

EFEITO DO HIDROGEL E DA IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA NOS ÍNDICES TÉRMICOS DA CULTURA DO PIMENTÃO

Francisco Fábio Lima Gomes¹, James do Nascimento Costa², Rafaela da Silva Arruda³, Jamily Nobre Fiusa Pimentel⁴, Luis Gonzaga Pinheiro Neto⁵, Alessandro Oliveira da Silva⁶

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi testar o uso do hidrogel em irrigação por déficit, e seus efeitos nos índices térmicos da planta. O experimento foi conduzido em um delineamento de blocos completos ao acaso com 4 repetições, no esquema de parcelas subdivididas, com cinco tratamentos de irrigação (100% da evapotranspiração da cultura (ETc) durante todo o ciclo (IP); 60% da ETc durante todo o ciclo da cultura (DR); 60% da ETc na fase vegetativa (DCV); 60% da ETc na fase intermediária (DFL) e 60% da ETc na fase final (DFR)) e nas subparcelas (com e sem) o uso do hidrogel. O uso do hidrogel aumentou os valores dos índices térmicos. A estratégia DFR e DCV mantiveram os índices térmicos semelhantes ao tratamento controle aos 120 após o transplântio. O hidrogel não se mostrou eficiente na redução da temperatura foliar do pimentão.

PALAVRAS-CHAVE:

EFFECT OF HYDROGEL AND DEFICIT IRRIGATION ON THE THERMAL INDICES OF PEPPER CROP

ABSTRACT: The objective of this study was to test the use of hydrogel in deficit irrigation and its effects on plant water stress indices (plant temperature - air temperature). The experiment was conducted in a randomized complete block design with four replications, in a split-plot scheme, with five irrigation treatments (100% of crop evapotranspiration (ETc) throughout the cycle (IP); 60% of ETc throughout the crop cycle (DR); 60% of ETc only in the

¹ Mestrando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici – Bloco 804, CEP 60440-554 – Fortaleza, CE. Fone (85) 994460474. e-mail: franciscofabiolima657@gmail.com

² Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, Ceará.

³ Doutora, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, Ceará.

⁴ Doutoranda em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, Ceará.

⁵ Prof. Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE/ Campus Sobral, Sobral CE

⁶ Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, Ceará.

vegetative phase (DCV); 60% of ET_c only in the intermediate phase (DFL); and 60% of ET_c only in the final phase (DFR)) and in subplots (with and without) the use of hydrogel. The use of hydrogel increased the values of thermal indices. The DFR and DCV strategies maintained thermal indices similar to the control treatment at 120 days after transplantation. The hydrogel was not shown to be efficient in reducing the leaf temperature of the pepper.

KEYWORDS:

INTRODUÇÃO

O pimentão é sensível a diferentes níveis de estresses hídricos, especialmente na fase de floração. Uma quantidade adequada de água no solo durante o período de crescimento da cultura é necessária para o crescimento, rendimento e qualidade dos frutos (KABIR et al., 2021).

O conceito de eficiência no uso da água (EUA) envolve o desafio de como alavancar a produtividade das culturas sem aumentar o consumo de água. Aprimorar a EUA garante a maximização da produtividade por volume de água, em vez da produtividade por unidade de terra. Portanto, aprimorar a EUA se refletirá no uso sustentável de recursos hídricos limitados. A irrigação por déficit (ID) e a incorporação de corretivos de solo, incluindo hidrogéis, têm sido propostas para aprimorar a EUA e mitigar os impactos negativos do estresse hídrico em regiões áridas e semiáridas (ABDELGHAFAR; ABDELFATTAH; MOSTAFA, 2024).

Em resposta a esses desafios, soluções inovadoras estão sendo exploradas para aumentar a eficiência do uso da água e melhorar a produtividade das culturas a condições de limitação hídrica. Uma dessas soluções é o uso de hidrogéis, polímeros altamente absorventes capazes de reter grandes volumes de água e liberá-la gradualmente ao longo do tempo. Os hidrogéis têm ganhado atenção por seu potencial de melhorar a retenção de umidade do solo, reduzir a perda de água por evaporação e percolação profunda e manter o crescimento das plantas durante períodos de seca (AGBNA & ZAIDI, 2025).

