

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

# ***Eventos Técnicos & Científicos***

**3**

**Junho, 2024**

## **RESUMOS EXPANDIDOS**

### **39<sup>a</sup> Reunião de Pesquisa de Soja**

**26 e 27 de junho 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: *Adeney de Freitas Bueno*

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, Claudine Dinali Santos Seixas*

## **1ª 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

---

Reunião de Pesquisa de Soja (39. : 2024 : Londrina, PR).

Resumos expandidos 39ª Reunião de Pesquisa de Soja, Londrina, PR, 26 e 27 de junho de 2024

-- Londrina : Embrapa Soja, 2024.

PDF (195 p.) -- (Eventos técnicos & científicos / Embrapa Soja, ISSN 0000-0000 ; 3).

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

CDD (21. ed.) 633.34072

## ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DA SOJA SOB DÉFICIT HÍDRICO POR MEIO DE IMAGEM MULTIESPECTRAL OBTIDA POR VANT

CRUSIOL, L. G. T.<sup>(1)</sup>; SIBALDELLI, R. N. R.<sup>(1)</sup>; NANNI, M. R.<sup>(2)</sup>; GONÇALVES, J. V. F.<sup>(2)</sup>; FURLANETTO, R. H.<sup>(3)</sup>; GONÇALVES, S. L.<sup>(1)</sup>; MORAES, L. A. C.<sup>(1)</sup>; FOLONI, J. S. S.<sup>(1)</sup>; MERTZ-HENNING, L. M.<sup>(1)</sup>; NEPOMUCENO, A. L.<sup>(1)</sup>; NEUMAIER, N.<sup>(1)</sup>; FARIAS, J. R. B.<sup>(1)</sup>  
<sup>(1)</sup>Embrapa Soja, Londrina, PR; <sup>(2)</sup>Universidade Estadual de Maringá; <sup>(3)</sup>University of Florida.

### Introdução

Embora o Brasil seja líder mundial na produção de soja, períodos de déficit hídrico nas principais regiões produtoras resultam, frequentemente, em diminuição dos valores de produtividade da oleaginosa (Farias et al., 2023). Diante desse contexto, informações antecipadas sobre as condições de desenvolvimento das lavouras são estratégicas para o delineamento de políticas públicas e corporativas, sobretudo aquelas relacionadas ao seguro agrícola, além de ajuste em relação às práticas culturais, especialmente na identificação de zonas e épocas com maiores limitações de disponibilidade hídrica.

Nos últimos anos, o uso crescente de veículos aéreos não tripulados (VANTs) vem permitindo a aquisição de grande volume de informações espectrais sobre lavouras de soja. A utilização dessas imagens baseia-se no fluxo de radiação eletromagnética (REM) refletido pelas plantas, fruto da sua interação com a estrutura celular e atividade metabólica. Mesmo que imagens obtidas por satélites tenham potencial de monitoramento regional, em ampla escala territorial, o tempo de revisita desses satélites é estático, estando sujeitos à interferência de nuvens, e a resolução espacial é, em geral, na ordem de dez a trinta metros, o que limita o detalhamento das áreas imageadas. Logo, o uso de imagens obtidas por VANTs caracteriza-se como importante ferramenta no monitoramento agrícola local, com maior versatilidade em relação à resolução temporal, além de maior resolução espacial, na ordem de centímetros (Crusiol et al., 2024).

A maior parte dos VANTs usualmente utilizados para o monitoramento agrícola é equipada com câmera RGB, ou seja, que registram a radiação incidente nas bandas espectrais vermelho (R), verde (G) e azul (B). Apesar da ampla contribuição dessas bandas para o monitoramento da vegetação – uma vez que estão diretamente associadas à radiação fotossinteticamente ativa – outros comprimentos de onda, sobretudo o vermelho limítrofe (RE), podem contribuir para a otimização de modelos espectrais para estimativa da produtividade agrícola (Crusiol et al., 2021).

Diante desse contexto, o trabalho objetivou o estabelecimento de modelos de estimativa de produtividade da soja sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica utilizando dados multiespectrais coletados por sensor acoplado a VANT.

