

Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento do déficit hídrico na cultura da soja

CRUSIOL, L.G.T.¹; NANNI, M.R.¹; FURLANETTO, R.H.¹; SILVA, G.F.C.¹; SILVA, M.C.²; SIBALDELLI, R.N.R.³; MERTZ-HENNING, L.M.⁴; NEPOMUCENO, A.L.⁴; NEUMAIER, N.⁴; FARIAS, J.R.B.⁴

¹ Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Maringá, PR, ^{*}luiscrusiol@gmail.com; ² Unifil, Graduanda em Agronomia, Bolsista CNPq/PIBIC;

³ Matemático, Especialista em Estatística; ⁴Embrapa Soja, Londrina, PR

Introdução

A produção brasileira de soja desempenha papel fundamental na agricultura nacional e internacional com impactos diretos na economia global. Para a safra 2016/2017, estima-se que a produção nacional de soja supere 113 milhões de toneladas, número 18% superior à safra anterior, com valores médios de produtividade acima de 3300 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017). Contudo, é recorrente a ocorrência de secas durante o desenvolvimento da cultura, o que resulta em altas perdas de produtividade (FARIAS et al., 2001). De acordo com Ferreira (2017), as perdas financeiras no Brasil decorrentes da ocorrência de seca no período de produção de soja entre as safras 1976/77 e 2013/14 totalizam mais de 79 bilhões de dólares.

Neste contexto, o sensoriamento remoto, por meio da interação da radiação eletromagnética – planta – sensor, apresenta elevado potencial para identificação das condições dos cultivos agrícolas uma vez que permite avaliação não destrutiva, de forma rápida e com custo relativamente baixo. Por meio de sensores de campo, como espectrorradiômetros, e aerotransportados, como câmeras visível e infravermelho próximo (Vis/NIR) e termal acopladas a VANTs, é possível identificar a condição hídrica da cultura da soja, permitindo melhor manejo e tomada de decisões em relação às práticas culturais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de sensores remotos de campo (hiperespectrais) e aerotransportados (câmeras Vis/NIR e termal acopladas a VANT) para identificação do déficit hídrico na cultura da soja.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nos campos experimentais da Embrapa Soja, localizada no município de Londrina – PR, na safra 2016/2017 e as condições de cultivo seguiram as recomendações da Embrapa Soja. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com quatro repetições para os tratamentos irrigado (IRR) e não irrigado (NIRR) e seis repetições para os tratamentos estresse hídrico no período vegetativo (EHV) e estresse hídrico no período reprodutivo (EHR). Nas parcelas os tratamentos foram: IRR, NIRR, EHV e EHR. As parcelas dos tratamentos EHV e EHR foram instaladas sob abrigos móveis, programados para fecharem (ou no período vegetativo ou reprodutivo) sempre que precipitações pluviométricas superiores a 0,1 mm fossem registradas pela estação meteorológica instalada dentro da área experimental. Nas subparcelas os tratamentos foram cultivares de soja convencionais e linhagens GMs para tolerância à seca.

A semeadura ocorreu no dia 19 de outubro de 2016 e a indução do estresse hídrico no período vegetativo se deu a partir do dia 25 de novembro de 2016 até o momento do florescimento (12 de dezembro de 2016). A partir de então, iniciou-se o estresse hídrico reprodutivo, permanecendo até a colheita. Os dados espectrais discutidos no presente trabalho foram coletados aos 44 dias após a semeadura (DAS).

Por meio do espectrorradiômetro Fieldspec 3 Jr, sensor hiperespectral com resolução espectral de 3 nm entre 350 e 1400 nm e de 30 nm entre 1400 e 2500 nm, foram realizadas medidas de reflectância de quatro cultivares (uma considerada sensível à seca e três GM para tolerância à seca), denominadas nesse trabalho como cultivar 'a', 'b', 'c' e 'd' respectivamente, submetidas aos tratamentos IRR e EHV. Os tratamentos foram selecionados por serem esses os mais contrastantes no momento da leitura, uma vez que o tratamento EHR não havia começado, estando em condições similares às do tratamento NIRR. Os dados obtidos foram avaliados por meio de sua assinatura espectral e também por meio de índices de vegetação (IV), gerados a partir das bandas do espectro visível (vermelho, verde e azul), infravermelho próximo (NIR) e infravermelho de ondas curtas (SWIR): NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*), BNDVI (*Blue Normalized Difference Vegetation Index*), EVI (*Enhanced Vegetation Index*), NMDI (*Normalized Multi-band Drought Index*) e MSI (*Moisture Stress Index*).

