

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

ISSN 3085-9514

Eventos Técnicos & Científicos



Junho, 2026

Resumos expandidos **40ª Reunião de Pesquisa de Soja**

10 e 11 de junho de 2026
Londrina, PR

Embrapa Soja
Londrina, PR
2026

Embrapa Soja

Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral, Caixa postal
4006, CEP 86085-981, Distrito de Warta,
Londrina, PR
(43) 3371 6000
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Roberta Aparecida Carnevali

Secretária-executiva

*Regina Maria Villas Bôas de Campos
Leite*

Membros

*Adonis Moreira, Clara Beatriz Hoffmann-
Campo, Claudine Dinali Santos Seixas,
Claudio Guilherme Portela de Carvalho,
Fernando Augusto Henning, Leandro
Eugênio Cardamone Diniz, Liliane Márcia
Mertz-Henning, Maria Cristina Neves de
Oliveira*

Organização da publicação

*Regina Maria Villas Bôas de Campos
Leite*

Liliane Márcia Mertz- Henning

Normalização

Valéria de Fátima Cardoso

Capa

Marisa Yuri Horikawa

Diagramação

*Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol e
Marisa Yuri Horikawa*

Foto da capa

RRRufino

1ª edição

PDF digitalizado (2026)

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e de inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), vinculada ao Ministério da Agricultura e Pecuária.

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.

É de responsabilidade dos autores que o trabalho submetido não possui frases, parágrafos e quaisquer conteúdos individuais ou agrupados produzidos por algoritmos generativos, modelos de linguagem (GPT) ou inteligência artificial, bem como que os dados apresentados, resultados e conclusões são verídicos e não possuem informações geradas artificialmente por redes neurais ou quaisquer modelos de inteligência artificial, incluindo informações interpoladas automaticamente, informações estimadas e produzidas estatisticamente por algoritmos empíricos ou conteúdos que não podem ser reproduzidos, verificados e validados.

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 (40. : 2026 : Londrina, PR)

Resumos expandidos XL Reunião de Pesquisa de Soja, Londrina, PR, 10 e 11 de
junho de 2026 – Londrina : Embrapa Soja, 2026.

PDF (521 p.) -- (Eventos Técnicos & Científicos / Embrapa Soja, ISSN 3085-9514;
n. 7)

1. Soja. 2. Pesquisa agrícola. I. Leite, Regina Maria Villas Boas de Campos. II.
Mertz- Henning, Liliane Márcia. III. Título. IV. Série.

CDD (21. ed.) 633.340721

Imagens multiespectrais coletadas por VANT na quantificação de perdas de produtividade da soja por seca

Luís Guilherme Teixeira Crusiol⁽¹⁾, Marcos Rafael Nanni⁽²⁾, Giovani Veronezzi⁽¹⁾, Gabriel Buche⁽¹⁾, José Salvador Simonetto Foloni⁽¹⁾, Sergio Luiz Gonçalves⁽¹⁾, Alexandre Lima Nepomuceno⁽¹⁾, Liliane Marcia Mertz-Henning⁽¹⁾, José Renato Bouças Farias⁽¹⁾

⁽¹⁾ Embrapa Soja, Londrina, PR; ⁽²⁾ Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.

Introdução

Eventos de seca são um dos principais limitantes à manutenção de altas produtividades de soja no Brasil, representando, em cinco décadas, 11,65% de perda da produção nacional. As perdas econômicas relacionadas à redução da produtividade da soja entre as safras de 2015/2016 e 2022/2023 ultrapassam US\$ 45 bilhões. Tais perdas estão, ainda, distribuídas em todo o território nacional, o que demonstra a complexidade espacial desse fenômeno, considerando que 95% das áreas de soja no Brasil não possuem irrigação (Sentelhas et al., 2015; Ferreira et al., 2024).

Esse cenário é ainda mais desafiador considerando o aumento de 18% na demanda mundial por soja projetado até 2033 (Dohlman et al., 2023). Com potencial para atender até 65% desse aumento (OECD, 2021; Dohlman et al., 2023), o Brasil necessitaria de 14 milhões de hectares adicionais dedicados à produção de soja, com base nos atuais valores de produtividade (Conab, 2025) ou então buscar alternativas para o aumento de produtividade e/ou para a redução das perdas por seca, garantindo a conciliação entre produção de alimentos e preservação ambiental.

