

Obtenção de assinatura espectral de cultivares de soja

CRUSIOL, L.G.T.¹; NANNI, M.R.^{1,2}; FURLANETTO, R.H.¹; CEZAR, E.²; SIBALDELLI, R.N.R.³; MERTZ-HENNING, L.M.⁴; NEPOMUCENO, A.L.⁴; NEUMAIER, N.⁴; FARIAS, J. R. B.⁴

¹Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Avenida Colombo 5790, CEP 87020-900, Maringá-PR, luiscrusiol@gmail.com.

²Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Agronomia, ³Matemático, Especialista em Estatística, Londrina – PR; ⁴Embrapa Soja, Londrina – PR.

Introdução

Frente à expressiva produção nacional de soja, estimada em mais de 113 milhões de toneladas para a safra 2018/2019 (CONAB, 2019), e ao papel de destaque do Brasil em pesquisa e produção agrícola no âmbito mundial, destaca-se a necessidade de ferramentas e técnicas que permitam a caracterização das condições dos cultivos agrícolas de forma rápida, contribuindo de forma positiva na tomada de decisões em relação às práticas culturais.

Neste sentido, o sensoriamento remoto, utilizando sensores de campo, acoplados a drones e VANTs ou a bordo de satélites, tem se mostrado eficiente para o monitoramento agrícola uma vez que, por meio da interação entre luz, planta e sensor, permite a caracterização dos parâmetros biofísicos da vegetação, contribuindo com o monitoramento das áreas cultivadas. Nesse contexto, ressalta-se a crescente e ávida demanda por metodologias que possam descrever a assinatura espectral de cultivares de soja e realizar sua posterior identificação a campo de forma ágil e precisa, o que permitirá melhor monitoramento da genética utilizada, bem como possibilitando ações estratégicas mais eficientes sobre seu processo produtivo.

Contudo, a possibilidade de identificar a assinatura espectral de cultivares de soja está sujeita à capacidade de predição da cultivar avaliada independentemente da época e ou momento de avaliação. Isso porque muitas técnicas e metodologias já utilizadas permitem apenas a individualização do comportamento espectral de cultivares de soja, limitando sua futura identificação em campo. Além disso, o calendário de semeadura de soja é bastante abrangente e pode se estender por cerca de 90 dias, dependendo da região de produção. Logo, ressalta-se a necessidade de um modelo que possa identificar cultivares de soja em uma determinada região de produção independentemente do estágio fenológico.

O objetivo do presente trabalho foi obter um modelo espectral capaz de descrever, em condições de campo, a assinatura espectral de cultivares de soja na totalidade de seu ciclo de desenvolvimento.

Material e Métodos

O experimento seguiu as recomendações técnicas da Embrapa e foi conduzido na safra 2018/2019, nos campos experimentais da Embrapa Soja, localizada no município de Londrina, PR. A semeadura ocorreu dia 16 de outubro de 2018 e os dados espectrais foram coletados aos 42, 51, 58, 65, 80, 88, 95, 102 e 108 dias após a semeadura, abrangendo desde o estágio V3 de desenvolvimento até o estágio R5 (Fehr; Caviness, 1977).

A coleta de dados espectrais foi realizada por meio do espectrorradiômetro Fieldspec 3 Jr., equipamento portátil que fornece a curva espectral da vegetação com resolução espectral de 3 nm entre 400 e 1400 nm e de 30 nm entre 1400 e 2500 nm, disponibilizando os dados espectrais em 2.101 bandas espectrais. Utilizou-se o

acessório 'plant probe', o qual realiza a leitura somente da folha de interesse, eliminando interferências de alvos adjacentes.

Foram avaliadas cinco cultivares de soja, denominadas neste trabalho como cultivar 1, 2, 3, 4 e 5, em condições de campo. Em cada data de avaliação foram coletadas 20 curvas espectrais de cada cultivar, de forma aleatória dentro da área experimental, totalizando, ao final da safra, 900 leituras.

