

## DADOS HIPERESPECTRAIS DE VARIEDADES DE SOJA SOB DIFERENTES TEMPOS DE ATAQUE DO PERCEVEJO *Euschistus heros*

Luiz Eduardo Vicente<sup>1</sup>, Alessandra Fagioli da Silva<sup>1</sup>, Adeney de Freitas Bueno<sup>3</sup>, Andréa Koga-Vicente<sup>4</sup>,  
Luciana Spinelli-Araujo<sup>1</sup>, Rodrigo Mendes Antunes Maciel<sup>2</sup>, Samuel Roggia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP-340, Km 127,5, Tanquinho Velho, Jaguariúna, SP {luciana.spinelli@embrapa.br, luiz.vicente@embrapa.br, alefagioli@hotmail.com}; <sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100 - Jardim das Américas, Curitiba - PR {rodrigoam.maciel@gmail.com}; <sup>4</sup>Embrapa Soja, Rodovia Carlos João Strass, s/n° Acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta, Londrina, PR {samuel.roggia@embrapa.br, adeney.bueno@embrapa.br},  
<sup>4</sup>AKV Geo, Alameda dos Ipês, 1215, Jaguariúna, SP {andrea.kvicente@gmail.com}

### RESUMO

A demanda mundial por soja envolve questões estratégicas globais relativas à segurança alimentar. O crescente ataque de pragas reduz a produtividade, o que implica na necessidade de expansão das lavouras e aumento na aplicação de defensivos agrícolas, agravando o impacto ambiental. Assim, a detecção rápida, de baixo custo e larga escala de pragas é fundamental para o cultivo sustentável da soja, objetivos tradicionalmente investigados através de Sensoriamento Remoto. Nesse trabalho utiliza-se dados hiperespectrais (Espectroradiômetro Fieldspec High Res. NG - 350-250 nm) e estatística multivariada para discriminação da resposta espectral de quatro (4) cultivares de soja sob diferentes tempos do ataque de percevejo (*Euschistus heros*) e níveis de tolerância à praga. Foi possível a discriminação das quatro cultivares de soja, e dos cinco tempos pós ataque do percevejo com precisão/curácia de ~95%, isolando o comportamento espectral oriundo do ataque da praga consonante com as características fenológicas esperadas de cada variedade.

**Palavras-chave** — *Glycine max*, espectrorradiometria, percevejo, análise discriminante linear, dados hiperespectrais.

### ABSTRACT

*The world soybean demand involves strategic global issues related to food security. The growing pests attack entails the crop expansion and the increase in pesticides application, exacerbating the environmental impact. Thus, a fast, low cost and large scale pest detection is critical to sustainable soybean production, and these goals are traditionally researched through remote sensing. In this work, hyperspectral data (Spectroradiometer Fieldspec High-Resol. NG - 350-250 nm) and multivariate statistics were used to discriminate the spectral response of four (4) soybean cultivars under different times of stink bug (*Euschistus heros*) and pest tolerance levels. It was possible to discriminate the four soybean cultivars, and the five post-stink bug attack times with precision/accuracy (~95%),*

*isolating the spectral behavior from the pest attack in line with the phenological characteristics expected of each variety.*

**Key words** — *Glycine max*, Spectroradiometry, Stink bug, Linear Discriminant Analysis, hyperspectral dataset.

### 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) está entre os quatro principais cereais produzidos no mundo sendo uma cultura agrícola chave para a segurança alimentar global, entretanto, afetada por diversos insetos que ameaçam a sua produção [1], sendo atualmente o percevejo *Euschistus heros* o principal inseto praga [2] responsável pelo dano direto causado nas sementes, podendo reduzir em até 30% da produção [3].

Para o controle de *E. heros* se utiliza predominantemente inseticidas químicos sintéticos de maneira exacerbada, resultando em seleção de populações resistentes [4], além dos efeitos deletérios ao ambiente. Em contraposição, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) visa a utilização associada e racional de métodos de controle, embasada pelo nível de ação, que se dá pelo monitoramento de insetos-praga no campo, com vias a redução do volume de defensivos empregados, porém, ainda utilizando métodos de monitoramento caros, especializados e demorados (e.g. pano de batida) [5]

