EVERT, F.K. and STEINŞ, A. 2012. The role of textures to improve the detection accuracy of *Rumex obtusifolius* in robotic systems. *Weed Research* 52, 430–440.
- LOPEZ-GRANADOS, F. 2011. Weed detection for site-specific weed management: mapping and real-time approaches. *Weed Research* 51, 1–11.
- NEJATI, H., AZIMIFAR, Z., and ZAMANI, M. 2008. Using fast fourier transform for weed detection in corn fields. *Systems, Man and Cybernetics*, 2008. SMC 2008. IEEE International Conference on, pp.1215,1219, 12-15 Oct. 2008.

ROMEO, J., PAJARES, G., MONTALVO, M., GUERRERO, J.M., GUIJARRO, M. and RIBEIRO, A. (2012). Crop row detection in maize fields inspired on the human visual perception. *The Scientific World Journal*, Volume 2012, Article ID484390, 10 pages.

SENA JUNIOR, D.G., COSTA, M.M., RAGAGNIN, V.A., GOBBI, K.F.C., PINTO, F.A.C. and OLIVEIRA NETO, O.V. (2011). Image processing to assess the spatial variability of weeds in no-tillage. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 27, n. 4, p. 536-543, July/Aug. 2011.

SILVA, I.A.B., KUVA, M.A., ALVES, P.L.C.A., and SALGADO, T.P. 2009. Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana-soca. *Planta daninha*. vol.27, n.2, pp. 265-272.

ZHOU, R., DAMEROW, L., SUN, Y. and BLANKE, M.M. (2012). Using colour features of cv. 'Gala' apple fruits in an orchard in image processing to predict yield. *Precision Agriculture*, October 2012, Volume 13, Issue 5, pp 568-580.