

PIMENTA 'MARIA BONITA' EM SUCESSÃO A ADUBAÇÃO VERDE, IRRIGADAS COM EFLUENTE TRATADO DE LATICÍNIOS EM CULTIVO PROTEGIDO: TERMOVISÃO COMO FERRAMENTA DE DIAGNOSE DE ESTRESSE

VITÓRIA ALONSO MACHADO¹, JULIANA DE FÁTIMA VIZÚ², KARLA MICHELE DA SILVA LIMA³, LUIZ GUILHERME LUNARDI⁴, TAMARA MARIA GOMES⁵, FABRÍCIO ROSSI⁶

¹ Graduanda em Eng. de Biossistemas, FZEA/Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP., vitoria.alonso@usp.br

² Doutoranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ-Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

³ Graduanda em Eng. de Biossistemas, FZEA/Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP.

⁴ Graduando em Eng. de Biossistemas, FZEA/Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP.

⁵ Professora. Doutora do Departamento de Eng. de Biossistemas, FZEA/Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP.

⁶ Professor. Doutora do Departamento de Eng. de Biossistemas, FZEA/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: Considerando a representatividade no agronegócio brasileiro no cultivo de pimentas, avaliar o comportamento dessas plantas em ambiente protegido é importante para se realizar um manejo adequado da irrigação, minimizando fatores de estresse. A termografia é uma tecnologia não invasiva capaz de identificar o comportamento térmico de objetos, plantas e animais de maneira instantânea. O objetivo deste estudo foi avaliar o estresse de pimentas em cultivo protegido, através de imagens térmicas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial (5x2), com quatro adubos verdes: *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco), *Crotalaria spectabilis* (crotalária-spectábilis), *Pennisetum glaucum* (milheto), *Dolichos lablab* (lablab) e uma testemunha (sem adubação verde), e duas fontes de água (água de abastecimento - AB e efluente tratado de laticínio - ETL), com quatro repetições. As imagens termográficas foram coletadas aos 71 dias após transplante, sendo calculada a temperatura relativa normalizada do dossel (TRND). Os resultados indicaram influência da irrigação com efluente tratado de laticínio na TRND, minimizando o estresse das pimentas cultivadas após lablab, crotalária-spectábilis e feijão-de-porco.

PALAVRAS-CHAVE: *Capsicum chinese*, imagem termográfica, reuso agrícola

'MARIA BONITA' PEPPER IN SUCCESSION TO GREEN FERTILIZATION, IRRIGATED WITH TREATED DAIRY PRODUCT EFFLUENT IN PROTECTED CULTURE: THERMAL VISION AS A STRESS DIAGNOSIS TOOL

ABSTRACT: Considering the representation in the Brazilian agribusiness in the cultivation of peppers, evaluating the behavior of these plants in a protected environment is important to achieve proper irrigation management, minimizing stress factors. Thermography is a non-invasive technology capable of instantly identifying the thermal behavior of objects, plants, and animals. The objective of this study was to evaluate the stress of peppers in protected cultivation through thermal imaging. The experimental design was randomized blocks in a factorial scheme (5x2), with four green manures: *Canavalia ensiformis* (jack bean), *Crotalaria spectabilis* (showy crotalaria), *Pennisetum glaucum* (pearl millet), *Dolichos lablab* (lablab), and a control (without green manure), and two water sources (supply water - SW and treated dairy effluent - TDE), with four replications. The thermographic images were

collected 71 days after transplanting, and the normalized relative canopy temperature (NRCT) was calculated. The results indicated the influence of irrigation with treated dairy effluent on NRCT, minimizing the stress of peppers cultivated after lablab, showy crotalaria, and jack bean.

KEYWORDS: agricultural reuse, *Capsicum chinese*, thermographic image.