A utilização de sensoriamento remoto pode ser uma ferramenta de otimização do monitoramento de *E. heros* [6], sendo uma abordagem não destrutiva para estimar constituintes bioquímicos e morfológicos de plantas que modificam a absorção e dispersão da radiação eletromagnética (REM) em diferentes comprimentos de onda (bandas espectrais) [7]. Através do uso do sensoriamento remoto hiperespectral, o qual pressupõe não apenas grande quantidade de bandas, mas sobretudo contiguidade das mesmas, é possível detectar mudanças sutis nas características biofísicas e bioquímicas das plantas causadas por vários estresses [8], de forma menos demorada e não destrutiva. A utilização de sensoriamento para monitoramento de doenças e plantas daninhas é realidade na cultura da soja, porém ainda faltam estudos

sobre o monitoramento de *E. heros* na soja para qualificação/quantificação dos níveis de ataque no campo. Esta pesquisa tem como objetivo utilizar estatística multivariada para discriminar a resposta espectral de quatro cultivares de soja sob monitoramento espectralradiométrico de diferentes tempos do ataque do percevejo *E. heros*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Embrapa Soja, localizada no município de Londrina-Paraná, no laboratório de Electrical Penetration Graph (EPG), na casa de vegetação em anexo e laboratório de criação de percevejos.

As cultivares de soja utilizadas foram BRS391, BRS543RR e BRS1003IPRO com tecnologia Block<sup>1</sup> e cultivar testemunha BRS388RR, sem a tecnologia. As plantas foram cultivadas em vasos de 4 L em casa de vegetação até o estágio R5, momento que as mesmas foram retiradas para montagem do experimento.

A alimentação de *E. heros* nas diferentes cultivares, foi observada utilizando EPG (monitoramento do exato momento do ataque). As fêmeas de *E. heros*, após sua criação [9], e mantidas em jejum por 15 horas anterior a montagem do experimento, foram levadas para o laboratório de EPG para início da gravação de comportamento alimentar. A montagem das fêmeas no EPG foram conduzidas conforme metodologia [10]. Em todas as cultivares foi observado a onda característica de alimentação de endosperma, além da observação visual.

A reflectância (P) das folhas de soja foi coletada utilizando-se o espectralradiômetro ASD Fieldspec High Res. NG (Analytical Spectra Devices, Inc., Boulder, CO, USA) entre os comprimento de onda 350-2500 nm (Visível-Infravermelho Próximo, Infravermelho de ondas curtas). Para eliminar as incertezas relacionadas à variação da radiação difusa do ambiente, utilizou-se a sonda de contato para plantas (*leaf clip*), que possui iluminação própria com lâmpada halógena de baixa intensidade, combinada ao prendedor de plantas dotado de fundo branco Spectralon.

Para padronização das leituras em diferentes períodos, a planta foi estratificada pelas estruturas de nós. As assinaturas foram coletadas na parte superior (a partir do 5o. nó), considerando-se apenas o folíolo central de cada folha, com as leituras por folíolo e subsequente média dos espectros. As leituras foram realizadas em plantas previamente ao ataque (PA) de *E. heros* e em diferentes períodos pós-ataque (dias: 0, 3, 6 e 15). Os espectros foram posteriormente submetidos à análise para detecção de anomalias e remoção de *gaps* oriundos do deslocamento entre os detectores (*splice correction*) (Figura 1).

<sup>1</sup> Tecnologia Block se refere a plantas melhoradas com tolerância ao ataque de percevejos

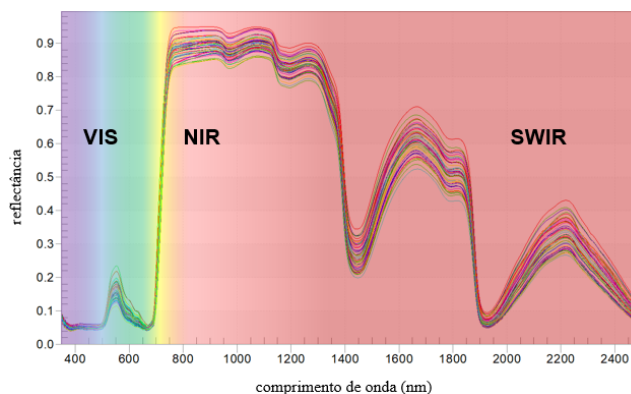


Figura 1. Assinaturas espectrais da *Glycine max* nas fases PA, OD, 3D, 6D e 15D sobre regiões do espectro eletromagnético.

