

TERMOVISÃO NA ANÁLISE DE ESTRESSE DA SOJA IRRIGADA COM EFLUENTE TRATADO DE ABATEDOURO

FABRÍCIO ROSSI¹, ISABELLA BORGES TESTONI², LISIANE BRICHI³,
ANA CAROLINA MURAD LIMA⁴, ANDRÉ LEÃO DE SOUZA DOMINGUEZ⁵,
TAMARA MARIA GOMES⁶

¹ Professor Associado, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga – SP, fabricio.rossi@usp.br

² Engenheira de Biosistemas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP, Pirassununga – SP

³ Doutoranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba – SP

⁴ Doutoranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba – SP

⁵ Graduando em Engenharia de Biosistemas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP, Pirassununga – SP

⁶ Professora Associada, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga – SP

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: A produtividade da soja está diretamente ligada a disponibilidade de água para o seu desenvolvimento. Desta forma, o efluente tratado de abatedouro tem potencial de suprir as necessidades hídricas e nutricionais da cultura. Porém, se manejado incorretamente, pode acarretar em estresses hídrico-salinos. O monitoramento deste estresse, de modo rápido e não invasivo, é de interesse prático. Deste modo, o objetivo desse estudo foi verificar o uso da termovisão como ferramenta de análise do estresse no cultivo de soja irrigada com efluente tratado de abatedouro (ETA). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco doses de ETA: 0, 25, 50, 75 e 100%, com parcelas subdivididas (presença e ausência da inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*), em quatro repetições. As coletas das imagens termográficas ocorreram em três datas (35, 48 e 52 dias após semeadura – DAS). Com os dados foi obtido o índice Temperatura Relativa Normalizada do Dossel (TRND), que apresentou aumento significativo com o aumento da dose, ou seja, houve um maior estresse das plantas de soja irrigadas com 100% ETA. A inoculação com *B. japonicum* não alterou de forma significativa o estresse das plantas para ser identificada pela termovisão.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, reuso agrícola, termografia

THERMOGRAPHY IN THE STRESS ANALYSIS OF IRRIGATED SOYBEAN WITH TREATED SLAUGHTERHOUSE EFFLUENT

ABSTRACT: The productivity of soybean is directly linked to the availability of water for its development. Thus, treated slaughterhouse effluent has the potential to meet the crop's water and nutritional needs. However, if mismanaged, it can lead to water-saline stress. Monitoring this stress rapidly and non-invasively is of practical interest. Therefore, the objective of this study was to investigate the use of thermography as a tool for stress analysis in soybean cultivation irrigated with treated slaughterhouse effluent (TSE). The experimental design was randomized complete blocks with five TSE doses: 0, 25, 50, 75, and 100%, with subdivided plots (presence and absence of *Bradyrhizobium japonicum* inoculation), replicated four times. Thermal images were collected on three dates (35, 48, and 52 days after sowing - DAS). The data were used to calculate the Relative Canopy Temperature Index (RCTI), which showed a

significant increase with increasing dose, indicating higher stress in soybean plants irrigated with 100% TSE. Inoculation with *B. japonicum* did not significantly alter plant stress as detected by thermography.

KEYWORDS: agricultural reuse, *Glycine max*, thermography

INTRODUÇÃO: A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) tem grande importância na conjuntura econômica nacional, pois os grãos são utilizados na alimentação humana e animal, para produção de óleos vegetais, podendo ser utilizada na produção biocombustíveis. O Brasil é o maior produtor e exportador desta cultura (EMBRAPA, 2022). A realização do monitoramento do estresse hídrico com a utilização de imagens térmicas vem se mostrando eficaz, uma vez que é um método não invasivo e preciso, e que se relacionam com o processo de abertura e fechamento dos estômatos (ELSAYED; RISCHBECK; SCHMIDHALTER, 2015). Além disso, pode correlacionar-se indiretamente com a salinidade, uma vez que ambientes salinos impactam a regulação osmótica de plantas, levando-as ao estresse hídrico (MENEGASSI et al., 2022). Por esta razão, a utilização de imagens térmicas para detecção de estresses hídrico-salinos em culturas hidricamente demandantes, como a soja, e neste caso irrigada com águas residuárias, pode ser uma ferramenta de interesse no manejo e detecção preventiva quantos às perdas de produtividade. Deste modo, o objetivo deste estudo foi demonstrar o uso da termovisão como ferramenta para analisar o estresse hídrico/salino do cultivo de soja irrigada com efluente tratado de abatedouro.

