

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura e Pecuária**

DOCUMENTOS 453

18^a Jornada Acadêmica da Embrapa Soja Resumos expandidos

*Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite
Larissa Alexandra Cardoso Moraes
Kelly Catharin*
Editoras Técnicas

Embrapa Soja
Londrina, PR
2023

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral, Distrito da Warta
CEP 86065-981
Caixa Postal 4006
Londrina, PR
Fone: (43) 3371 6000
www.embrapa.br/soja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Comitê Local de Publicações
da Embrapa Soja**

Presidente
Adeney de Freitas Bueno

Secretária-Executiva
Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Membros
*Claudine Dinali Santos Seixas, Edson Hirose,
Ivani de Oliveira Negrão Lopes, José de Barros
França Neto, Leandro Eugênio Cardamone
Diniz, Marco Antonio Nogueira, Mônica Juliani
Zavaglia Pereira e Norman Neumaier*

Supervisão editorial
Vanessa Fuzinato Dall’Agnol

Bibliotecária
Valéria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica e capa
Marisa Yuri Horikawa

1ª edição
PDF digitalizado (2023).

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

Jornada Acadêmica da Embrapa Soja (18. : 2023: Londrina, PR).

Resumos expandidos [da] XVIII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja / Regina
Maria Villas Bôas de Campos Leite... [et al.] editoras técnicas – Londrina:
Embrapa Soja, 2023.

161 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937 ; n. 453).

1. Soja. 2. Pesquisa agrícola. I. Leite, Regina Maria Villas Bôas de Campos. II.
Moraes, Larissa Alexandra Cardoso. III. Catharin, Kelly. IV. Série.

CDD: 630.2515 (21. ed.)

Comparação entre índices de vegetação RGB e NDVI obtidos por câmera multiespectral acoplada a VANT na avaliação da condição hídrica da cultura da soja

SILVA, B. M. da¹; CRUSIOL, L. G. T.²; SIBALDELLI, R. N. R.³; FARIAS, J. R. B.⁴

¹UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²Pesquisador Visitante, Embrapa Soja; ³Laboratório de Agrometeorologia, Embrapa Soja; ⁴Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

A soja é uma das culturas mais importantes do mundo, com papel fundamental na segurança alimentar, como fonte de proteína vegetal para alimentação humana e animal, e com relevante impacto na economia nacional. Contudo, estima-se que mais de 80% das perdas de produtividade de culturas em todo o mundo seja decorrente de eventos de seca (FAO, 2021). No Brasil, maior produtor mundial de soja, períodos de seca são responsáveis por perdas superiores a 30% na produção da oleaginosa (Sentelhas et al., 2015). Diante desse cenário, torna-se necessário desenvolver tecnologias e estratégias que permitam a adaptação à seca. Assim, o uso de drones (veículo aéreo não tripulado – VANT) tem se tornado cada vez mais comum para o monitoramento agrícola. Essas aeronaves não tripuladas permitem coletar dados precisos e em tempo real, possibilitando a tomada de decisões mais eficientes e precisas. Nos próximos anos, o mercado global de serviços com drones deverá movimentar cerca de US\$ 127 bilhões (PwC, c2020).

Uma das principais contribuições dos VANTs na agricultura é a geração de índices de vegetação com as imagens capturadas. O índice de vegetação (IV) é uma formulação matemática a partir de bandas espectrais de uma imagem, indicando a presença de vegetação em uma determinada área, podendo, também, subsidiar inferências sobre as condições de desenvolvimento da lavoura (Sakamoto, 2020). Na agricultura, o índice mais tradicional e mais utilizado é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI), proposto por Rouse et al. (1974) e calculado a partir da diferença normalizada das reflectâncias nas bandas vermelho (*Red*) e infravermelho próximo (*Near Infrared* – NIR). Como resultado,

o NDVI oscila de -1 a 1, sendo que valores próximos de 1 indicam uma alta densidade de vegetação.