A Análise Discriminante Linear (ADL) foi aplicada utilizando-se o conjunto de dados formados por 2150 comprimentos de onda (350-2500 nm), que corresponde a resposta espectral de 4 (quatro) cultivares de soja submetidas a 5 (cinco) tempos do ataque do percevejo *E. heros*, organizados em 6 grupos de diferentes tratamentos. A ADL foi implementada de forma a reduzir a dimensionalidade dos dados e agrupá-los com base nos valores das variáveis (Python/sklearn) [11], assim tem-se uma classificação a priori e uma classificação a posteriori, dada pela análise discriminante e, com isso pode ser verificado se com os valores de reflectância é possível identificar (diferenciar) cultivares e tempo do ataque.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da ADL mostrou que houve 100,00% de sucesso na classificação das cultivares de soja e dos tempos do ataque do percevejo *E. heros* com boa precisão e acurácia (Figura 2). Os dados do grupo 1 obteve nas duas primeiras discriminantes lineares uma representação 78% da variabilidade dos dados, já no grupo 2 apresentou 85% da variabilidade. Na Figura 2a observa-se que a cultivar de soja 391 está agrupada mais separadas das demais, demonstrando possuir resposta espectral com maior dissimilaridade que as demais cultivares de soja. Já as cultivares de soja 388 e 1003 são mais semelhantes entre si. Os dados do tratamento PA (Figura 2b) apresentam-se mais distantes dos demais tempos do ataque do percevejo.

As reflectâncias das cultivares de soja aos 15 dias após ataque do percevejo *E. heros* está mais próximo das reflectâncias das cultivares da soja no dia de entrada do percevejo (Figura 2a). Já as reflectâncias das cultivares da soja aos 3 e 6 dias após o ataque do percevejo estão mais afastadas dos demais conjuntos de dados e mais próximas entre si. Com isso, pode-se inferir que o comportamento espectral da soja aos 3 e 6 dias após o ataque do percevejo proporciona melhor diferenciação ao ataque do percevejo e, que com o tempo a planta recupera-se do ataque, dado que a resposta espectral aos 15 dias após o ataque do percevejo

está próxima das refletâncias do dia de entrada do percevejo na soja. Resultado consonante com o comportamento fisiológico da soja sob ataque.

Na ADL aplicada aos grupos 3 a 6 verifica-se que a representação da variabilidade dos dados obtida nas duas primeiras discriminantes lineares foram de 89%, 79%, 78% e 75% para as cultivares de soja 388, 391, 543 e 1003, respectivamente (Figura 3). Nas quatro cultivares de soja (Figura 3a, b, c e d) pode ser verificado que o conjunto de dados referente a resposta espectral de 3 e 6 dias do ataque do percevejo apresentam-se mais afastadas dos demais tempos do ataque do percevejo e mais similares entre si. Bem como aos 15 dias do ataque do percevejo, possui resposta espectral mais próxima de PA e OD do que do 3D e 6D. O potencial do uso de dados espectrais para classificação de plantas usando a ADL baseado em reflectância de superfície foi confirmado por vários estudos e obteve alta confiabilidade na classificação [12]. E, Furlaneto et al.[13] ao aplicar a ADL para classificar diferentes níveis de ferrugem asiática da soja obtiveram 100% de sucesso nos dados avaliados. Entretanto, deve-se considerar que, no que tange ao percevejo, não existem sinais aparentes do ataque na folha, dificultando sua identificação em determinados comprimentos de onda relacionados a região do visível (~350-750 nm).

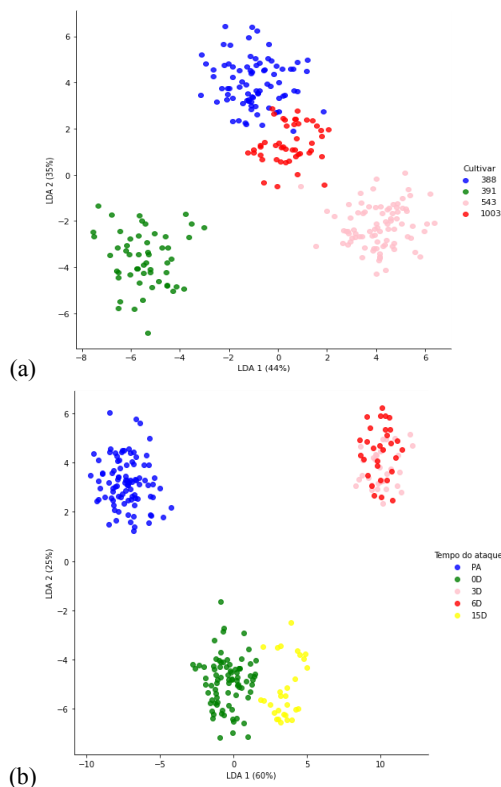


Figura 2. Análise Discriminante Multigrupos aplicada a resposta espectral de cultivares de soja submetidas ao ataque do percevejo *Euschistus heros*, (a) para discriminar as cultivares e (b) para discriminar os tempos do ataque do percevejo.

