

XXI Encontro Sobre a Cultura do Amendoim
07 a 09 de agosto de 2024 na Estação de Eventos Cora Coralina e FCAV/UNESP,
Jaboticabal-SP

SISTEMA PARA RECONHECIMENTO DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO AMENDOIM BASEADO EM VISÃO COMPUTACIONAL E APRENDIZADO DE MÁQUINA

Bruno Moraes Moreno¹, Paulo Estevão Cruvinel¹, Augusto Guerreiro Fontoura Costa², Pedro Luis da Costa Aguiar Alves³

¹Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação – UFSCar; Embrapa Instrumentação;

²Embrapa Algodão; ³Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, UNESP-Jaboticabal

RESUMO: Esta pesquisa tem como objetivo utilizar e desenvolver a Visão Computacional para a identificação e o reconhecimento localizado de plantas daninhas na cultura do amendoim, a partir dos princípios de agricultura de precisão e aprendizado de máquina, permitindo uma tomada de decisão mais precisa e automatizada. O experimento foi conduzido de outubro a dezembro em área experimental de 72 m² em Jaboticabal-SP, em fase de florescimento do amendoim e de crescimento das plantas daninhas. Imagens da cultura foram capturadas e processadas para o treinamento de classificadores supervisionados, que obtiveram acurácia da ordem de 80% na identificação das plantas daninhas.

Palavras-Chave: *Arachis hypogaea* L., *Mucuna aterrima* L., *Urochloa decumbens* (Stapf) R. D. Webster, agricultura de precisão.

INTRODUÇÃO

Um dos desafios no cultivo do amendoim (*Arachis hypogaea*) é a interferência de plantas daninhas, já que a cultura é altamente suscetível à competição devido ao crescimento inicial lento (SAI; SUBRAMANYAM, 2023). A presença de plantas daninhas na cultura do amendoim pode resultar em perdas de produtividade maiores que 90% (ZANARDO et al., 2018). Além disso, de poder interferir no processo de colheita, aumentando os custos de produção e podendo impactar na qualidade do produto (SARTORI et al., 2023).

Uma das formas mais conhecidas de se combater as plantas daninhas é a partir do uso de herbicidas, que é capaz de combatê-las de forma menos custosa do que a capinação manual (SARIN et al., 2021). Porém, o uso irracional em grandes quantidades de insumos pode trazer consequências negativas tanto para o meio ambiente quanto para a saúde dos agricultores e dos consumidores, diminuindo a sustentabilidade na aplicação de herbicidas (ABBOU et al., 2024). Assim, métodos que objetivam uma aplicação racional e precisa de insumos devem ser preteridos, entre eles o uso de Visão Computacional otimizando o reconhecimento de plantas daninhas no ambiente e permitindo tomadas de decisões específicas e localizadas quanto à pulverização de herbicidas (GOMES; LETA, 2012).

XXI Encontro Sobre a Cultura do Amendoim
07 a 09 de agosto de 2024 na Estação de Eventos Cora Coralina e FCAV/UNESP,
Jaboticabal-SP

Tais princípios de otimização de manejo e produtividade a partir de algoritmos que utilizam informação obtida a partir de imagens digitais seguem os fundamentos da agricultura de precisão.

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema desenvolvido visa capturar imagens em ambiente real de cultivo, a partir de um protótipo composto por uma estrutura metálica móvel, fonte de energia própria, placa embarcada Raspberry Pi acoplado com câmera Pi, de tal modo que o hardware e software viabilizem a operação de reconhecimento e classificação de padrões de famílias de plantas daninhas. O sistema tem controle operacional realizado a partir de um dispositivo móvel, a partir do uso de comunicação Bluetooth.