A definição de ID é uma estratégia de manejo de irrigação, na qual as plantas são intencionalmente expostas a um certo nível de estresse hídrico ao longo de toda a estação de crescimento ou em certos estágios fenológicos. A ID implica que a água é fornecida em níveis abaixo das necessidades hídricas da planta ou da evapotranspiração da cultura (ET_c). Embora a produção possa ser reduzida sob irrigação por déficit, a redução nos custos de irrigação e a

conservação de água podem compensar a diminuição do rendimento (ABDELGHAFAR; ABDELFATTAH; MOSTAFA, 2024).

A temperatura da folha é um parâmetro básico no estudo das características fisiológicas das plantas. Ela pode refletir com precisão a troca de água e energia entre as culturas e a atmosfera; portanto, a temperatura do dossel pode ser usada para prever o estado hídrico da cultura. O uso de termômetros infravermelhos para medir a temperatura da folha fornece um importante método de detecção para o déficit hídrico da cultura (RU et al., 2020).

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi testar o uso do hidrogel em irrigação por déficit, e seus efeitos nos índices de estresse hídrico da planta (CWSI) e ΔT (Temperatura da planta – Temperatura do ar).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação (6 x 12 m), localizada na estação agrometeorológica da Universidade federal do Ceará, Fortaleza CE, (3° 44' 43.27" de latitude sul e 38° 34'56.65" de longitude oeste). O trabalho foi realizado entre outubro de 2024 e março de 2025.

A cultura utilizada na pesquisa, foi o pimentão verde Ykeda casca dura. As mudas foram produzidas em bandejas de polipropileno com 128 células e preenchidas com substrato composto proporcionalmente em 1:1 humus de minhoca + areia. Para o cultivo das plantas, foram utilizados vasos de plástico, com capacidade de 11 L. Inicialmente, foi colocada uma camada de brita de 3 cm, objetivando evitar o fechamento dos drenos dos vasos. Esses recipientes foram cheios até sua capacidade total com solo, sendo utilizada uma planta de pimentão por vaso.

O transplântio foi realizado 25 dias após semeadura (DAS). As mudas foram dispostas nos vasos em um espaçamento de 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre fileiras, totalizando um stand de 20.000 plantas ha⁻¹. No início e no fim de cada linha de plantio, foi colocado estacas de bambu, alinhadas com a fileira de plantas, a fim de segurar os fitilhos de sustentação. Os fitilhos foram colocados na horizontal seguindo as linhas de plantas, conforme elas foram crescendo foi aumentado o número de fitilhos para melhorar a sustentação das plantas.

O solo utilizado no experimento foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, Eutrófico, textura franco argilo-arenoso. As características físico-químicas do solo eram: pH (5,1), P-Mehlich (9,0 mg dm⁻³), K (42,0 mg dm⁻³), Ca (0,92 cmolc dm⁻³), Mg (0,55 cmolc

dm⁻³), areia total (755,0 g kg⁻¹), silte (50 g kg⁻¹) e argila (195,0 g kg⁻¹). De acordo com as recomendações de Fernandes (2013) foi realizada a adubação da cultura, sendo aplicados 120 kg de N, 100 kg ha⁻¹ de P e 100 kg ha⁻¹ de K₂O.

O experimento foi conduzido em um delineamento de blocos completos ao acaso com 4 repetições, no esquema de parcelas subdivididas, com cinco tratamentos de irrigação (100% da evapotranspiração da cultura (ET_c) durante todo o ciclo (IP); 60% da ET_c durante todo o ciclo da cultura (DR); 60% da ET_c na fase vegetativa (DCV); 60% da ET_c na fase intermediária (DFL) e 60% da ET_c na fase final (DFR)) e nas subparcelas (com e sem) o uso do hidrogel. O polímero foi hidratado em água na proporção de 100 ml.g⁻¹ de hidrogel, segundo Fernandes e Gallo, (2018), obtendo-se uma pasta viscosa, a qual foi aplicada nas covas de plantio na profundidade de 10 cm e na quantidade de 3 g de hidrogel por planta, conforme recomendação do fabricante. O método de irrigação adotado foi o localizado e o sistema do tipo gotejamento, dispondo de um emissor por planta.

