

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

Eventos Técnicos & Científicos

4

Julho, 2024

RESUMOS EXPANDIDOS

19^a Jornada Acadêmica da Embrapa Soja

**30 e 31 de julho de 2024
Londrina, PR**

**Embrapa Soja
Londrina, PR
2024**

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass, acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta

Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR

Fone: (43) 3371 6000

Fax: (43) 3371 6100

www.embrapa.br/soja

<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Comitê de Publicações da Embrapa Soja

Presidente: *Roberta Aparecida Carnevalli*

Secretário-executivo: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Claudine Dinali Santos Seixas, Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Fernando Augusto Henning, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, Leandro Eugênio Cardamone Diniz, Maria Cristina Neves de Oliveira, Mônica Juliani Zavaglia Pereira e Norman Neumaier*

Edição executiva: *Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol*

Normalização: *Valéria de Fátima Cardoso*

Diagramação: *Marisa Yuri Horikawa*

Organização da publicação: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite, Larissa Alexandra Cardoso Moraes, Kelly Catharin*

1^a edição

Publicação digital: PDF

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e de inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da Embrapa.

É de responsabilidade dos autores a declaração afirmando que seu trabalho encontra-se em conformidade com as exigências da Lei nº 13.123/2015, que trata do acesso ao Patrimônio Genético e ao Conhecimento Tradicional Associado.

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 (19. : 2024: Londrina, PR).

Resumos expandidos [da] XIX Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, Londrina, PR, 30 e 31 de julho de 2024 -- Londrina : Embrapa Soja, 2024.

PDF (111 p.) -- (Eventos técnicos & científicos / Embrapa Soja, ISSN 0000-0000 ; 4)

1. Soja. 2. Pesquisa agrícola. I. Título. II. Série.

CDD (21. ed.) 630.2515

Comparação entre índices de vegetação obtidos por VANT na avaliação de plantas de soja infectadas por ferrugem-asiática

Bruna Maia da Silva⁽¹⁾, Luís Guilherme Teixeira Crusiol⁽²⁾, Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli⁽³⁾, Cláudia Vieira Godoy⁽⁴⁾, Allan Misael Flausino⁽³⁾, Maria Isabel Balbi-Peña⁽⁵⁾, Marcelo Augusto de Aguiar e Silva⁽⁵⁾, José Renato Bouças Farias⁽⁴⁾

⁽¹⁾Estudante de mestrado em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. ⁽²⁾Pesquisador visitante, bolsista FAPED/Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾Laboratórios de Agrometeorologia e Fitopatologia, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁴⁾Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁵⁾Professor, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.

Introdução

A soja é reconhecida, globalmente, como uma das culturas agrícolas essenciais para a segurança alimentar, sendo fonte primária de proteína vegetal para humanos e animais, com impacto direto na economia nacional. Contudo, a ferrugem-asiática tem causado perdas significativas na produção de soja, resultando em prejuízos econômicos substanciais para o setor agrícola. A ferrugem-asiática da soja é considerada uma das doenças mais devastadoras que afetam a cultura, especialmente no Brasil, que é um dos maiores produtores e exportadores mundiais dessa leguminosa (Godoy et al., 2016). Diante desse cenário, é imperativo desenvolver tecnologias e estratégias eficazes para monitoramento da ferrugem-asiática da soja.

O uso de VANTs (veículos aéreos não tripulados) tem ganhado destaque no monitoramento agrícola, permitindo a coleta de dados precisos e em tempo real. Essas aeronaves não tripuladas apresentam potencial para suporte à tomada de decisões mais eficientes e precisas no controle da ferrugem-asiática. Nos próximos anos, o mercado global de serviços com VANTs deve atingir cerca de US\$ 127 bilhões (PwC, 2017), o que destaca a importância dessas tecnologias em diversos segmentos produtivos.

Câmeras multiespectrais permitem a aquisição de comprimentos de ondas específicos no espectro visível e infravermelho-próximo. Assim, tem-se amplo detalhamento espectral da vegetação, permitindo operações aritméticas entre bandas espectrais (normalmente duas), resultando em índices de vegetação (IVs) específicos para ressaltar comportamentos espectrais de uma área de interesse. O IV mais difundido é o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) (Rouse Jr. et al., 1974), obtido pela diferença normalizada entre as bandas infravermelho-próximo e vermelho. Desde então muitos IVs foram propostos tendo por base a formulação geral da diferença normalizada do NDVI (Crusiol et al., 2022).