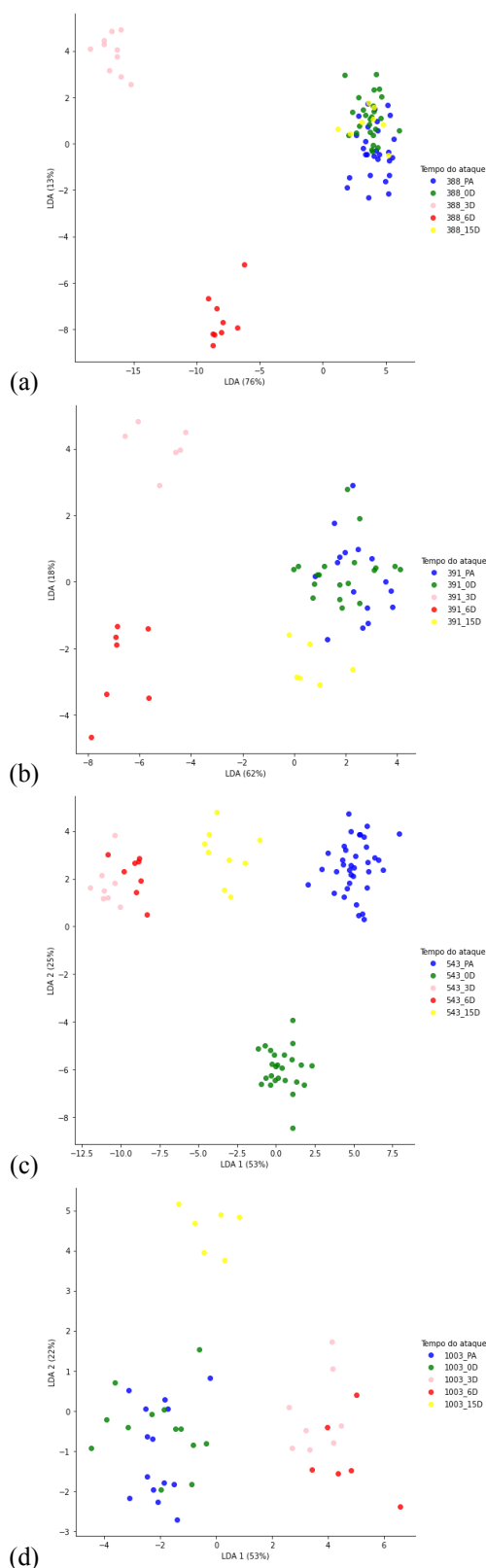


Figura 3. Análise Discriminante Multigrupos aplicada a resposta espectral das cultivares (a) 388, (b) 391, (c) 543 e (d) 1003 de soja submetidas ao ataque do percevejo *Euschistus heros* para discriminar o tempo do ataque do percevejo.

Na discriminação dos tempos do ataque do percevejo com a aplicação da ADL nas cultivares de soja em grupos separados (Figura 3) obteve 100 % de sucesso para as cultivares 388 e 543 e 96% de sucesso para as cultivares 391 e 1003. A menor precisão de discriminação dos tempos do ataque do percevejo nas cultivares de soja 391 e 1003 ocorreram entre PA e OD. De acordo com Barros et al. [14], as plantas com infestação média foram classificadas com maior precisão (85,71%), enquanto a maioria dos erros de classificação ocorreram em plantas com baixa infestação (69,57%). A dificuldade com essa discriminação é a falta de expressão de sintomas no início da temporada e a conexão dos fatores que causam as mudanças biofísicas/químicas nas plantas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados hiperespectrais foram capazes de reproduzir integralmente variações nas curvas espectrais associadas a compostos físico-químicos do alvo, no caso a soja e sua reação ao ataque do percevejo, de forma que, consorciado com o método ADL enquanto minerador de dados, mostrou-se de grande eficiência na detecção da presença do percevejo na cultura da soja em seus diferentes níveis de ataque, obtendo-se a discriminação das quatro cultivares de soja, e dos cinco tempos do ataque do percevejo *E. heros* com boa precisão e acurácia, consonante com as características fenológicas intrínsecas de cada cultivar.