Nesse contexto, o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) tem se fortalecido como importante política pública para indicar épocas de semeadura com menor exposição à riscos climáticos, minimizando a magnitude das perdas de produtividade em casos de seca na cultura da soja (Farias et al., 2025). Nesse escopo, a incorporação de ferramentas digitais, como o sensoriamento remoto, tem se mostrado importante para auxiliar o monitoramento de áreas produtoras, indicando a fenologia da cultura e também o nível de manejo do sistema de produção (Franchini et al., 2023).

Diante desse cenário, o presente trabalho tem por objetivo estabelecer um modelo espectral, através de imagens multiespectrais obtidas por VANT, para estimativa de perdas de produtividade na cultura da soja decorrentes de eventos de déficit hídrico.

Material e Métodos

O experimento de campo foi conduzido nas safras 2022/2023, 2023/2024 e 2024/2025 na fazenda experimental da Embrapa Soja, localizada no município de Londrina, PR.

Com delineamento de blocos casualizados com parcela subdividida e quatro repetições, o experimento recebeu quatro tratamentos de condição hídrica nas parcelas: irrigado (IRR), não irrigado (NIRR); déficit hídrico induzido, separadamente, nos estágios vegetativos (DH-1) e reprodutivos (DH-2); genótipos de soja com diferentes respostas ao déficit hídrico foram distribuídos nas subparcelas.

Imagens multiespectrais foram obtidas no estágio fenológico R5, em cada uma das safras, por meio do sensor Micasense © Altum, sensível às bandas azul, verde, vermelho, vermelho-límitrofe e infravermelho próximo. A câmera foi acoplada a um VANT e sobrevoou a área experimental em condições de céu aberto, sem nuvens, entre 10h e 12h, com altura de voo de 60 metros e resolução espacial de 2 cm. Pixels referentes ao solo, palhada e sombra no dossel foram removidos e extraiu-se o valor médio de reflectância da soja em cada parcela e cada banda espectral.

Para cada safra, a produtividade observada para o tratamento IRR (sem restrição hídrica) foi assumida como referência potencial para o genótipo e bloco correspondentes. Calculou-se a perda relativa de produtividade da soja (produtividade verificada / produtividade referência potencial) para cada parcela experimental ($n = 60$ em cada safra; $n = 180$ nas três safras) em relação à produtividade de referência.

Da mesma forma, assumiu-se a reflectância do tratamento IRR como referência para o genótipo e bloco correspondentes e calculou-se o desvio percentual de reflectância para cada parcela experimental em cada uma das bandas espectrais.

Por fim, a perda de produtividade em cada parcela experimental ($n = 180$) foi modelada usando o algoritmo KNN (*K-Nearest Neighbors* ou K-vizinhos mais próximos), implementado em ambiente Python. Os desvios de reflectância em cada banda espectral foram utilizados como variáveis preditoras. Os dados foram divididos em subconjuntos de calibração (75% das amostras) e validação (25% das amostras). Essa estratégia foi repetida 100 vezes para maximizar a probabilidade de que todas as amostras pudessem ser representadas no conjunto de dados de teste. Antes de ajustar os modelos KNN, as variáveis foram normalizadas para média igual a zero e desvio padrão igual a um.

Resultados e Discussão

A Figura 1A apresenta a correlação entre valores de perda relativa de produtividade de soja observados e aqueles estimados por meio do modelo KNN utilizando os desvios relativos de reflectância da soja em cada uma das cinco bandas espectrais analisadas.