O cálculo de índices de vegetação, como o NDVI, fornece importantes informações sobre a densidade da vegetação, permitindo inferências sobre as condições de desenvolvimento da lavoura. Diante da gama de bandas espectrais atualmente disponíveis em sensores multiespectrais a bordo de VANTs, tem-se a possibilidade de investigar novas combinações entre tais bandas, permitindo o desenvolvimento de índices personalizados, capazes de caracterizar comportamentos específicos do desenvolvimento da soja e de outras culturas, potencializando o monitoramento agrícola e a tomada de decisões baseada em dados precisos.

Considerando a necessidade de monitoramento da ocorrência da ferrugem-asiática, este estudo objetivou a comparação de índices de vegetação (IV) para monitorar a variabilidade espectral em plantas de soja em estágio de epidemia de ferrugem-asiática.

Material e métodos

O trabalho foi realizado na safra 2023/2024 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 estabelecidos 16 tratamentos experimentais, incluindo uma testemunha e diferentes combinações de fungicidas para controle da doença. A semeadura ocorreu em 27 de novembro de 2023 e as condições de cultivo seguiram as recomendações da Embrapa Soja.

No dia 15 de março de 2024, foram obtidas imagens aéreas da área experimental utilizando uma câmera multiespectral Altum (MicaSense – AgEagle Aerial Systems Inc.) acoplada a um 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 ocorreu entre às 10 e 12 horas, com altura de 60 metros e resolução espacial de 2 centímetros. Todas as operações seguiram rigorosamente as regulamentações dos órgãos de controle do espaço aéreo.

As imagens obtidas foram processadas utilizando os softwares Metashape e QGis. As bandas espectrais azul (b1), verde (b2), vermelho (b3), vermelho limítrofe (b4) e infravermelho próximo (b5) foram utilizadas sob todas as possíveis combinações entre duas bandas espectrais para o cálculo do índice de vegetação da diferença normalizada, com base na formulação geral do NDVI, conforme a Equação 1. Para todos os índices foi acrescida uma constante para assegurar a utilização de valores positivos.

$$NDVI = \frac{(Banda\ 1 - Banda\ 2)}{(Banda\ 1 + Banda\ 2)} + 1 \quad \text{Equação 1}$$

Posteriormente, foram extraídos, para cada IV calculado, a média e desvio padrão da resposta espectral da área experimental (1.618.036 pixels), cujos valores foram utilizados para o cálculo do coeficiente de variação (CV).

Resultado e discussão

A Figura 1 apresenta os valores de coeficiente de variação (CV) dos IVs calculados. O índice com menor CV foi calculado com as bandas b2 e b4. Já os índices que apresentaram valores intermediários foram aqueles calculados com as bandas b4 e b5; b2 e b3; b1 e b2; b1 e b3; e b2 e b5. Os IVs com maior CV foram calculados com as bandas b1 e b4; b1 e b5; b3 e b4; e b3 e b5. O IV com maior CV foi obtido pela diferença normalizada entre as bandas vermelho (b3) e infravermelho-próximo (b5), correspondentes à formulação original do NDVI proposta por Rouse Jr. et al. (1974). Destaca-se ainda que IVs calculados exclusivamente com as bandas RGB (b1, b2 ou b3) apresentaram baixos CV (entre 0,15 e 0,17).

Proposto em 1974, o NDVI tinha por objetivo a identificação e quantificação da presença de vegetação em uma área específica (Rouse Jr. et al., 1974) e somente nas décadas seguintes o índice passou a ser associado às condições de desenvolvimento da lavoura. Em lavouras de soja, Crusiol et al. (2024) destacam a resposta direta entre a cobertura do solo por vegetação e valores de NDVI, cujos valores no solo e palhada são contrastantes com os valores na vegetação. Logo, considerando a desfolha prematura como um dos sintomas da ferrugem-asiática da soja (Godoy et al., 2016), a mais elevada variabilidade espectral observada para o NDVI pode estar associada diretamente à maior exposição do solo e palhada, podendo ser um indicativo da variabilidade da doença.