INTRODUÇÃO: A pimenta (*Capsicum* spp.) é uma cultura de grande importância socioeconômica e como alimento em todo o mundo, gerando renda devido aos seus altos níveis de produção, consumo e uso de mão-de-obra (PELVINE, 2019). Após um estudo conduzido por Martinez et al. (2021) foi lançada uma cultivar de pimenta Maria Bonita. A 'Maria Bonita' é o primeiro híbrido pertencente à espécie *Capsicum chinese*, possuindo potencial de cultivo em ambiente protegido (SALA et al., 2020). Na agricultura tem-se buscado cada vez mais maximizar os recursos disponíveis, através de práticas alternativas. A adubação verde, a utilização de águas residuárias provenientes das agroindústrias são práticas que fornecem nitrogênio ao sistema produtivo, e as câmeras termográficas, permitem uma abordagem direta e facilitada de condições fisiológicas de plantas (MENEGASSI et al., 2022), como por exemplo, o estresse hídrico na planta, eliminando a necessidade de variáveis relativas à condição climática e a fisiologia da planta estudada, havendo apenas a necessidade de correção relacionadas a emissividade e radiação do ambiente (MAES et al., 2016). Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o estresse de pimentas 'Maria Bonita' em cultivo protegido, através de imagens térmicas.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em uma estufa agrícola com 210m² de área, pertencente ao laboratório de Tecnologia de Produção e Sanidade Vegetal, do Departamento de Engenharia de Biosistemas, na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (ZEB/FZEA/USP), no município de Pirassununga-SP, com altitude de 627m, latitude de 21°59'S e longitude 47°25'W. O clima na região é do tipo Cwa (subtropical úmido) na classificação de Koppen, a temperatura média anual é de 20,8°C, com precipitação pluviométrica média anual de 1089 mm. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial (5x2) com quatro adubos verdes a saber: *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco), *Crotalaria spectabilis* (crotalária-spectabilis), *Pennisetum glaucum* (milheto), *Dolichos lablab* (lablab) e uma testemunha (sem adubação verde – com 100% da adubação nitrogenada recomendada para a cultura), e duas fontes de água (água de abastecimento - AB e efluente tratado de laticínio - ETL), com quatro repetições (Figura 1).



FIGURA 1. Espaçamento das pimentas (à esquerda) e distribuição dos adubos nas parcelas (à direita).

Os adubos verdes foram manejados aos 108 dias após a semeadura (DAS), quando se encontravam em pleno florescimento. A fitomassa foi pesada, triturada e, em seguida redistribuída sobre o solo, nas parcelas experimentais. A espécie de pimenta utilizada foi a *Capsicum chinense*, cultivar híbrida Maria Bonita. As mudas de pimenta ‘Maria Bonita’ foram transplantadas no dia 05 de janeiro de 2023, nas parcelas com 42 dias de desenvolvimento, quatro por parcela, espaçadas em 0,5 m entre plantas. Para a coleta das imagens térmicas, foi utilizada a câmera térmica FLIR E60. As imagens foram 71 dias pós transplante, no período da manhã, entre os horários das 8h e 10h. Foram coletadas uma imagem por planta de cada parcela, totalizando 40 imagens por bloco e 160 imagens por dia de medição. Para realizar a coleta das imagens foi necessário inserir no equipamento a umidade relativa do ar e a temperatura atmosférica, medida pelo Termo-higrômetro digital ST9617, sendo esses dados coletados para cada bloco. A câmera captura tanto a imagem termográfica quanto a imagem RGB (Figura 2). Com o software FLIR Tools foi feito um recorte de cada imagem para garantir a análise do dossel das pimentas. Nesse software é calculado a temperatura máxima, mínima e média do setor da imagem selecionado. Aplicou-se os valores de temperaturas máxima, mínima e média, para realizar o cálculo temperatura relativa normalizada do dossel (TRND), com a seguinte equação (Elsayed et al., 2015):

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

Em que,

T_{med} é a temperatura média;

T_{min} é a temperatura mínima;

T_{max} é a temperatura máxima, que são as temperaturas foliares captadas pela câmera termográfica e calculadas pelo software Flir Tools®.

Os dados foram submetidos a análise de variância (Anova) e quando significativos foi aplicado teste de Scott-Knott ao nível de 10% de probabilidade para comparar as médias, utilizando-se o programa estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2019).