### Material e Métodos

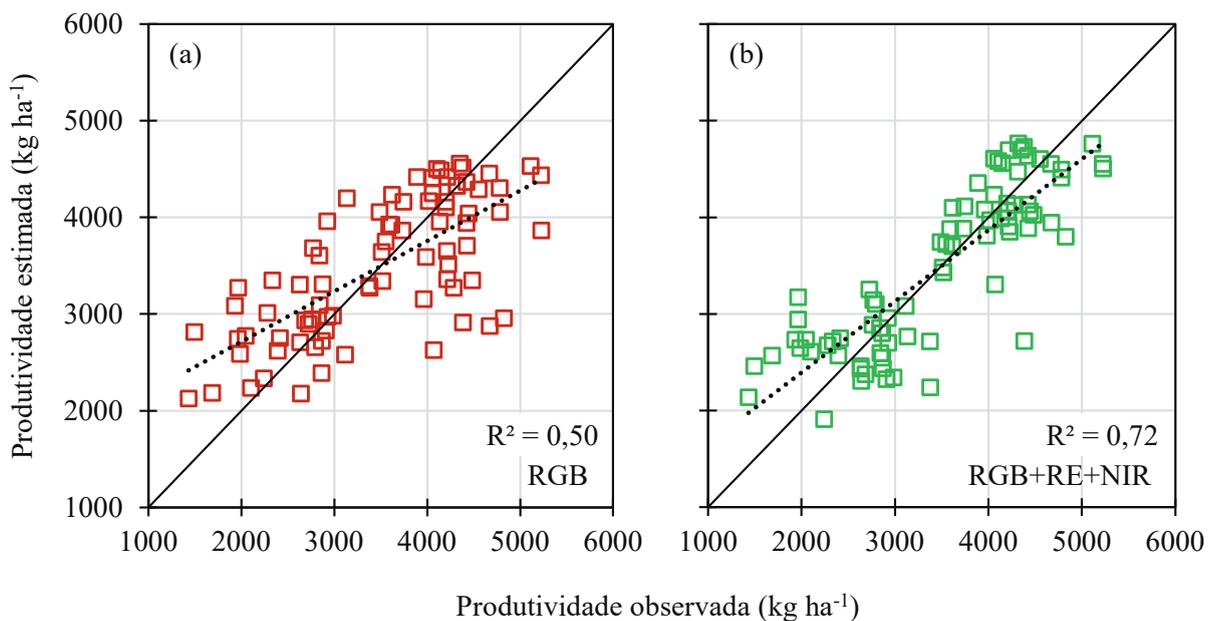
Imagens hiperespectrais foram coletadas em experimento instalado nos campos experimentais da Embrapa Soja na safra 2022/2023, com delineamento experimental de blocos ao acaso com parcela subdividida com quatro tratamentos e quatro repetições. Nas parcelas foram distribuídas quatro condições hídricas: irrigado (recebendo irrigação, com potencial matricial do solo entre -0,03 e -0,05 Mpa), não irrigado (recebendo apenas águas de chuva), déficit hídrico no período vegetativo e déficit hídrico no período reprodutivo. A indução do déficit hídrico ocorreu por meio de abrigos móveis programados para fecharem sempre que volumes de chuva superiores a 0,1 mm fossem registrados pela estação meteorológica localizada dentro da área experimental. Nas subparcelas foram distribuídos 5 genótipos de soja com diferentes respostas à disponibilidade hídrica.