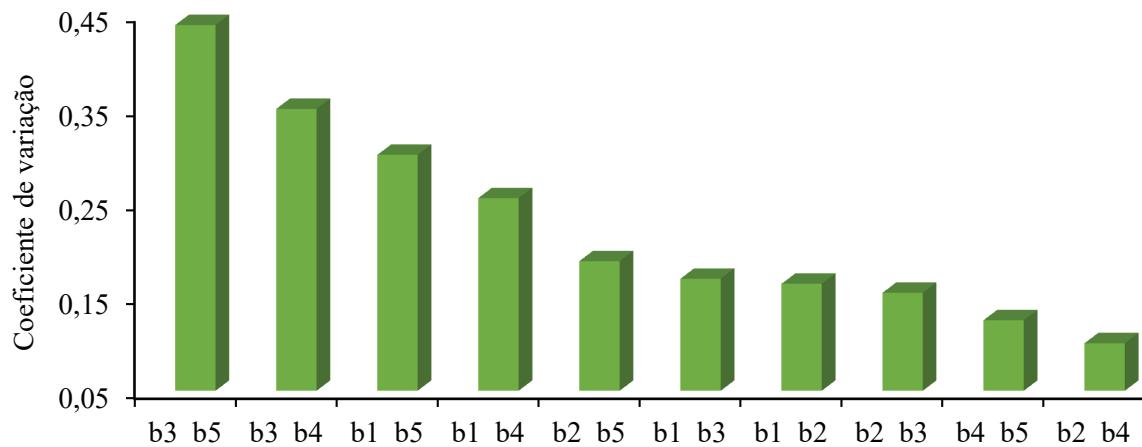


Figura 1. Coeficiente de variação de índices de vegetação da diferença normalizada calculados com diferentes combinações das bandas espectrais do sensor Micasense Altum conforme Equação 1.

A Figura 2 apresenta uma imagem RGB e as imagens dos índices de vegetação da diferença normalizada calculados com diferentes combinações das bandas espectrais do sensor Micasense Altum conforme Equação 1.

Os resultados obtidos destacam a contribuição superior das bandas espectrais vermelho e infravermelho-próximo para cálculo do índice de vegetação (IV) e representação da variabilidade espectral em área de soja sob a ocorrência de ferrugem-asiática. Além disso, destaca-se, também, a contribuição das bandas azul (b1) e vermelho limítrofe (b4) no monitoramento da ferrugem-asiática. Esses resultados ampliam as oportunidades de utilização de IVs ajustados para o monitoramento de condições específicas de desenvolvimento da lavoura, fato que ressalta a contribuição de VANTs equipados com câmeras multiespectrais para a tomada de decisão em relação às práticas culturais.

Destaca-se, ainda, a necessidade de pesquisas futuras com o objetivo de isolar, por meio de técnicas de filtragem espectral, os efeitos do solo e palhada nos valores de IVs obtidos, garantindo, assim, a aquisição de informações exclusivas do dossel da soja e avaliando, de forma quantitativa, a relação entre a resposta espectral e a severidade da doença.

Conclusões

O presente estudo investigou o potencial de VANTs equipados com câmeras multiespectrais para monitorar a variabilidade espectral em lavouras de soja sob a ocorrência de ferrugem-asiática. Índices de vegetação com elevada associação à estresses da lavoura contribuem para intervenções imediatas e específicas, com gestão agrícola mais eficaz e sustentável, diminuição de perdas de produtividade, preservando a economia agrícola e a segurança alimentar. O cálculo do NDVI com uso das tradicionais bandas vermelho e infravermelho-próximo apresentou o maior coeficiente de variação, o que denota seu possível potencial no monitoramento da doença. Contudo, ressalta-se a necessidade de investigações futuras com o objetivo de quantificar a variabilidade espectral em plantas de soja em estágio de epidemia de ferrugem-asiática de forma isolada nas folhas de soja, desconsiderando a influência do solo e palhada nas imagens.

