

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

ISSN 3085-9514

Eventos Técnicos & Científicos

7

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

Fenotipagem para tolerância à seca: modelo hiperespectral para estimativa do conteúdo de água em plantas de soja

Luís Guilherme Teixeira Crusiol⁽¹⁾, Marcos Rafael Nanni⁽²⁾, Giovani Veronezzi⁽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

Nas últimas décadas, o Brasil consolidou-se como líder mundial na produção de soja. Das 425 milhões de toneladas de soja produzidas mundialmente (Dohlman et al., 2023), a produção brasileira responde por 40% (mais de 170 milhões de toneladas), distribuídas em mais de 47 milhões de hectares e apresentando produtividade superior à média mundial (Conab, 2025), o que demonstra a contribuição da soja brasileira para a segurança alimentar global. Em âmbito nacional, a cadeia produtiva da soja e dos biocombustíveis é um componente-chave da dinâmica socioeconômica do Brasil, responsável por 5,7% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e empregando mais de 2,39 milhões de pessoas (Barros; Castro, 2025).

Contudo, aproximadamente 11,65% da produção nacional de soja é perdida anualmente em decorrência de disponibilidade hídrica insuficiente ao pleno desenvolvimento das lavouras, com perdas superiores a US\$ 152 em cinco décadas (Ferreira et al., 2024). De acordo com Sentelhas et al. (2015), dentre todos os estresses bióticos e abióticos, a seca é o fator mais limitante para a cultura da soja no Brasil.

Diante da necessidade de intensificação dos sistemas de produção para garantir a segurança alimentar global e de, ao mesmo tempo, assegurar a proteção dos recursos ambientais, torna-se imperativa a obtenção de genéticas com maior tolerância a períodos de déficit hídrico, minimizando, assim, possíveis perdas de produtividade da soja em decorrência de seca. É nesse contexto que ferramentas digitais, como o sensoriamento remoto, podem contribuir para a fenotipagem de plantas em campo, de forma rápida e não destrutiva, fornecendo parâmetros quantitativos das características de interesse para a seleção de genéticas mais tolerantes (Crusiol et al.,

2023). Uma dessas características é o conteúdo relativo de água (TRA) nos tecidos vegetais mostra-se importante na seleção de genótipos mais tolerantes à seca (Braga et al., 2021).

O presente trabalho teve por objetivo desenvolver um modelo hiperespectral para quantificação do conteúdo de água em plantas de soja submetidas a diferentes níveis de disponibilidade hídrica.

Material e Métodos

Foi conduzido, na safra 2025/2026, experimento nos campos da Embrapa Soja, localizada no município de Londrina, PR. Nesse experimento, em delineamento de blocos casualizados com parcela subdividida e quatro repetições, quatro tratamentos hídricos foram distribuídos nas parcelas experimentais: irrigado (IRR), não irrigado (NIRR); déficit hídrico induzido, separadamente, nos estágios vegetativos (DH-1) e reprodutivos (DH-2). Cinco genótipos de soja, com diferentes respostas ao déficit hídrico, foram distribuídos nas subparcelas.

Abrigos móveis foram utilizados para cobrir automaticamente as parcelas dos tratamentos DH-1 e DH-2 sempre que valores de precipitação pluviométrica superiores a 0,1 ocorressem. Tais abrigos automaticamente descobriam as parcelas assim que a chuva cessasse. No momento em que DH-1 estava submetido ao déficit hídrico, DH-2 recebia água de chuvas; da mesma forma, quando DH-2 passou a ser submetido ao déficit hídrico, DH-1 voltou a receber água de chuvas. Tanto DH-1 quanto DH-2, não receberam suplementação hídrica (não foram irrigados).

A semeadura do experimento ocorreu dia 11 de novembro de 2025. A indução do DH-1 ocorreu de 30 a 70 dias após a semeadura (DAS) e a indução do DH-2 ocorreu de 70 DAS até a colheita. Ao longo da safra, um total de 123 mm de irrigação foi aplicada somente no tratamento IRR.

Aos 30, 66, 91 DAS, valores de reflectância de folhas de soja foram coletados com o espectrorradiômetro Fieldspec 3 Jr (©ASD Inc.), sensor hiperespectral sensível aos espectros visível (Vis), infravermelho próximo (NIR) e infravermelho de ondas curtas (SWIR), de 350 a 2500 nm e com saída de dados com intervalo 1 nm. Em cada parcela experimental, foram destacados quatro trifólios de plantas distintas e, imediatamente, coletou-se os valores de reflectância foliar no folíolo central de cada um deles.

Simultaneamente, o folíolo esquerdo de cada trifólio foi acondicionado em recipiente hermeticamente fechado, para posterior determinação da massa fresca. A massa seca dos tecidos vegetais foi obtida após secagem em forno a 60°C por 72 horas, até que as amostras atingissem peso constante. Determinou-se o teor relativo de água (TRA) nas folhas de soja por meio da diferença entre massa fresca (mf) e massa seca (ms) em relação à massa fresca da amostra, de acordo com a equação $TRA = ((mf - ms) / mf) \times 100$.

As curvas espectrais das parcelas experimentais, em cada data de avaliação ($n = 80$), foram relacionadas aos valores de conteúdo relativo de água correspondentes por meio da modelagem *Partial Least Squares Regression* (PLSR). Os resultados obtidos na calibração do modelo foram avaliados por meio do coeficiente de determinação (R^2) da regressão linear entre os valores observados e preditos e pelo erro quadrático médio (RMSE).

