



Diagnóstico precoce de ataque de *S. Frugiperda* em milho com dados de espectroscopia de fluorescência induzida por laser

Luiz Gonzaga da Silva Junior¹

ICMC - USP

Paulino Ribeiro Villas-Boas²

ICMC - USP

Embrapa Instrumentação

1 Introdução

Com aumento na produção de milho no Brasil, o país se tornou o segundo maior exportador e o terceiro maior produtor de milho no mundo. De toda a produção nacional de grãos, o milho e a soja contribuem com aproximadamente 80% [1]. Apesar do potencial de produção, doenças e pragas constantemente comprometem a produtividade brasileira, que não é um problema exclusivo do país. A perda por danos causado por pragas na produção mundial está entre 20 e 30% [2].

No caso particular do cultivo do milho, a principal praga é a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera Frugiperda*), que pode gerar perdas de até 40% na produção se não for diagnosticada e tratada a tempo [3]. O maior desafio para os produtores está no monitoramento e identificação da lagarta, que normalmente são feitos de forma visual – um processo suscetível a falhas. Para evitar o avanço descontrolado da praga pela baixa eficiência do monitoramento, os produtores normalmente fazem aplicações regulares de defensivos químicos ou plantam variedades resistentes à lagarta. Ambos métodos de controle podem tornar a lagarta resistente com o tempo e são custosos para o produtor, especialmente as variedades resistentes. A aplicação rotineira de defensivos químicos também reduzem a população de insetos benéficos à cultura e podem contaminar rios e lençóis freáticos. Assim, é importante realizar o diagnóstico precoce do ataque da lagarta para um controle mais eficaz da praga, minimizando o impacto ambiental e as chances da lagarta ficar resistente.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver métodos de aprendizado de máquina para dados obtidos pela espectroscopia de emissão de fluorescência (LIFS). Esta técnica permite identificar alterações metabólicas nas plantas [4] e tem potencial de detecção precoce do ataque da lagarta.

¹luiz.gonzaga.silva@usp.br

²paulino.villas-boas@embrapa.br

Entretanto, não se sabe ainda em que momento a técnica consegue identificar as alterações metabólicas provocadas por ataque de pragas. Assim, neste trabalho foram analisadas folhas de planta jovem de milho, cultivadas em vasos e em casa de vegetação, em cinco tempos até 24 horas por LIFS após a infestação com a lagarta.

2 Materiais e métodos

Neste estudo, foram analisadas duas variedades de milho: *Sintético Spodoptera* (SS) e *Zapalotes Chico* (ZC), cultivadas em casa de vegetação, 16 vasos para cada variedade na qual metade delas fora infectada com a lagarta. Para cada vaso foram feitas 5 medidas com a técnica LIFS nas folhas das plantas em cada tempo de análise. Para as plantas ZC, as análises foram feitas nos intervalos 1, 2, 4, 8 e 24 horas após a infestação com a lagarta, e para plantas SS foram feitas nos intervalos 1, 3, 5, 7 e 24 horas. Com este esquema experimental, foram geradas 800 instâncias para os modelos de classificação. Cada instância é composta por 680 atributos que correspondem à intensidade da fluorescência indexada pelo comprimento de onda entre 195 e 892 nm. A Figura 1a apresenta o espectro médio para duas plantas do tipo SS, uma infectada pela lagarta e outra livre da doença.

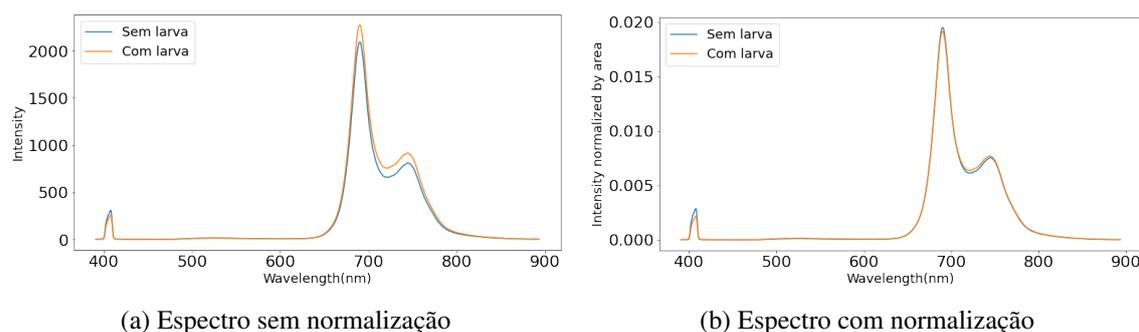


Figura 1: Espectros LIFS típicos de folhas de plantas de milho com e sem a infestação da lagarta.

Os espectros LIFS foram coletados por um equipamento composto por um laser de diodo (Coherent - CUBE) em 405nm [4], um mini-espectrômetro operando entre os comprimentos de 200 e 900 nm e um computador para controle das aquisições. Para correção dos espectros, foram realizados os seguintes procedimentos.

- Remoção de *offset*. É um ajuste para eliminar *offset* comum em equipamentos eletrônicos. O *offset* do sinal foi estimado com a média da intensidade entre 360 e 380 nm para cada espectro e, depois, subtraído de todo o espectro.
- Normalização espectral. É um procedimento para eliminar possíveis variações do sinal relativas às alterações de intensidade do laser. Neste trabalho, os espectros foram normalizados pela sua área total entre 430 e 893 nm (Figura 1b).
- Descarte dos atributos abaixo de 380 nm. Como a excitação é em 405 nm, e a fluorescência emite após a excitação, abaixo de 380 nm não existe sinal útil para análise (apenas ruído) e,

portanto, as intensidades correspondentes foram descartadas.