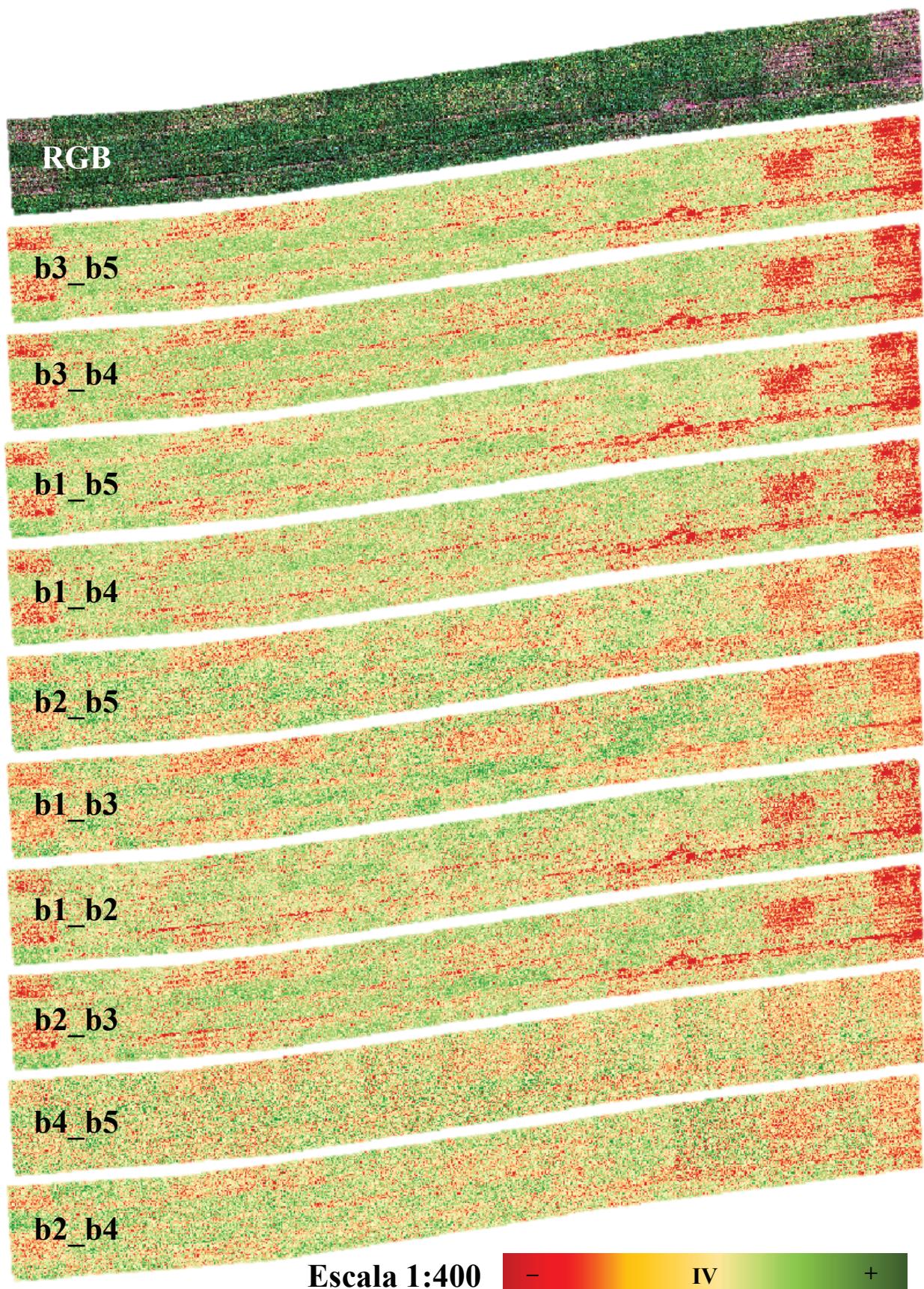


Figura 2. Imagem RGB e as imagens dos índices de vegetação da diferença normalizada calculados com diferentes combinações das bandas espectrais do sensor Micasense Altum conforme Equação 1.

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.

CRUSIOL, L. G. T.; SIBALDELLI, R. N. R.; FARIAS, J. R. B.; NANNI, M. R.; FURLANETTO, R. H.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; NEPOMUCENO, A. L.; FLAUSINO, A. M.; REIS, A. S.; SILVA, B. M. da; CASTRO, C. de; GODOY, C. V.; MINATO, E. A.; CEZAR, E.; OLIVEIRA, F. A. de; SANTOS, G. L. A. A. dos; GONÇALVES, J. V. F.; FOLONI, J. S. S.; FAZAM, J. C.; FRANCHINI, J. C.; OLIVEIRA, K. M. de; MORAES, L. A. C.; MERTZ-HENNING, L. M.; BATISTA, M. A.; NEUMAIER, N.; FALCIONI, R.; ROGGIA, S.; GONCALVES, S. L. **50 anos do NDVI**: desmistificando o índice e ponderando sua utilização para o monitoramento da soja na era digital. Londrina: Embrapa Soja, 2024. 83 p. (Embrapa Soja. Documentos, 463).

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 407-421, 2016.

PWC - PricewaterhouseCoopers. **O futuro da indústria**. 2017. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/sala-de-imprensa/noticias/futuro-da-industria.html>. Acesso em: 14 abr. 2023.

ROUSE JR., J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **NASA Special Publication**, v. 351, n. 1, p. 309-317, 1974.