MATERIAL E MÉTODOS: A área de estudo está localizada próxima ao Abatedouro Escola, no campus USP “Fernando Costa”, da Universidade de São Paulo, no município de Pirassununga, interior de São Paulo, em altitude média de 635m, latitude de 21°59’S e longitude 47°25’W. O solo é classificação como Latossolo Vermelho Eutrófico. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas (com e sem inoculação) em cinco tratamentos (doses de efluente tratado de abatedouro – ETA, 0%, 25%, 50%, 75% e 100%), e quatro repetições. O efluente tratado de abatedouro (ETA) provém do Abatedouro Escola do Campus USP “Fernando Costa”, em Pirassununga/SP. A soja, cultivar Intacta RR2 Pró (KWS), foi semeada em 29 de outubro de 2021, com 14 plantas por metro linear e espaçamento de 0,40 m nas entrelinhas. As parcelas foram subdivididas em duas, na qual uma subparcela continha sementes com inoculação da bactéria *Bradyrhizobium japonicum*, que, segundo Nogueira et al. (2018) é responsável pela fixação biológica do nitrogênio (FBN), dispensando assim, o uso de fertilizantes nitrogenados durante o cultivo. E a segunda subparcela, sem inoculação. Para a coleta das imagens térmicas foi utilizada a câmera térmica FLIR E60. As imagens foram coletadas em três datas (03/12/2021 – 35 dias após semeadura - DAS; 16/12/2021 – 48 DAS e 20/12/2022 – 52 DAS). Com o software Flir Tools® foi feito um recorte em metade de cada imagem, visando garantir a análise do dossel da soja, como pode ser observado na figura 1. Da seleção da imagem foram obtidas as temperaturas máxima, mínima e média, com as quais foi realizado o cálculo do Temperatura Relativa Normalizada do Dossel (TRND), adaptado de Elsayed; Rischbeck e Schmidhalter (2015), de acordo com a equação (1):

$$TRND = (T_{med} - T_{min}) / (T_{max} - T_{min}) \quad (1)$$

em que,

T_{med} - temperatura média; T_{min} - temperatura mínima; e T_{max} - temperatura máxima, do dossel das plantas, obtidas pela termovisão. Os valores de TRND variam entre 0 e 1, quanto mais próximo de 1, maior é o estresse das plantas.

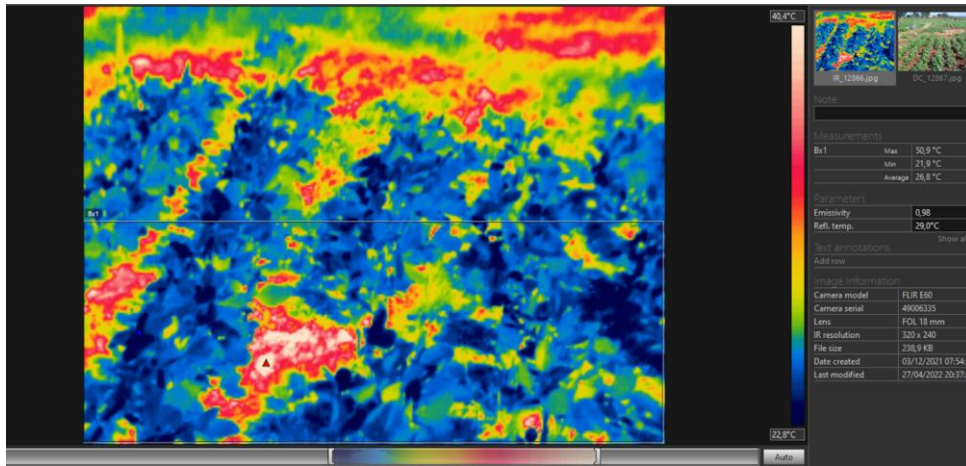


FIGURA 1. Imagem termal de uma parcela experimental de soja.

Os dados foram submetidos a análise de variância (Anova), e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,10$) ou análise de regressão polinomial, conforme os dados analisados. As análises no tempo foram consideradas como subparcelas. Utilizou-se o software estatístico Sisvar, versão 5.8 (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Para os valores de TRND não houve interação entre as doses de efluente tratado de abatedouro (ETA) e a presença ou ausência da inoculação. Houve diferença significativa entre as datas de avaliação - dias após semeadura (DAS), sendo obtido o maior índice aos 48 DAS, o menor aos 35 DAS e o índice intermediário aos 52 DAS (Tabela 1).

TABELA 1. TRND média das plantas de soja, submetidas a presença ou ausência de inoculação, irrigadas com doses de efluente tratado de abatedouro (ETA), nas datas de avaliação (DAS – dias após semeadura).