Embora o NDVI seja o IV mais utilizado no monitoramento agrícola, existem na literatura científica centenas de IVs que se utilizam de diferentes bandas espectrais e diferentes formulações matemáticas para seus cálculos (Crusiol et al., 2022). Como exemplo, o GRVI (*Green Red Vegetation Index*) (Tucker, 1979) é obtido pela mesma formulação do NDVI, porém com a substituição da banda NIR pela banda verde (*green*). De forma semelhante, o VARI (*Visible Atmospherically Resistant Index*) (Stow et al., 2005) é calculado de forma similar ao GRVI, porém com a utilização da banda azul (*blue*) na expressão matemática.

O cálculo do NDVI requer a utilização da banda NIR, disponível em câmeras específicas e com custo superior às câmeras RGB (imagem visível – *Red, Green, Blue*). Tais câmeras (RGB) são comumente disponíveis em drones de menor complexidade e, comumente com menor custo. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de IVs (utilizando bandas RGB e NIR) obtidos por câmera multiespectral acoplada a VANT para o monitoramento da cultura da soja sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na safra 2022/2023 nos campos experimentais da Embrapa Soja, localizada no município de Londrina, PR. No experimento, em delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, foram avaliados quatro tratamentos: irrigado (IRR), não irrigado (NIRR), déficit hídrico no período vegetativo (DHV) e reprodutivo (DHR). As parcelas DHV e DHR foram instaladas sob abrigos móveis, programados para fecharem sempre que ocorressem precipitações pluviométricas superiores a 0,1mm dentro da área experimental. A semeadura ocorreu em 25/10/2022; o déficit no vegetativo foi induzido entre 05/12/2022 e 09/01/2023, momento no qual se iniciou o déficit no reprodutivo, permanecendo assim até 08/02/2023. Durante a condução do experimento, não houve necessidade de irrigação e, portanto, IRR e NIRR estavam sob as mesmas condições de disponibilidade hídrica. As condições de cultivo seguiram as recomendações da Embrapa Soja.

No dia 19/01/2023, foram coletadas imagens aéreas da área experimental utilizando a câmera multiespectral Altum (MicaSense – AgEagle Aerial Systems Inc.) acoplada ao veículo aéreo não tripulado (VANT) quadricóptero modelo Spectral, fabricado pela Nuvem UAV. A câmera Altum possui seis bandas espectrais: azul (*blue*), verde (*green*), vermelho (*red*), vermelho limítrofe (*red-edge*), infravermelho próximo (*near-infrared*) e termal. O voo realizado entre 10 e 12 horas, com altura de 60 metros e resolução espacial de 2 centímetros, cumpriu com todos os requisitos legais junto aos órgãos de controle do espaço aéreo.

As imagens obtidas foram processadas por meio dos softwares Metashape e QGis e foram calculados, conforme as equações a seguir, os índices NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), GRVI (*Green Red Vegetation Index*) and VARI (*Visible Atmosphericly Resistant Index*):

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

$$GRVI = \frac{(Green - Red)}{(Green + Red)}$$

$$VARI = \frac{(Green - Red)}{(Green + Red - Blue)}$$

onde: NIR = reflectância da banda infravermelho próximo; Red = reflectância da banda vermelho; Green = reflectância da banda verde; e Blue = reflectância da banda azul.

Posteriormente, foram extraídos, para cada parcela experimental ($n = 16$), os valores médios dos IVs calculados, cujos valores foram correlacionados e avaliados pelo coeficiente de correlação linear de Pearson.

Resultado e Discussão

Na Figura 1 estão apresentadas a imagem visível / RGB (a), com a delimitação das parcelas amostradas (linhas vermelhas); e as imagens derivadas dos cálculos dos índices de vegetação NDVI (b), VARI (c) e GRVI (d). Para todos os IVs avaliados, observou-se ampla capacidade para ressaltar a presença de vegetação (dossel da soja) em relação ao solo, palhada e edificações.