As imagens hiperespectrais foram coletadas, no estágio de desenvolvimento R5 (Neumaier et al., 2020), por meio do sensor multiespectral Altum (Micasense Inc.) acoplada a um VANT quadri-

cóptero modelo Spectral (Nuvem UAV ©). Os voos foram realizados com altura 60 metros, entre 11 e 12 horas, com operação previamente autorizada pelos órgãos responsáveis pelo controle do espaço aéreo. O sensor Altum possui 5 bandas óticas: banda azul (B - 465-485 nm), verde (G - 550-570 nm), vermelho (R - 663-673 nm), vermelho limítrofe (RE - 712-722 nm) e infravermelho próximo (NIR- 820-860 nm); além de uma banda termal (Temp - 8-14  $\mu\text{m}$ ), com resolução espacial de aproximadamente 2 cm na altura do voo realizado. Procedeu-se o processamento e manipulação das imagens nos softwares Metashape e QGis, com remoção dos pixels referentes ao solo, palhada e sombra através de uma máscara binária gerada por meio de árvore de decisão baseada no comportamento espectral de alvos, garantindo a obtenção de dados espectrais puros da vegetação. Os valores extraídos foram submetidos à modelagem espectral por Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLSR - *Partial Least Squares Regression*) para a obtenção de modelos espectrais para estimativa da produtividade da soja. Foram gerados dois modelos: um utilizando apenas as bandas RGB para estimativa da produtividade da soja, e outro utilizando as mesmas bandas RGB, acrescidas das bandas vermelho limítrofe e infravermelho próximo (RGB+RE+NIR). Os modelos espectrais foram avaliados pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) entre valores observados e estimados na etapa de validação cruzada por *leave-one-out*.

## Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta a correlação entre valores de produtividade observados e estimados a partir da modelagem PLSR, com uso das bandas RGB e RGB+RE+NIR.



**Figura 1.** Correlação entre valores de produtividade observados e estimados a partir da modelagem PLSR, com uso das bandas RGB (a) e RGB+RE+NIR (b).

Os resultados demonstram o potencial do sensor multiespectral aerotransportado para monitoramento dos valores de produtividade da soja. Enquanto as bandas RGB, analisadas conjuntamente sob a modelagem PLSR, representam 50% da variabilidade da produtividade, o acréscimo das bandas vermelho limítrofe (RE) e infravermelho próximo (NIR) conferiu incremento de 22% na estimativa dos valores de produtividade, com  $R^2 = 0,72$ . Esse comportamento reforça a contribuição de sensores mais robustos, como aqueles que dispõem de bandas espectrais além do RGB comumente utilizado, conferindo maior assertividade ao monitoramento agrícola.

## Conclusão

Dados multiespectrais obtidos por sensor acoplado a VANTs apresentam amplo potencial para o monitoramento da produtividade da soja sob déficit hídrico. A utilização de múltiplas bandas espectrais (RGB+RE+NIR) confere maior robustez aos modelos de estimativa. Ressalta-se a necessidade de constante aprimoramento da modelagem espectral, caracterizando maior número de genótipos, ampliando o rol de condições de disponibilidade hídrica e monitorando lavouras instaladas sob diferentes características edafoclimáticas, visando o ajuste de modelos estáveis nos diferentes sistemas de produção.

## Referências

- CRUSIOL, L. G. T.; NANNI, M. R.; FURLANETTO, R. H.; SIBALDELLI, R. N. R.; CEZAR, E.; SUN, L.; FOLONI, J. S. S.; MERTZ-HENNING, L. M.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B. Yield prediction in soybean crop grown under different levels of water availability using reflectance spectroscopy and partial least squares regression. **Remote Sensing**, v. 13, n. 977, 2021. 20 p.
- CRUSIOL, L. G. T.; SIBALDELLI, R. N. R.; NANNI, M. R.; FRANCHINI, J. C.; FARIAS, J. R. B. **Conceitos e definições de Sensoriamento Remoto para monitoramento da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2024. 45 p. (Embrapa Soja. Documentos, 461).
- FARIAS, J. R. B.; MONTEIRO, J. E. B. A.; VICTORIA, D. C.; SIBALDELLI, R. N. R.; CRUSIOL, L. G. T.; GONÇALVES, S. L. Zoneamento agrícola de risco climático da soja para seis classes de água disponível no solo (ZARC Soja - 06 ADs). In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 38., 2023, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2023. (Embrapa Soja. Eventos técnicos & científicos, 1).
- NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; MERTZ-HENNING, L. M.; FOLONI, J. S. S.; MORAES, L. A. C.; GONCALVES, S. L. Ecofisiologia da soja. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 33-54. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).