O uso de dados hiperespectrais, mesmo ainda estando no estado da arte para seu respectivo uso rotineiro (alto custo e alta especialização), aponta importantes possibilidades de resultados robustos no bojo da espectroscopia de reflectância/imageamento, considerando-se, por exemplo a utilização neste trabalho de valores de reflectância de superfície e comprimentos de onda entre 350-2500 nm, grandeza e região do espectro análogas e amplamente utilizadas por sensores ópticos (e.g. laboratoriais; imageadores) disponíveis atualmente para utilização em larga escala à baixo custo.

#### 5. REFERÊNCIAS

[1] L. G. T. Crusiol, M. R. Nanni, R. H. Furlanetto, R. N. R. Sibalidelli, E. Cezar, L. Sun, J. S. S. Foloni, L. M. Mertz-Henning, A. L. Nepomuceno and N. Neumaier. Classification of Soybean Genotypes Assessed under Different Water Availability and at Different Phenological Stages Using Leaf-Based Hyperspectral Reflectance. *Remote Sens.*, v. 13: pp. 2021.

[2] R. Panizzi, J. E. McPherson, D. G. James, M. Javahery and R. M. McPherson. Economic importance of stink bugs (Pentatomidae). In: Schaefer, C.W., Panizzi, A.R. (Eds.), *Heteroptera of Economic Importance*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 421–474, 2000.

[3] L. M. Vivan and P. E. Degrande. Pragas da soja. *Fundação MT Boletim de Pesquisa de Soja*, v.11: pp.239-297, 2011.

[4] D. R. Sosa-Gómez, B. S. Corrêa-Ferreira\*, B. Kraemer, A. Pasini, P. E. Husch, C. E. D. Vieira, C. B. R. Martinez and I. O. N. Lopes. Prevalence, damage, management and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops. *Agricultural and Forest Entomology*, pp. 1-21, 2019.

[5] A. F. Bueno, A. R. Panizzi, T. E. Hunt, P. M. Dourado, R. M. Pitta and J. Gonçalves. Challenges for Adoption of Integrated Pest Management (IPM): the Soybean Example. *Neotrop Entomol.*, v. 50: pp. 5–20, 2021.

[6] S.K. Dara. The New Integrated Pest Management Paradigm for the Modern Age. *J. Integr. Pest Manag.*, 2019, 10, 12.

[7] J. A. Gamon, B. Somers, Z. Malenovsky, E. M. Middleton, U. Rascher and M.E. Schaepman. Assessing Vegetation Function with Imaging Spectroscopy. *Surv. Geophys.*, v. 40: pp. 489–513, 2019.

[8] F. Martinelli, R. Scalenghe, S. Davino, S. Panno, G. Scuderi, P. Ruisi, P. Villa, D. Stroppiana, M. Boschetti, L.R. Goulart, C. E. Davis and A. M. Dandekar. Advanced methods of plant disease detection. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, v. 35: pp. 1–25, 2015.

[9] W. A.A. Peres, and B. S. Corrêa-Ferreira. Methodology of Mass Multiplication of *Telenomus podisi* Ash. And *Trissolcus basalus* (Woll.) (Hymenoptera: Scelionidae) on Eggs of *Euschistus heros* (Fab.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*. v. 33: pp.457-462, 2004.

[10] T. Lucini, A. R. Panizzi. Waveform characterization of the soybean stem feeder *Edessa meditabunda*: Overcoming the challenge of wiring pentatomids for EPG. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v. 158: pp. 118–132, 2016.

[11] Python Software Foundation. Python Language Site: Documentation, 2022. Página de documentação. Disponível em: <<https://www.python.org/doc/>>. Acesso em: 05 de abr. de 2022.

[12] M. P. Diago, A. M. Fernandes, B. Millan, J. Tardáguila and P. Melo-Pinto. Identification of grapevine varieties using leaf spectroscopy and partial least squares. *Comput. Electron. Agric.* v. 99: pp. 7–13, 2013.

[13] R. H. Furlanetto, M. R. Nanni, M. S. Mizuno, L. G. T. Crusiol and C. R. Silva. Identification and classification of Asian soybean rust using leaf-based hyperspectral reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, v. 42: pp. 4177-4198, 2021.

[14] P. P. S. Barros, I. X. Schutze, F. H. Iost Filho, P. T. Yamamoto, P. R. Fiorio and J. A. M. Demattê. Monitoring *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) Infestation in Soybean by Proximal Sensing. *Insects*, v. 12: pp. 1-12, 2021.