Para o experimento, foram selecionadas duas plantas daninhas da cultura do amendoim (cultivar IAC OL3) para a análise: a mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), planta de folhas largas verde-escuras; e o capim-braquiária (*Urochloa decumbens*), planta de folhas compridas em formato de lâminas. O experimento foi realizado no município de Jaboticabal-SP, em área experimental do campus da Universidade Estadual Paulista (Unesp), no período de outubro a dezembro. O manejo de pragas e doenças foi realizado conforme recomendações específicas à cultura (GODOY et al. 2014).

A área de cultivo de amendoim selecionada para o experimento apresentava 16 fileiras da cultura com cinco metros de comprimento (14,4 x 5 m), totalizando 72 m². Para simular a presença das plantas daninhas na cultura do amendoim, foram semeadas fileiras de sementes das plantas daninhas conjuntamente e separadamente, a cerca de 20 cm de distância das linhas de semeadura de amendoim, a 3 cm de profundidade. A coleta das imagens foi realizada aos 63 e 42 dias após a semeadura das plantas daninhas e do amendoim, respectivamente. As plantas de amendoim, mucuna-preta e capim-braquiária apresentavam alturas médias de 29, 39 e 53 cm, respectivamente. O amendoim se encontrava em fase de florescimento e as plantas daninhas em estágio vegetativo.

Após coletadas as imagens foram pré-processadas, filtrando ruídos e enviesamentos derivados das características intrínsecas do sensor. O objeto de interesse foi selecionado a partir de uma segmentação por limiarização de histograma, convertendo a imagem original para o espaço de cor *Hue-Saturation-Value* (HSV) e seleciona uma faixa no canal H correspondente às cores das plantas. Tal método apresenta um melhor resultado ao segmentar plantas, diminuindo o impacto da variação de iluminação e saturação em diferentes imagens (PEREIRA et al., 2017). Para melhorar o resultado, operações morfológicas de fechamento e abertura foram aplicadas para reduzir pequenos buracos e objetos presentes, respectivamente.

A partir deste ponto, utilizou-se a imagem segmentada como uma máscara na imagem original e a partir da intensidade dos *pixels* restantes foi realizada a extração de características das plantas imageadas por um descritor de textura e outro de forma. O descritor de textura utilizado foi baseado em cinco momentos de Haralick: energia, entropia, contraste, homogeneidade e correlação (HARALICK et al., 1973). Já o descritor de forma aplicado foi o Padrões Binários Locais (LBP) nas

XXI Encontro Sobre a Cultura do Amendoim
07 a 09 de agosto de 2024 na Estação de Eventos Cora Coralina e FCAV/UNESP,
Jaboticabal-SP

bordas das folhas obtidas pelo algoritmo de detecção de bordas de Canny (SONG et al., 2017; LE et al., 2020).

Adicionalmente, os dados dos descritores foram agrupados em vetores, com um correspondente a cada janela presente na imagem, que foram utilizados para o treinamento de um classificador que auxilia na separação das espécies das famílias de plantas daninhas. Cada janela é rotulada manualmente e binariamente com a presença ou não de cada planta.

O classificador empregado foi o Máquina de Vetores de Suporte (SVM) (REHMAN et al., 2019), variando os parâmetros internos e dividindo as amostras em 80% para treinamento e 20% para testes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi obtido um total de 64 imagens de 1280 x 960 *pixels* com georreferenciamento representando o campo de cultivo em que houve crescimento de plantas, com cada imagem sendo capturada em uma área de 0,76 m² da área experimental, formando uma grade de 8 por 8. A faixa ideal para a limiarização para o processo de segmentação foi de valores do canal H entre 25 e 70; as operações morfológicas eliminaram objetos com menos de 75 *pixels* de área e buracos menores que 150 *pixels*. Ao dividir as imagens em janelas quadradas de 100 *pixels* (eliminando as regiões onde se encontrava o pé do aparelho responsável pela captura), resultou-se em 6912 amostras no total (108 por imagem), com 5529 separadas para o treinamento dos classificadores e 1383 para teste. O vetor obtido pela etapa de extração de características teve tamanho igual a 14 por janela.