A quantidade de água aplicada foi mediante a necessidade de reposição de perdas decorrentes da evapotranspiração de cultivo (ET_c), com a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) realizada diariamente por meio do método do tanque classe “A”, que foi instalado dentro da estufa.

Para o monitoramento diário da temperatura (°C) e da umidade relativa do ar (%) foi utilizado um Termohigrômetro HOBO U12-012, instalado no centro da área experimental.

Índices de estresse hídrico da planta (CWSI) e ($\Delta T_{canopy-air}$)

Obtido a partir da metodologia proposta por Idso et al., (1981), utilizando a equação modificada por Garcia-Tejero et al (2016) (equação 1 e 2):

$$CWSI = \frac{(T_c - T_{wet})}{(T_{dry} - T_{wet})} \quad (01)$$

$$\Delta T_{canopy-air} = T_c - T_{ar} \quad (02)$$

Onde TC é a temperatura da cobertura vegetal obtida por imagem térmica e T_{dry} e T_{wet}, são temperaturas de referência (°C) da cobertura vegetal quando as plantas se encontram em estresse hídrico e bem irrigadas, respectivamente e T_{ar} é a temperatura do ar.

As temperaturas de referência foram obtidas seguindo procedimento realizado por Garcia-Tejero et al (2016). Para a captura das imagens térmicas foi utilizada uma câmera termográfica portátil da Teledyne FLIR LLC, modelo FLIR E5xt, com resolução térmica de 80 × 60 pixels, resolução MSX de 320 × 240 pixels, sensibilidade térmica < 0,10 °C e ajuste personalizado de emissividade de 0,95. As imagens foram capturadas nos horários das 6:30;

8:30; 10:30; 12:30; 14:30 e 16:30 h, sendo obtidas 2 imagens por tratamento. A edição das imagens térmicas foi realizada utilizando o software Flir QuickReport versão 1.2.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando significativos, os dados referidos as estratégias de irrigação e uso do hidrogel foram submetidos ao teste de Tukey para comparação entre as médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação feita aos 60 DAT, houve diferença estatística ($p < 0,05$) das estratégias de irrigação nos índices térmicos nos horários das 8:30; 10:30; e 14:30 e do hidrogel ($p < 0,05$) no horário de 6:30 h, e ($p < 0,01$) nos demais horários. Não houve influência significativa do fator irrigação nos horários das 6:30; 12:30 e 16:30 h. Aos 90 DAT, a interação irrigação x hidrogel, proporcionou diferença estatística ($p < 0,05$) nos índices térmicos no horário de 12:30 h. O fator hidrogel também influenciou de forma significativa ($p < 0,05$) os índices, no horário de 16:30. Aos 120 DAT, a estratégia de irrigação influenciou significativamente ($p < 0,01$) os índices térmicos no horário de 10:30 h, nos demais horários do dia não teve influência significativa. O fator hidrogel e a interação irrigação x hidrogel, não influenciaram significativamente os índices térmicos aos 120 DAT.

Na figura 1 está sendo representado o efeito das estratégias de irrigação e o uso do hidrogel nos índices térmicos CWSI e ΔT aos 60 DAT. Foi observado que a estratégia DR obteve maior valor de CWSI (0,27 e 0,34 °C) comparado com o tratamento controle IP (-0,07 e 0,2 °C), nos horários de 8:30 e 10:30 respectivamente. O tratamento DCV, também teve maior valor de CWSI (0,32 °C) comparado ao controle IP, no horário de 10:30 e comparado aos tratamentos DFL (as 12:30 e 14:30 h) e DFR (as 8:30 e 14:30 h), tratamentos esses, que nessa altura eram também considerado controle (Figura 1A). Maiores valores de CWSI e ΔT , mostram que as plantas apresentaram maior temperatura foliar, evidenciando o déficit hídrico nessa fase da cultura.