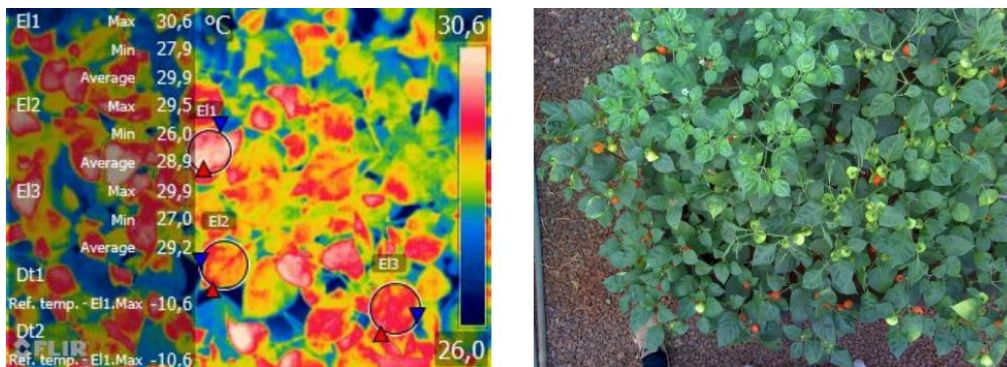


FIGURA 2. Imagem térmica e RGB da ‘Maria Bonita’ capturadas pela câmera FLIR E60.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Houve interação entre os adubos verdes e as fontes de irrigação no cultivo da pimenta ‘Maria Bonita’. As parcelas irrigadas com efluente tratado de laticínio (ETL) tiveram baixa variação na temperatura relativa normalizada do dossel (TRND), sendo de 0,5019 para a testemunha à 0,5141 para o feijão-de-porco, sem diferença entre as pimentas cultivadas após testemunha (sem adubo verde) e após os adubos verdes (Tabela 1). Para as parcelas irrigadas com água de abastecimento (AB) a pimentas da testemunha e do milho diferiram do lablab, da crotalaria-spectabilis e do feijão-de-porco, que apresentaram maiores valores do índice TRND. Ao comparar a relação entre os mesmos adubos verdes, irrigados com ETL ou AB, percebe-se relevante diferença para lablab,

crotalária-spectabilis e para o feijão-de-porco, que apresentaram menor TRND quando irrigados com ETL.

TABELA 1. Temperatura relativa normalizada do dossel (TRND) da pimenta 'Maria Bonita' irrigada com efluente tratado de laticínio (ETL) ou água de abastecimento (AB), cultivada em sucessão aos adubos verdes, aos 71 dias após transplântio (DAT).

Tratamentos	ETL	AB
Testemunha	0,5019 Aa	0,4710 Ba
Milheto	0,4954 Aa	0,4913 Ba
Lablab	0,4737 Ab	0,5397 Aa
Crotalária-spectabilis	0,5010 Ab	0,5762 Aa
Feijão-de-porco	0,5141 Ab	0,6221 Aa
C.V. (%)	20,37	<i>p</i> valor = 0,0639

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

CONCLUSÕES: A temperatura relativa normalizada do dossel (TRND) foi eficiente em determinar o estresse das plantas de pimenta 'Maria Bonita', com maiores índices de TRND para as pimentas cultivadas após os adubos verdes *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco), *Crotalaria spectabilis* (crotalária-spectabilis) e *Dolichos lablab* (lablab), quando irrigadas com água de abastecimento (AB).

AGRADECIMENTOS: A CAPES pela concessão da bolsa de doutorado da segunda autora. A empresa Piraí sementes, pela doação das sementes de adubos verdes. Ao Professor Dr. Fernando César Sala da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar (Centro de Ciências Agrárias), pelas mudas de pimenta.

REFERÊNCIAS:

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2019.

PELVINE, R.A. Os Números Estatísticos Da Safra De Pimenta. *Revista Campos & Negócios*, 2019. Acessado em 10 de junho de 2023. <https://www.revistacampoenegocios.com.br/os-numerosestatisticos-da-safra-de-pimenta/>

SALA, F.C.; da COSTA, C.P.; MARTINEZ, M. de LIMA, T.J.L.; AMARAL, E.; PORTELLA, M.A.; GAZMENGA, A.P. Maria bonita: A nova pimenta brasileira, 2020. Acessado em 04 de setembro de 2022. <https://revistacampoenegocios.com.br/maria-bonita-a-nova-pimenta-brasileira/>

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.

MAES, Wounter H. et al. A new wet reference target method for continuous infraredthermography of vegetations. *Agricultural and Forest Meteorology* 226–227 p. 119–131, 2016.