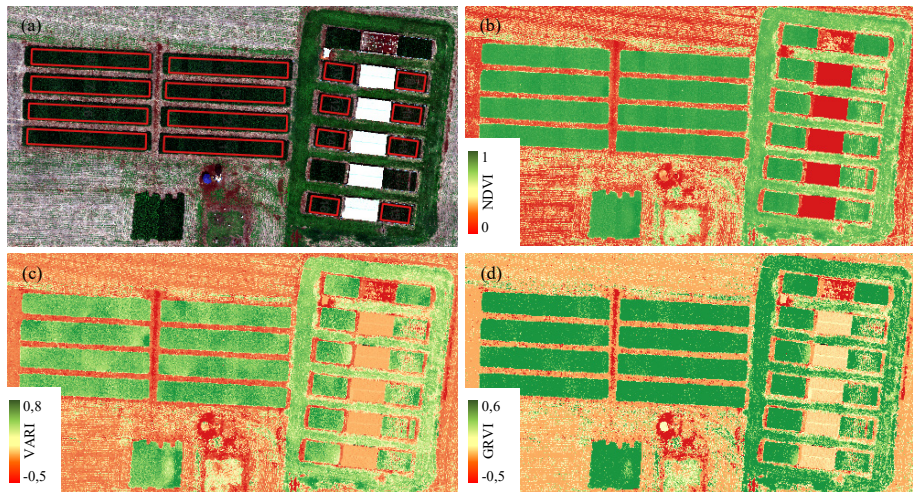


Figura 1. Imagem visível / RGB da área experimental com a delimitação das parcelas amostradas (linhas vermelhas) (a); imagem NDVI (b), VARI (c) e GRVI (d).

A Figura 2 apresenta a correlação entre os índices NDVI e GRVI (a), NDVI e VARI (b) e GRVI e VARI (c). Para os três IVs avaliados, menores valores foram observados para o tratamento DHV, submetido ao déficit hídrico por um período de 35 dias. Com valores mais elevados, os demais tratamentos (NIRR e DHR) apresentaram comportamento muito próximo entre si, mesmo com o déficit hídrico induzido no tratamento DHR por um período de 10 dias. É importante ressaltar que DHV pôde ser distinguido dos demais tratamentos tanto pelo NDVI, tradicionalmente utilizado para monitoramento agrícola, quanto pelo GRVI e VARI, índices que não requerem a utilização da banda NIR.

O coeficiente Pearson revelou forte correlação do NDVI com GRVI (0,961) e VARI (0,964), sendo a mais forte correlação observada entre GRVI e VARI (0,996). Destaca-se que os valores numéricos diferem entre os IVs calculados, uma vez que utilizam diferentes bandas espectrais para seu cálculo.

Esses resultados demonstram a eficiência de IVs compostos por bandas espectrais RGB no monitoramento agrícola, com resultados competitivos com o IV tradicionalmente utilizado (NDVI), expandindo, assim, as possibilidades de aquisição de informações espectrais da cultura da soja por meio de equipamentos (VANT e câmeras) menos complexos, mais compactos e com preço bem mais acessível. Adicionalmente, os resultados obtidos apontam, também, a possibilidade de utilização de sensores (câmeras RGB) em ambientes controlados, como casas de vegetação e laboratórios.