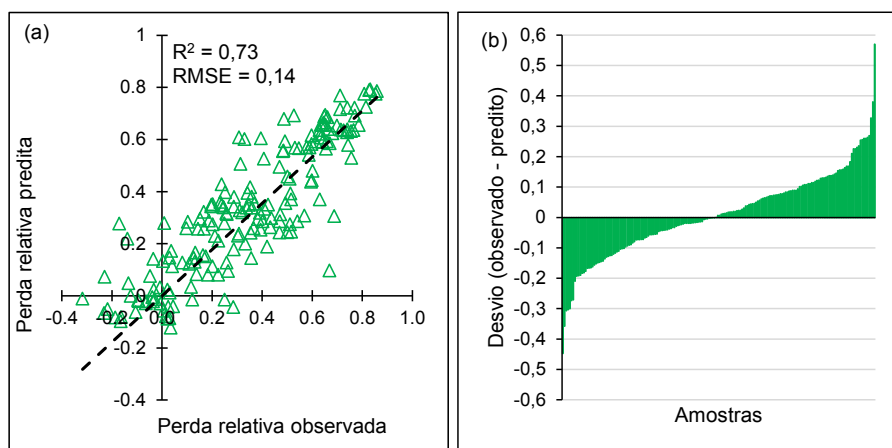


Figura 1. Dispersão em relação à reta 1:1 dos valores observados e preditos de perda relativa de produtividade de soja em decorrência de seca utilizando imagens multiespectrais obtidas por VANT e algoritmo KNN (a) e desvio (observado – predito) das 180 amostras utilizadas na modelagem (b). RMSE = Esperança do Quadrado Médio Residual.

A adoção do desvio relativo de reflectância como variável preditora mostrou-se promissora para a predição da perda de produtividade da soja em função de períodos de déficit hídrico. A regressão linear com intercepto passando pela origem ($y = bx$) revelou coeficiente de determinação (R^2) = 0,73 entre valores observados e aqueles estimados pelo algoritmo KNN, com coeficiente angular = 0,89 e erro quadrático médio (RMSE) = 0,14 (Figura 1A).

A análise da distribuição dos desvios (observado – predito) do modelo KNN (Figura 1B) relevou que, dentre as 180 amostras, 100 amostras (55%) tiveram erro inferior a 10%; enquanto 158 amostras (88%) apresentaram erro inferior a 20% na predição das perdas de produtividade.

Ressalta-se que esses resultados foram obtidos por meio de experimentação em campo em três safras consecutivas, com distintas características dos principais elementos climáticos que governam a dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera. Além das distintas condições climáticas nas safras, destaca-se a suplementação de oferta hídrica por meio de irrigação e a imposição de períodos de déficit hídrico nas fases vegetativas e reprodutivas, separadamente. Soma-se a isso, a variabilidade genética avaliada, com um total de 14 genótipos monitorados por meio do sensor multiespectral.

Conclusão

Valores de perdas de produtividade de soja foram estimados por meio de imagens multiespectrais obtidas por VANT e modeladas através do algoritmo KNN, com $R^2 = 0,73$ e RMSE = 0,14. Tais resultados apontam para a possibilidade de estabelecimento de valores de referência regionais para as genéticas utilizadas a fim de se quantificar os efeitos deletérios da disponibilidade hídrica insuficiente às plantas. Tal monitoramento poderia, ainda, subsidiar a tomada de decisão em relação às práticas culturais e às políticas públicas de crédito e seguro rural.

Referências

- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2024/25, 12º levantamento**. set. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2024-25/12o-levantamento-safra-2024-25>. Acesso em: 26 mar. 2026.
- DOHLMAN, E.; HANSEN, J.; CHAMBERS, W. **USDA Agricultural Projections to 2032**. Washington, DC: USDA, 2023. 119 p. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details?pubid=105852>. Acesso em: 26 mar. 2026.
- FARIAS, J. R. B.; MONTEIRO, J. E. B. de A.; DEBIASI, H.; SALTON, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; TOMAZI, M.; COMUNELLO, E.; FIETZ, C. R.; OLIVEIRA, F. A. de. **Indicadores para classificação dos níveis de manejo no ZarcNM Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2025. 12 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 114).
- FERREIRA, R. C.; SIBALDELLI, R. N. R.; CRUSIOL, L. G. T.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B. Soybean yield losses related to drought events in Brazil: spatial-temporal trends over five decades and management strategies. **Agriculture**, v. 14, n. 12, 2144, 2024. 30 p. DOI: 10.3390/agriculture14122144.
- FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FARIAS, J. R. B.; MONTEIRO, J. E. B. de A.; SANTOS, E. L. dos; SARTORI, A. A. da C.; LEONARDO, H. C. L. **Sensoriamento remoto para avaliar o histórico de culturas, cobertura do solo com palha e tempo sem revolvimento do solo em áreas agrícolas, para uso no Zarc Níveis de Manejo**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 33 p. (Embrapa Soja. Documentos, 454).
- OECD. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030**. Paris, 2021. 337 p. DOI: 10.1787/19428846-en.
- 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. **Journal of Agricultural Science**, v. 153, n. 8. p. 1394-1411, 2015. DOI: 10.1017/S0021859615000313.