Simultaneamente, com uso de veículo aéreo não tripulado – VANT – modelo Tarot Iron Man 1000, equipado com oito motores (octocóptero), realizou-se o aeroimageamento das parcelas experimentais. Ao VANT foram acopladas duas câmeras digitais multiespectrais Fujifilm EXR S200, sensíveis à radiação do espectro visível (Vis) e infravermelho próximo (NIR). A aquisição e processamento de imagens multiespectrais se deram de acordo com a metodologia utilizada por Crusiol et al. (2017). Assim, a partir das referidas imagens foram calculados os índices NDVI, GNDVI, BNDVI e EVI.

Juntamente com as câmeras Vis/NIR, acoplou-se ao VANT uma câmera termal Diy – Thermocam, sensível a temperaturas entre -40 e 200 °C com acurácia de 0,5°C. Dessa forma, foram avaliadas as temperaturas do dossel dos tratamentos IRR, NIRR, EHV e EHR em relação à temperatura do ar, registrada pela estação meteorológica instalada no interior da área experimental.

Resultados e Discussão

Os valores médios reflectância da cultivar 'a' submetida aos dois tratamentos avaliados estão apresentados na Figura 1. Embora esses dados sejam referentes a cultivar 'a', eles remetem às feições espectrais das demais cultivares avaliadas submetidas aos tratamentos IRR e EHV.

É possível observar que plantas submetidas ao déficit hídrico no vegetativo apresentaram maiores valores de reflectância no espectro visível (associado à radiação fotossinteticamente ativa), indicando menor absorção dessa radiação, muito provavelmente devido às menores taxas fotossintéticas e condutância estomática apresentada por plantas submetidas à seca (CARVALHO et al., 2015).

Outro intervalo espectral que se mostrou sensível à disponibilidade hídrica ao cultivo da soja foi o infravermelho, sobretudo as porções SWIR II e SWIR III (infravermelho de ondas curtas), amplamente associadas ao conteúdo de água foliar. Assim, plantas submetidas ao déficit hídrico apresentaram maior reflectância nessas faixas espectrais quando comparadas às plantas do tratamento irrigado.

Os IVs obtidos por meio do espectrorradiômetro (Figura 2) apresentaram comportamentos distintos em relação aos tratamentos de acordo com a cultivar avaliada, sendo que dentre os IVs avaliados foi observada elevada capacidade de diferenciação da disponibilidade hídrica às plantas. Outra importante vantagem do uso de sensores hiperespectrais é a possibilidade de seleção de bandas específicas com resposta aos tratamentos avaliados, informações dificilmente obtidas por meio de plataformas aéreas.

Já em relação aos IVs obtidos por meio de câmeras Vis/NIR (Figura 3), esses, assim como os obtidos por sensor hiperespectral, apresentaram sensibilidade à condição hídrica da vegetação, sobretudo para o NDVI, o qual apresentou valores superiores para o tratamento IRR quando comparado ao EHV, seguindo o mesmo comportamento apontado por Crusiol et al. (2016). Quando comparados aos IVs obtidos por meio de

sensor hiperespectral, os IVs obtidos por meio de VANT apresentaram valores inferiores àqueles, porém, com maior amplitude entre os tratamentos avaliados, apontando para possibilidade de uso de sensores acoplados a plataformas aéreas para o monitoramento do estresse hídrico em soja.

Na Figura 4, está apresentada a imagem termal obtida por meio de câmera termal acoplada ao VANT. Visivelmente, é possível observar amplas variações de temperatura na área imageada. Essas variações se dão tanto pelo uso do solo, como solo exposto, vegetação e coberturas metálicas, como por variações inerentes aos tratamentos avaliados, como plantas com e sem irrigação e plantas submetidas ao estresse hídrico.

Com o objetivo de melhor descrever o comportamento térmico registrado, na Figura 5 estão apresentados os valores médios de temperatura do dossel dos tratamentos avaliados. A maior temperatura foi observada para o tratamento EHV (29,5 °C), superando a temperatura do ar (28,3 °C). Temperatura foliar acima da temperatura do ar é considerada um indicativo da ocorrência de estresse hídrico (CARVALHO et al., 2015; CRUSIOL et al., 2016). De forma oposta, o tratamento IRR, sem restrição hídrica, apresentou a temperatura mais baixa (23,1 °C), sendo que tratamentos que receberam apenas água de precipitação pluviométrica (NIRR e EHR) apresentaram temperaturas com valores próximos entre si.