Resultados e Discussão

Na Figura 1 estão apresentados os resultados da modelagem PLSR para estimativa do teor relativo de água aos 30 DAS (A), 66 DAS (B), 91 DAS (C) e no modelo global, contemplando as três datas de avaliação na safra 2025/2026 (D). Ao passo que a menor acurácia foi observada aos 91 DAS (Figura 1C), a maior acurácia dentre as datas de avaliação foi observada aos 66 DAS (Figura 1B).

No modelo global, em uma análise conjunta das três datas de avaliação (Figura 1D), a regressão linear com intercepto passando pela origem ($y = bx$) revelou $R^2 = 0,94$ e $RMSE = 1,16$, o melhor desempenho do modelo espectral para predição do teor relativo de água em folhas de soja. A análise da distribuição dos desvios da modelagem (valor observado – predito) revela que 65% das amostras tiveram erro inferior a 1%; 29% das amostras tiveram erro entre 1% e 2%; 4% das amostras tiveram erro entre 2% e 3%; e somente quatro amostras apresentaram erro superior a 3%, com valor máximo de 5,62%.

Conclusão

O modelo hiperespectral, por meio da PLSR, apresentou satisfatório desempenho na predição do teor relativo de água em folhas de soja. O modelo global, contemplando as três datas de avaliação, apresentou $R^2 = 0,94$ e $RMSE = 1,16$, constituindo-se em uma ferramenta potencial para auxiliar na caracterização das plantas em campo, ou até mesmo casa de vegetação, subsidiando a seleção de genéticas mais tolerantes ao estresse por déficit hídrico.

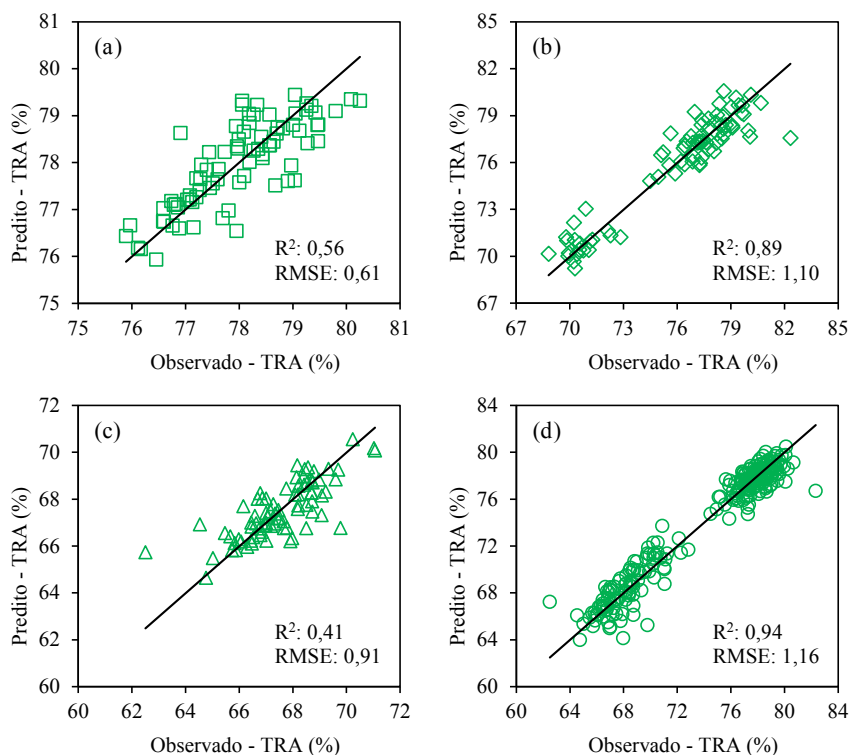


Figura 1. Dispersão em relação à reta 1:1 dos valores observados e preditos de teor relativo de água na modelagem PLSR aos 30 DAS (a), 66 DAS (b), 91 DAS (c) e no modelo global, contemplando as três datas de avaliação (d). $RMSE$ = Esperança do Quadrado Médio do Erro.

Referências

BARROS, G. S. de C.; CASTRO, N. R. (coord.). **Cadeia da soja e do biodiesel**: PIB, empregos e comércio exterior - 3º trimestre de 2025. Cepea; Abiove, 2025. Disponível em: https://abiove.org.br/abiove_content/Abiove/Relatorio-Cadeia-da-Soja-e-biodiesel-3T2025_1.pdf. Acesso em: 26 mar. 2026.

BRAGA, P.; CRUSIOL, L. G. T.; NANNI, M. R.; CARANHATO, A. L. H.; FUHRMANN, M. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; KOLTUN, A.; GONÇALVES, L. S. A.; MERTZ-HENNING, L. M. Vegetation indices and NIR-SWIR spectral bands as a phenotyping tool for water status determination in soybean. **Precision Agriculture**, v. 1, p. 249-266, 2021. DOI: 10.1007/s11119-020-09740-4.

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.

CRUSIOL, L. G. T.; NANNI, M. R.; FURLANETTO, R. H.; SIBALDELLI, R. N. R.; SUN, L.; GONCALVES, S. L.; FOLONI, J. S. S.; MERTZ-HENNING, L. M.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B. Assessing the sensitive spectral bands for soybean water status monitoring and soil moisture prediction using leaf-based hyperspectral reflectance. **Agricultural Water Management**, v. 277, 108089, 2023. 17 p. DOI: 10.1016/j.agwat.2022.108089.

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.

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.

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.