Os dados espectrais coletados foram submetidos ao procedimento 'stepdisc' ($p \leq 0,05$) por meio do software 'Statistical Analysis System' (SAS). Neste procedimento, dentre os 2.101 comprimentos de onda, foram selecionados aqueles significativos à diferenciação das cultivares analisadas. Posteriormente, ainda por meio do software SAS, os dados espectrais contendo apenas os comprimentos de onda selecionados no procedimento 'stepdisc' foram submetidos à análise discriminante. Como resultado, foi gerado um modelo espectral capaz de descrever a assinatura espectral de cada cultivar estudada. As 900 curvas espectrais utilizadas na geração do modelo foram reclassificadas no próprio modelo, possibilitando a avaliação de sua eficácia por meio da porcentagem de acerto.

Resultados e Discussão

As curvas espectrais médias de cada uma das cultivares ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento estão apresentadas na Figura 1. Não é possível detectar diferenças na configuração, ou formato, entre as curvas espectrais das cultivares. Detectam-se, porém, pequenas diferenças na intensidade de reflectância entre cada uma delas.

É possível observar que as maiores variações de intensidade de reflectância estão nas faixas espectrais próximas aos 570 nm, comprimentos de onda correspondentes à radiação fotossinteticamente ativa, e 1400 e 2.200 nm, comprimentos de onda correspondentes ao conteúdo de água na folha (Jensen, 2009).

Ainda em relação à Figura 1, destaca-se que as curvas espectrais formam dois grupos distintos, um com as cultivares 1 e 4 e outro com as cultivares 2, 3 e 5.

No procedimento 'stepdisc' 96 bandas espectrais demonstraram ser significativas à diferenciação das cultivares avaliadas, sendo selecionadas para compor o modelo linear discriminante. Dessas 96 bandas, 37 localizam-se no espectro visível, 3 no espectro infravermelho-próximo e 56 no infravermelho de ondas curtas.

A Tabela 1 apresenta a matriz de contingência com as porcentagens de acerto na validação do modelo discriminante. Foram obtidos valores superiores a 85% de acerto na validação do modelo para todas as cultivares, sendo que a maior porcentagem de acerto foi observada para a cultivar 4: 92,78%.

O modelo linear discriminante gerado, contendo 96 fatores (bandas espectrais), promove não somente a discriminação espectral das cultivares avaliadas, mas também sua futura identificação. Neste modelo estão inseridas todas as variações espectrais decorrentes do desenvolvimento fisiológico da cultura da soja. Logo, sua aplicação em diferentes estádios de desenvolvimento diminui as limitações impostas pelas variações no calendário de plantio da soja, permitindo que um mesmo modelo tenha maior abrangência temporal e espacial nas áreas de produção.

Tanto a Figura 1 quanto a Tabela 1 traduzem a proximidade espectral entre as cultivares 1 e 4 e entre as cultivares 2, 3 e 5. Na Tabela 1, as cultivares 1 e 4 apresentaram confusão entre si, assim como observado para as cultivares 2, 3 e 5.

Se somados os percentuais de acerto das cultivares 1 e 4, chega-se a 100%. Da mesma forma, se somados os acertos das cultivares 2, 3 e 5, tem-se 100%. Essas afirmações são importantes uma vez que as cultivares 1 e 4 possuem o mesmo *background* genético, assim como as cultivares 2, 3 e 5, fazendo com que seus comportamentos espectrais sejam próximos entre si dentro desses dois grupos.

Conclusão

Por meio da geração de um modelo linear discriminante é possível individualizar a assinatura espectral das cultivares de soja avaliadas assim como realizar sua predição em condições de campo. A validação do modelo gerado demonstrou acertos superiores a 85%, chegando a 92%. Quando considerados os grupos de cultivares que tem o mesmo *background* genético, a validação do modelo demonstrou 100% de acerto.

Face à recorrente ocorrência de períodos de seca durante a safra de soja, o que ocasiona severas perdas de produtividade e conseqüentemente grandes perdas financeiras ao Brasil (Farias et al., 2001), salienta-se a necessidade de novos estudos que permitam realizar a identificação da assinatura espectral de cultivares de soja ao longo de todo seu ciclo de desenvolvimento, mas também sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica.

Além disso, a avaliação espectral das cultivares de soja em diferentes regiões edafoclimáticas, irá contribuir com o desenvolvimento de modelos que possam realizar o monitoramento de cultivares em ampla escala territorial.