Todos os sensores avaliados mostram-se sensíveis às variações dos tratamentos avaliados, sendo que a aplicabilidade de cada sensor deve se dar de acordo com o resultado almejado. Ou seja, o espectrorradiômetro em nível de campo apresenta a vantagem de maior refinamento dos valores espectrais obtidos, além de operar em uma larga faixa espectral com curtos intervalos de bandas, o que permite a geração de inúmeros índices de vegetação além da seleção de bandas espectrais específicas para resposta à seca. Já câmeras Vis/NIR acopladas ao VANT, embora tenham menor refinamento dos valores espectrais obtidos, permitem rápida aquisição de informações em amplas extensões

territoriais e asseguram a geração de índices de vegetação com valores condizentes com aqueles obtidos pelo espectrorradiômetro. Por fim, a câmera termal permite, de forma rápida, a aquisição de temperatura da superfície, possibilitando inferências sobre as condições dos alvos imageados, sobretudo da vegetação, a qual responde diretamente à condição hídrica, e em especial da cultura da soja em condição de seca.

Conclusão

Por meio das avaliações espectrais realizadas, utilizando espectrorradiômetro de campo e também sensores operados em nível aéreo, como câmeras visível, infravermelho e termal, foi possível a diferenciação da condição hídrica de cultivares de soja.

Referências

CARVALHO, J. de F. C.; CRUSIOL, L. G. T.; PERINI, L. J.; SIBALDELLI, R. N. R.; FERREIRA, L. C.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B. Phenotyping soybeans for drought responses using remote sensing techniques and non-destructive physiological analysis. **Global Science and Technology**, v. 8, n. 2, p. 1-16, 2015.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. (2017) **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, oitavo levantamento, safra 2016/17**. Brasília: Conab, maio, 2017. 144 p.

CRUSIOL, L. G. T.; NANNI, M. R.; SILVA, G. F. C.; FURLANETTO, R. H.; GUALBERTO, A. A. da S.; GASPAROTTO, A. de C.; PAULA de M. N. Semi professional digital camera calibration techniques for Vis/NIR spectral data acquisition from an unmanned aerial vehicle. **International Journal of Remote Sensing**, v. 38, n. 8-10, p. 2717-2736, 2017.

CRUSIOL, L. G. T.; SIBALDELLI, R. N. R.; NEIVERTH, W.; FERREIRA, L. C.; PROCOPIO, S. de O.; MERTZ-HENNING, L. M.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B. NDVI variation according to the time of measurement, sampling size, positioning of sensor and water regime in different soybean cultivars. **Precision Agriculture**, Dordrecht, NL, ago. 2016. DOI: 10.1007/s11119-016-9465-6.

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R. de; EVANGELISTA, B. A.; LAZAROTTO, 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

FERREIRA, R. C. **Quantificação das perdas por seca na cultura da soja no Brasil**. 2017. 102f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

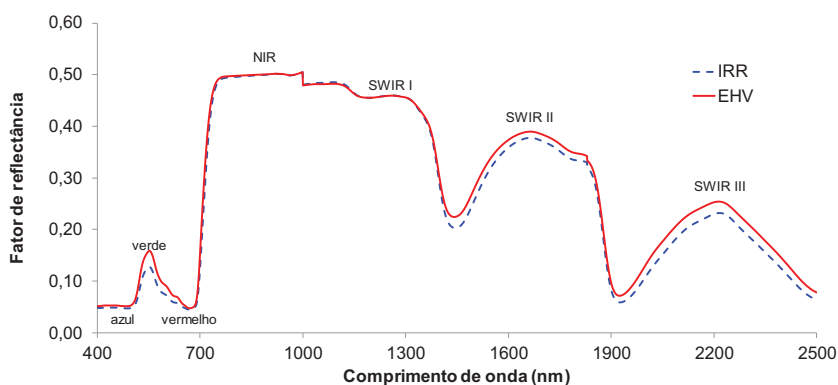


Figura 1. Curvas espectrais da 'cultivar a' submetida aos tratamentos IRR (Irrigado) e EHV (Estresse hídrico no vegetativo).

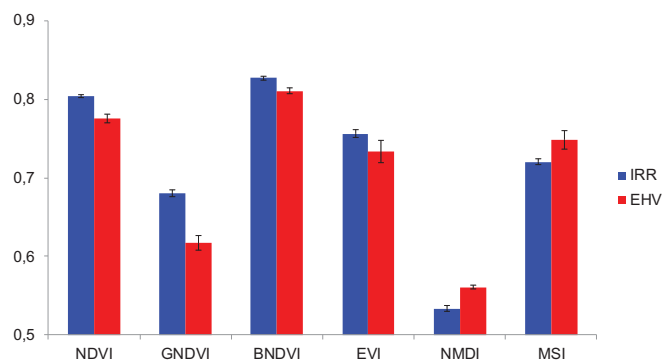


Figura 2. Índices de vegetação obtidos por meio do espectrorradiômetro da cultivar 'a' submetida aos tratamentos IRR e EHV. Barras de erro correspondem ao erro padrão da média.