Para os classificadores SVM três *kernels* foram analisados: linear, gaussiano e função de base radial (RBF). As funções de *kernel* têm como objetivo lidar melhor com os padrões não lineares de semelhança entre elementos da mesma classe. Analisando todos eles e considerando o tempo de processamento e a acurácia, a melhor configuração para a classificação das plantas daninhas foi obtido com o *kernel* RBF ($C = 1000$ e $\gamma = 0,01$), com acurácia de 79,2% para o capim braquiária e 82,5% para a mucuna preta. Os resultados de precisão, sensibilidade e F-score para cada classificador podem ser vistos na Tabela 1. Em frente aos resultados apresentados, foi possível observar oportunidades para melhoria na sensibilidade de detecção de plantas daninhas, que poderia ser aumentada a partir de um vetor de características com mais elementos (adicionando mais descritores em detrimento do tempo de processamento).

Tabela 1. Resultado dos classificadores SVM para cada planta invasora.

Classificador	Precisão	Sensibilidade	F-score	Acurácia
SVM mucuna	0,80	0,41	0,54	82,5%
SVM braquiária	0,72	0,14	0,23	79,2%

XXI Encontro Sobre a Cultura do Amendoim
07 a 09 de agosto de 2024 na Estação de Eventos Cora Coralina e FCAV/UNESP,
Jaboticabal-SP

A Figura 1 apresenta um exemplar da imagem original, do rótulo utilizado para o treinamento e do resultado dos classificadores (preto não é planta invasora, falsa cor sim). Na imagem rotulada, a pseudo-cor verde representa a mucuna, a azul a braquiária e a vermelha outras plantas (incluindo o amendoim).

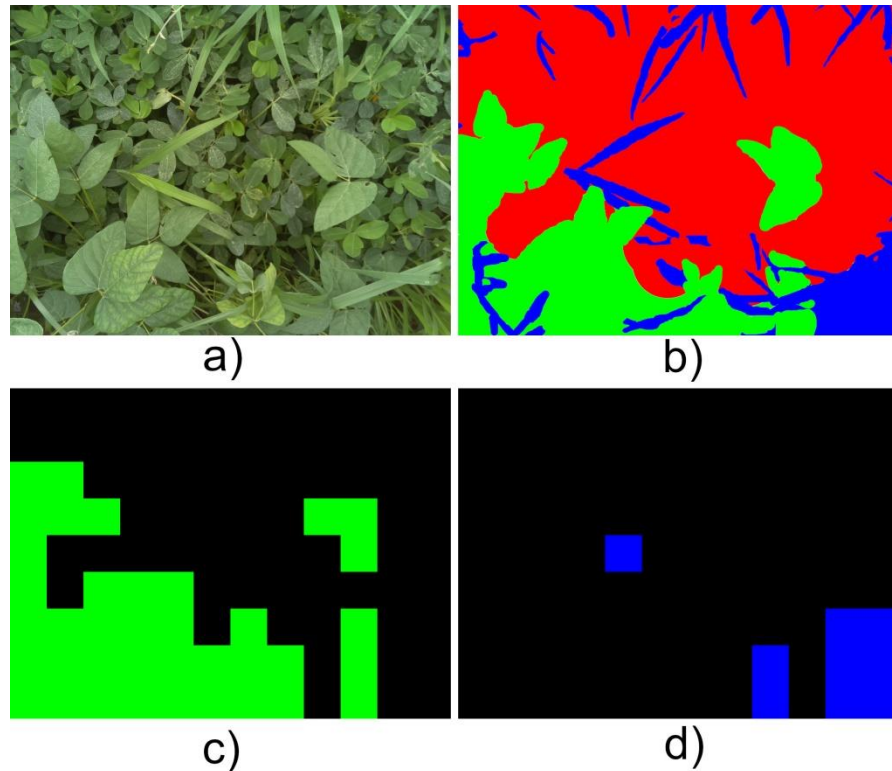


Figura 1. (a) Imagem original capturada pelo sistema. (b) Imagem rotulada manualmente. (c) Resultado do classificador para a mucuna-preta. (d) Resultado do classificador para o capim-braquiária.