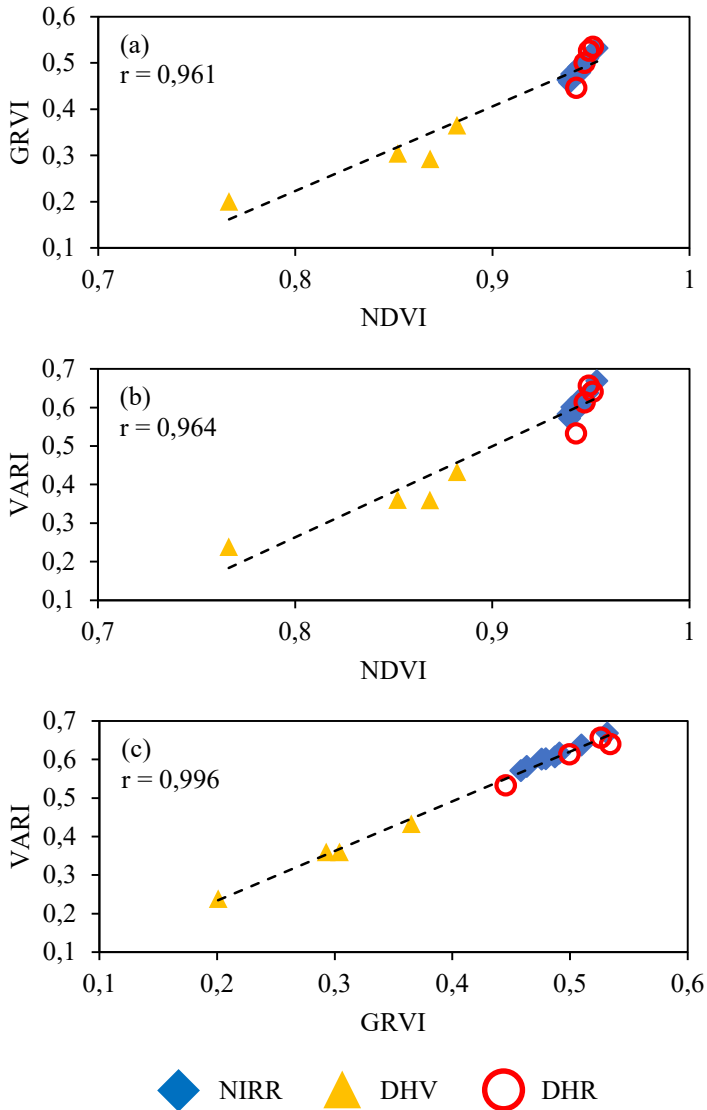


Figura 2. Correlação entre os índices NDVI e GRVI (a), NDVI e VARI (b) e GRVI e VARI (c) com categorização dos tratamentos não irrigado (NIRR), déficit hídrico no período vegetativo (DHV) e déficit hídrico no período reprodutivo (DHR).

Conclusão

Imagens multiespectrais obtidas por VANT podem fornecer, a partir da combinação de diferentes bandas espectrais, diversos índices de vegetação para auxiliar o monitoramento da condição hídrica de plantas de soja. Com comportamento muito semelhante, NDVI, GRVI e VARI foram capazes de apontar valores inferiores para o tratamento DHV. Índices de vegetação que utilizam somente bandas RGB apresentaram forte correlação com o tradicional NDVI, IV mais utilizado no monitoramento agrícola, indicando, assim, uma alternativa ao NDVI na ausência de imagem NIR e dispensando o uso de sistemas sensores complexos e de elevado custo.

Referências

CRUSIOL, L. G. T.; NANNI, M. R.; SIBALDELLI, R. N. R.; FURLANETTO, R. H.; SUN, L.; SUN, Z.; GONCALVES, S. L.; FOLONI, J. S. S.; MERTZ-HENNING, L. M.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B. Otimização do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) para monitoramento da produtividade da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 9., 2022, Foz do Iguaçu, PR. **Desafios para a produtividade sustentável no Mercosul**: resumos. Brasília, DF: Embrapa, 2022. resumo 36. p. 53.

FAO. **Statistical yearbook 2021**. Rome, 2021. DOI:10.4060/cb4477en.

PWC - PricewaterhouseCoopers Brasil Ltda. **PwC aponta os principais desafios da indústria**. c2020. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/sala-de-imprensa/noticias/futuro-da-industria.html>. Acesso em: 14 abr. 2023.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: FREDEN, S.C.; MERCANTI, E.P.; BECKER, M. (ed.). **Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**. Volume I: Technical Presentations. Washington, D.C.: NASA, 1974. p. 309-317.

SAKAMOTO, T. Incorporating environmental variables into a MODIS-based crop yield estimation method for United States corn and soybeans through the use of a random forest regression algorithm. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 160, p. 208-228, 2020.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, J. R. B.; HAMPF, A. C.; NENDEL, C. The soybean yield gap in Brazil—magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **The Journal of Agricultural Science**, v. 153, p. 1394-1411, 2015.

STOW, D.; NIPHADKAR, M.; KAISER, J. MODIS-derived visible atmospherically resistant index for monitoring chaparral moisture content. **International Journal of Remote Sensing**, v. 26, n. 17, p. 3867-3873, 2005.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, p. 127-150, 1979.