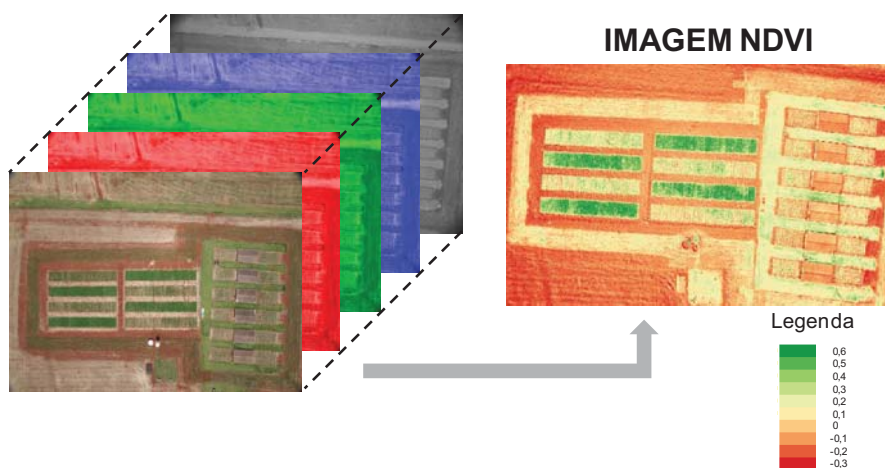


Figura 3. Imagem Vis/NIR (à esquerda) e NDVI (à direita) obtidas por meio de VANT.

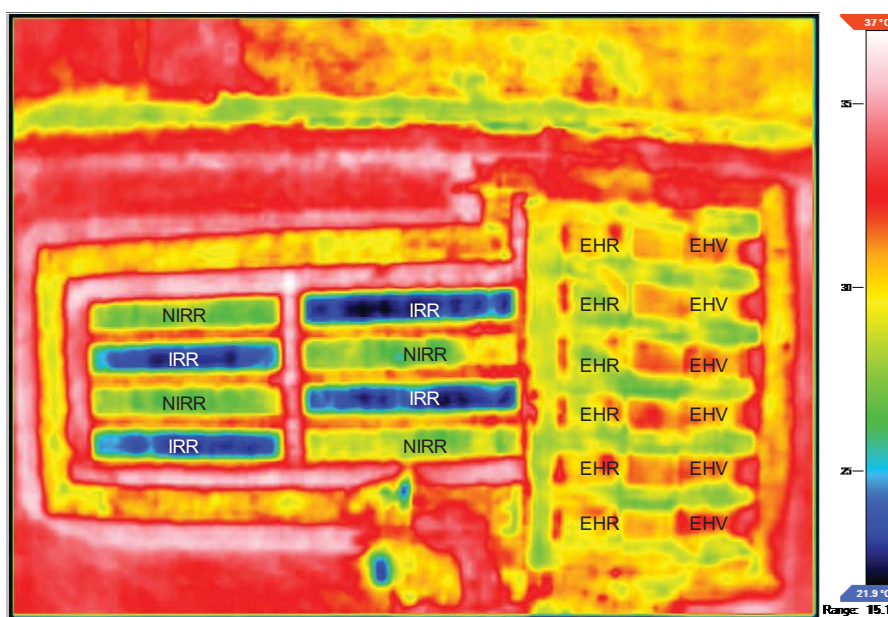


Figura 4. Imagem termal obtida por meio de câmera termal acoplada ao VANT e identificação dos tratamentos avaliados.

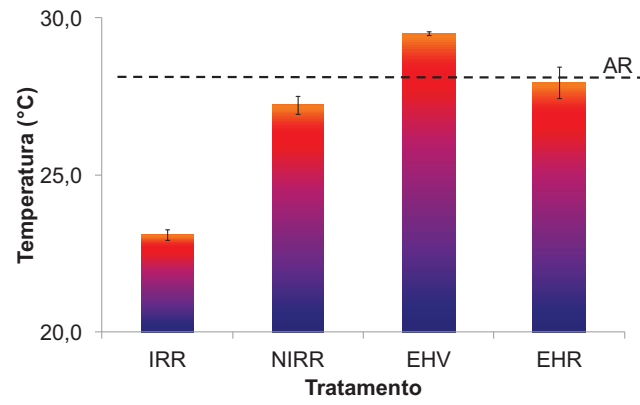


Figura 5. Temperatura foliar dos tratamentos avaliados e temperatura do ar. Barras de erro correspondem ao erro padrão da média.