Mesmo descartando comprimentos de onda abaixo de 380 nm, o conjunto ainda ficou 515 atributos. O número de atributos não é um problema em relação ao tempo de processamento, mas muitos são auto correlacionados e podem não conter informações relevantes para o problema. Por este motivo, escolhemos usar apenas o modelo de árvores de decisão, baseados em entropia [5], que permite também identificar faixas do espectro que contribuam para a classificação, como em uma seleção de atributos. O modelo foi implementado em Python com auxílio da biblioteca `sklearn` e avaliado utilizando *10-fold cross-validation* estratificado.

3 Resultados e discussão

A abordagem inicial foi considerar o conjunto de dados completo, criando um modelo que fosse genérico suficiente para identificar a presença da lagarta independente do tipo de planta ou de quanto tempo ocorreu a infestação. No entanto, o modelo falhou em generalizar, pois obteve acurácias próximas a 50%. As melhores acurácias só foram obtidas com medidas coletadas 24 horas após a infestação, conforme resultados da Tabela 1 para as duas variedades de milho.

Variedade	Acurácia
SS e ZC	78%
SS	82%
ZC	84%

Tabela 1: Acurácia da árvore de decisão para as duas variedades de milho.

As árvores de decisão obtiveram acurácias de 78%, quando as variedades foram consideradas conjuntamente, e 82 e 84% para a SS e ZC, respectivamente. Os resultados da árvore de decisão são promissores e também permitiram identificar regiões do espectro que possui maior relevância na determinação das plantas que sofreram o ataque da lagarta. Com base na árvore de decisão da Figura 2, apenas alguns atributos, os comprimentos de onda 401, 412, 487 e 612 nm, podem ser usados na classificação, sem perda de informação. Os dois primeiros valores correspondem à reflectância do laser em 405 nm; o terceiro, à banda de emissão de metabólicos secundários; e o último, à primeira banda de fluorescência da clorofila [4] (Figura 1b). Usando apenas essas faixas, é possível criar índices com a razão entre elas e desconsiderar o restante do espectro na classificação.

4 Conclusões

Neste trabalho, conseguimos mostrar que a técnica LIFS e algoritmos de aprendizado de máquina conseguiram detectar o ataque da praga nas primeiras 24h após a infestação em duas variedades de milho. Além disso, conseguimos também identificar que as faixas em torno de 401, 412, 487 e 612 nm foram importantes para classificar plantas que sofreram o ataque da lagarta.

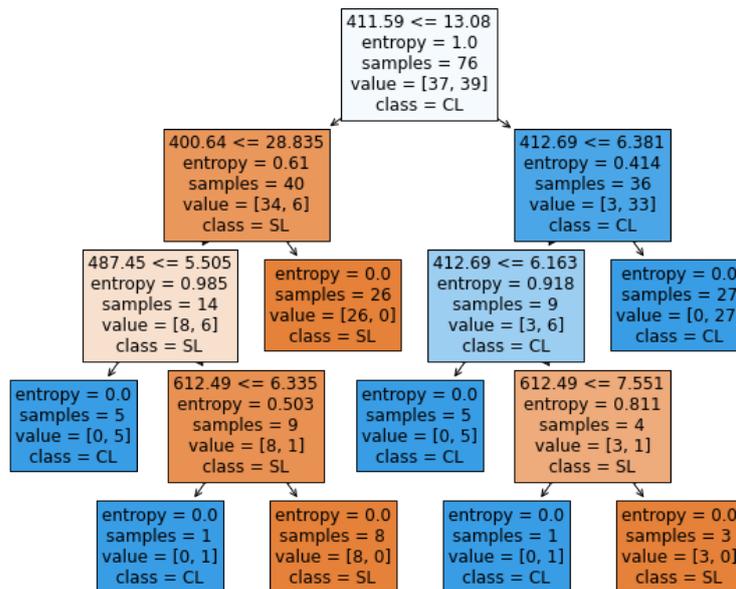


Figura 2: Árvore de decisão gerada, onde CL e SL significam, respectivamente, plantas que sofreram o ataque da lagarta e as que não sofreram o ataque.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro da Embrapa.

Referências

- [1] CONAB, “Agricultura e Pecuária,” p. 4, 2019. [Online]. Available: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista>
- [2] K. M. Estruch JJ, Carozzi NB, Desai N, Duck NB, Warren GW, “Transgenic plants: An emerging approach to pest control,” *Nat Biotechnol*, vol. 15, no. 2, pp. 137–141, 1997.
- [3] CEPEA, “MENSURAÇÃO ECONÔMICA DA INCIDÊNCIA DE PRAGAS E DOENÇAS NO BRASIL,” 2019. [Online]. Available: https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_EstudoPragaseDoencas_Parte1.pdf
- [4] A. C. Ranulfi, M. C. Cardinali, T. M. Kubota, J. Freitas-Astúa, E. J. Ferreira, B. S. Bellete, M. F. G. da Silva, P. R. Villas Boas, A. B. Magalhães, and D. M. Milori, “Laser-induced fluorescence spectroscopy applied to early diagnosis of citrus Huanglongbing,” *Biosystems Engineering*, vol. 144, pp. 133–144, 2016.
- [5] R. A. Rios and R. F. De Mello, *Machine Learning A Practical Approach on the Statistical Learning Theory*, 2018.