Referências

- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: sétimo levantamento, safra 2018/19. Brasília: Conab, abr. 2019. 115 p.
- FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R. de; EVANGELISTA, B. A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v, 9, n. 3, p. 415-421, 2001.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598p.

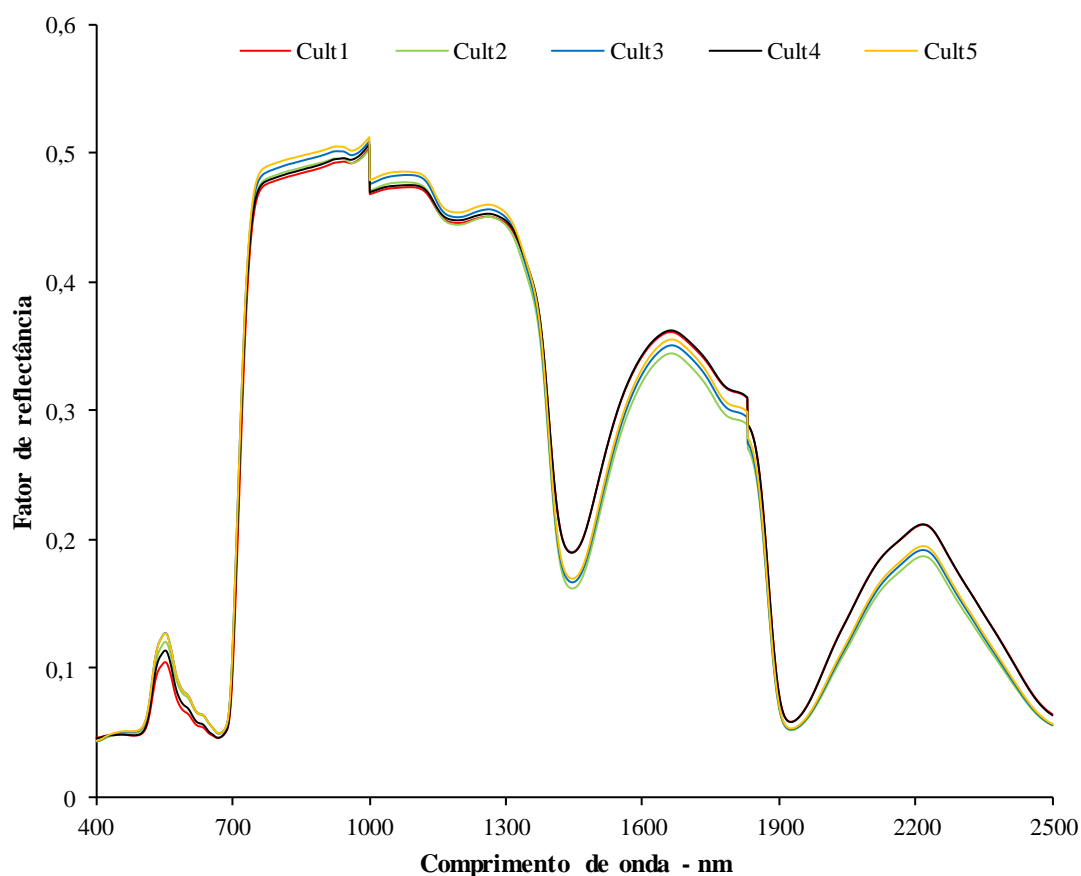


Figura 1. Curvas espectrais médias ao longo do ciclo de desenvolvimento das cultivares avaliadas.

Tabela 1. Matriz de contingência do resultado da análise discriminante, em relação ao total da linha, simulada com dados usados na geração do modelo, para as cinco cultivares avaliadas.

	Cultivar 1	Cultivar 2	Cultivar 3	Cultivar 4	Cultivar 5
Cultivar 1	89.44	0	0	10.56	0
Cultivar 2	0	88.33	5.00	0	6.67
Cultivar 3	0	2.22	89.44	0	8.33
Cultivar 4	7.22	0	0	92.78	0
Cultivar 5	0	5.56	8.89	0	85.56