CONCLUSÕES

É possível concluir que o algoritmo é capaz de reconhecer e distinguir a presença de diferentes plantas daninhas na cultura do amendoim. Com essa informação localizada de área ocupada, pode-se realizar uma aplicação mais precisa e controlada de herbicidas.

AGRADECIMENTOS

Os autores prestam seus agradecimentos à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), processo 88887.488562/2020-00.

XXI Encontro Sobre a Cultura do Amendoim
07 a 09 de agosto de 2024 na Estação de Eventos Cora Coralina e FCAV/UNESP,
Jaboticabal-SP

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOU, M.; CHABBI, M.; AYADI, M.; ZANTAR, S.; BENICHA, M. Assessing environmental impacts of pesticide usage in oiled seed ecosystems using environmental pesticide pressure indicators: a case study of groundnut in Loukkos plain, north-west Morocco. **Environment, Development and Sustainability**, v.26, p. 3349-3367, 2024.
- GODOY, I. J. et al. Amendoim – *Arachis hypogaea* L. In: AGUIAR, A. T. E. et al. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**, Boletim IAC nº 200, 7 ed., p. 22-27, 2014.
- GOMES, J. F. S.; LETA, F. R. Applications of computer vision techniques in the agriculture and food industry: a review. **European Food Research and Technology**, v.235, p. 989-1000, 2012.
- HARALICK, R. M.; SHANMUGAM, K.; DINSTEN, I. Textural features for image classification. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, SMC-3, n. 6, p. 610-621, 1973.
- LE, V.; AHDEROM, S.; APOPEI, B.; ALAMEH, K. A novel method for detecting morphologically similar crops and weeds based on the combination of contour masks and filtered local binary pattern operators. **GigaScience**, v. 9, n. 3, 2020.
- PEREIRA, C. S.; MORAIS, R.; REIS, M. J. C. S. Recent advances in image processing techniques for automated harvesting purposes: A review. In: **2017 Intelligent Systems Conference (IntelliSys)**, p. 566-575, 2017.
- REHMAN, T. U.; MAHMUD, M. S.; CHANG, Y. K.; JIN, J.; SHIN, J. Current and future applications of statistical machine learning algorithms for agricultural machine vision systems. **Computers And Electronics In Agriculture**, 156, p. 585-605, 2019.
- SAI, N. G.; SUBRAMANYAM, D. Impact of weed management practices on weed growth, crop yield and soil microbes in groundnut. **Indian Journal of Weed Science**, v.55, n.3, p. 340-344, 2023.
- SARIN, S. et al. Weed management in summer groundnut (*Arachis hypogaea* L.). **Journal of Crop and Weed**, v.17, n.1, p. 272-277, 2021.
- SARTORI, H. L.; COSTA, A. G. F.; SOFIATTI, V.; ALVES, P. L. C. A. Application of herbicides and sugar cane straw on controlling of *Mucuna aterrima* L. in peanut crop. **Australian Journal of Crop Science**, v. 17, n. 11, p. 835-840, 2023.
- SONG, R.; ZHANG, Z.; LIU, H. Edge connection based canny edge detection algorithm. **Pattern Recognition and Image Analysis**, Springer, v. 27, p. 740-747, 2017.

XXI Encontro Sobre a Cultura do Amendoim
07 a 09 de agosto de 2024 na Estação de Eventos Cora Coralina e FCAV/UNESP,
Jaboticabal-SP

ZANARDO, H. G.; CARREGA, W. C.; HIJANO, N.; CESARIN, A. E.; MARTINS, P. F. R. B.;
GODOY, I. J.; ALVES, P. L. C. A. Herbicide selectivity in peanut cultivars. **Journal of Agricultural
Science**, v. 10, n. 8, p. 447 – 456, 2018.