ETA	0%	25%	50%	75%	100%	Média
DAS	TRND - Temperatura Relativa Normalizada do Dossel					
35	0,2718	0,2381	0,2354	0,2455	0,2449	0,2471 b
48	0,2811	0,2960	0,3005	0,3374	0,3699	0,3170 a
52	0,2329	0,2569	0,2754	0,3251	0,3272	0,2834 ab
C.V. (%)	15,91					

Médias, seguidas de letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,10$).

Realizou-se uma análise de regressão polinomial, que gerou a equação quadrática (figura 2), com um coeficiente de determinação (R^2) de 94,34%. Os valores apresentados de Temperatura Relativa Normalizada do Dossel (TRND) são médias das três avaliações, visto que não houve interação entre doses de efluente, a inoculação ou não das parcelas com *B. japonicum* e as datas analisadas. Foi observado um aumento no índice (TRND) conforme a porcentagem da irrigação com efluente tratado de abatedouro (ETA) aumentou, ou seja, houve um maior estresse das plantas de soja com 100% ETA. A hipótese é que esse estresse seja decorrente da salinidade moderada presente no efluente, que ao apresentar concentrações maiores, aumentou o teor salino no solo para a cultura. O mesmo foi determinado por Menegassi et al. (2022), que ao estudarem o arroz cultivado sob estresse salino verificaram que a termovisão foi capaz de detectar o estresse, com valores do índice, ao florescimento, variando de TRDN 0,37 a 0,39.

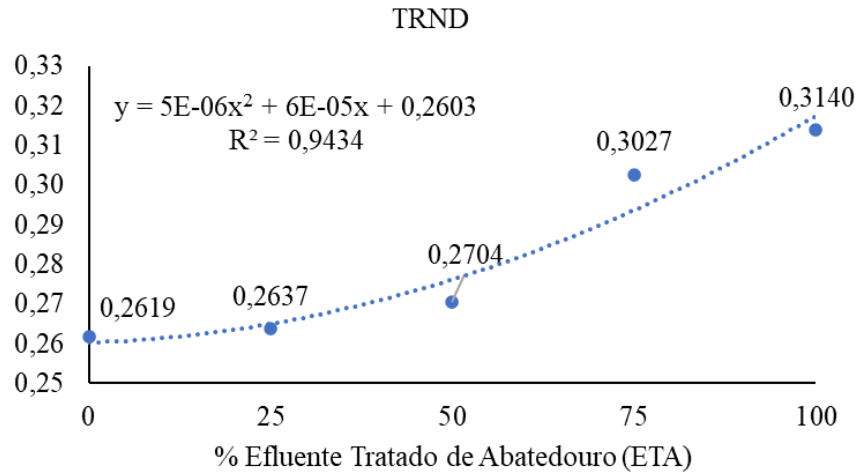


FIGURA 2. Temperatura Relativa Normalizada do Dossel (TRND) média das plantas de soja, submetidas a presença ou ausência de inoculação, irrigadas com doses de efluente tratado de abatedouro (ETA).

CONCLUSÕES: A termovisão foi eficiente, através do índice Temperatura Relativa Normalizada do Dossel (TRND), em identificar o estresse das plantas de soja irrigadas com doses de efluente tratado de abatedouro. A inoculação com *B. japonicum* não diminuiu o estresse das plantas de soja ou não alterou de forma significativa para ser identificada pela termovisão.

AGRADECIMENTOS: A Capes, pela bolsa de doutorado das coautoras Lisiane Brichi e Ana Carolina Murad Lima. Ao GEBio – Sistemas e Engenharia, grupo de estudos em Engenharia de Biosistemas.

REFERÊNCIAS:

ELSAYED, S.; RISCHBECK, P.; SCHMIDHALTER, U. Comparing the performance of active and passive reflectance sensors to assess the normalized relative canopy temperature and grain yield of drought-stressed barley cultivars. **Field Crops Research**, Freising, v. 177, p. 98–110, 2015.

EMBRAPA. Soja em números. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 02 ago 2022.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A Computer Analysis System to Fixed Effects Split Plot Type Designs. **Revista Brasileira de Biometria**, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019.

MENEGASSI, L. C.; BENASSI, V. C.; TREVISAN, L. R.; ROSSI, F.; GOMES, T. M. Thermal imaging for stress assessment in rice cultivation drip-irrigated with saline water. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.42, n.5, e20220043, 2022.

NOGUEIRA, M. A. *et al.* Ações de transferência de tecnologia em inoculação/ coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cultura da soja na safra 2017/18 no estado do Paraná. **Circular técnica 143**. Londrina, PR, setembro, 2018.