Segundo Aragão et al., (2023), sob condições ideais de umidade do solo, há altas taxas de transpiração em toda a planta, aumentando e reduzindo drasticamente a $T_c - T_a$. Em contraste, a baixa umidade do solo não afeta a T_c e outros parâmetros fisiológicos da planta. Sezen et al., (2014), avaliaram o CWSI para o pimentão vermelho, com medidas feitas entre 12:00 e 14:00 h, tiveram resultados mostrando que os valores médios sazonais de CWSI para os tratamentos DFI (Irrigação total), DDI-75 (75% de DFI) e DDI-50 (50% de DFI) foram 0,25,

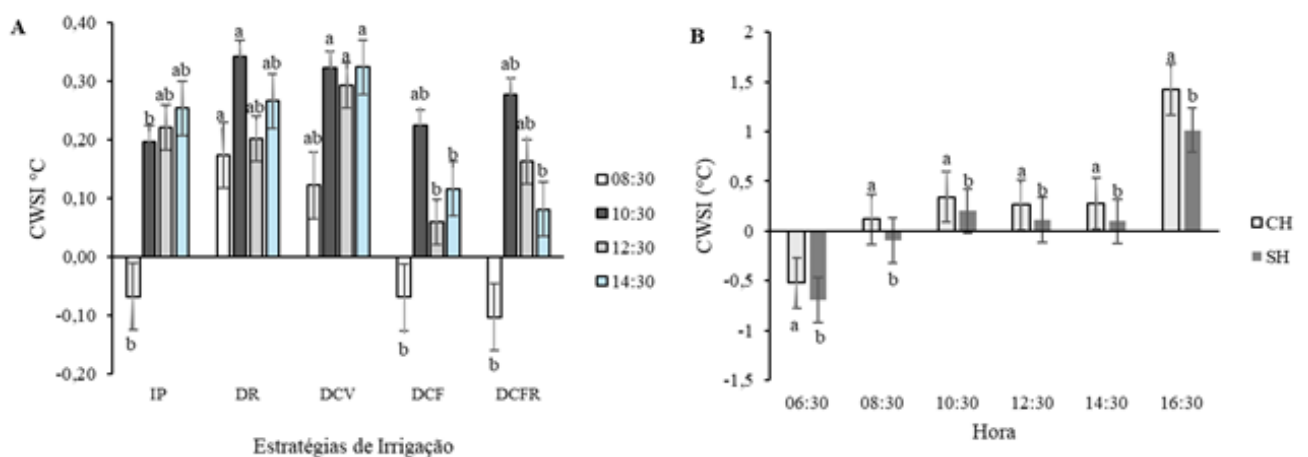
0,32 e 0,59 em 2010, respectivamente, e 0,27, 0,36 e 0,54, respectivamente em 2011 no sistema de irrigação por gotejamento.

Camoglu et al., (2021), encontraram valores médios de CWSI para a pimenta entre 0,43 e 0,79 em 2017 e 0,33 e 0,73 em 2018, relataram que todos os tratamentos foram estatisticamente diferentes uns dos outros, mostrando que o CWSI é bem-sucedido em distinguir o estresse hídrico.

Em relação as plantas com o uso do hidrogel, essas, tiveram maior valor do CWSI e ΔT , em todos os horários avaliados comparado as plantas sem o uso do polímero (Figura 1D). O que mostra a ineficácia do uso do hidrogel em diminuir a temperatura foliar nesse experimento, uma vez que as plantas submetidas ao polímero apresentaram maior temperatura do dossel.

No índice térmico ΔT , foi observado que a estratégia DR obteve maior valor (-0,71 e -3,57 °C) comparado com o tratamento DFR (-2,15 °C) e controle IP (-5,04 °C), nos horários de 8:30 e 10:30 h, respectivamente. Já o tratamento DCV, teve maior valor de ΔT (-3,77; -2,58 e -1,81 °C) comparado ao controle IP (-5,04 °C), DFL (-4,92) e DFR (-3,83 °C), nos horários de 10:30, 12:30 e 14:30 h respectivamente (figura 1C). Resultados coerentes com o esperado, tendo em vista que os tratamentos DR e DCV foram submetidos ao déficit nessa fase, mostrando a eficácia da termografia em visualizar o estresse hídrico.

Silva et al., (2025), mostraram que as maiores médias do índice térmico ΔT , foram observadas aos 60 e 90 DAT (CH: 0,98 °C, SH: 1,03 °C, aos 60 DAT; SH: -4,79 °C, CH: -4,87 °C, aos 90 DAT) no tratamento com déficit de 60% da Etc em todo ciclo, não havendo diferença estatística para o fator hidrogel.



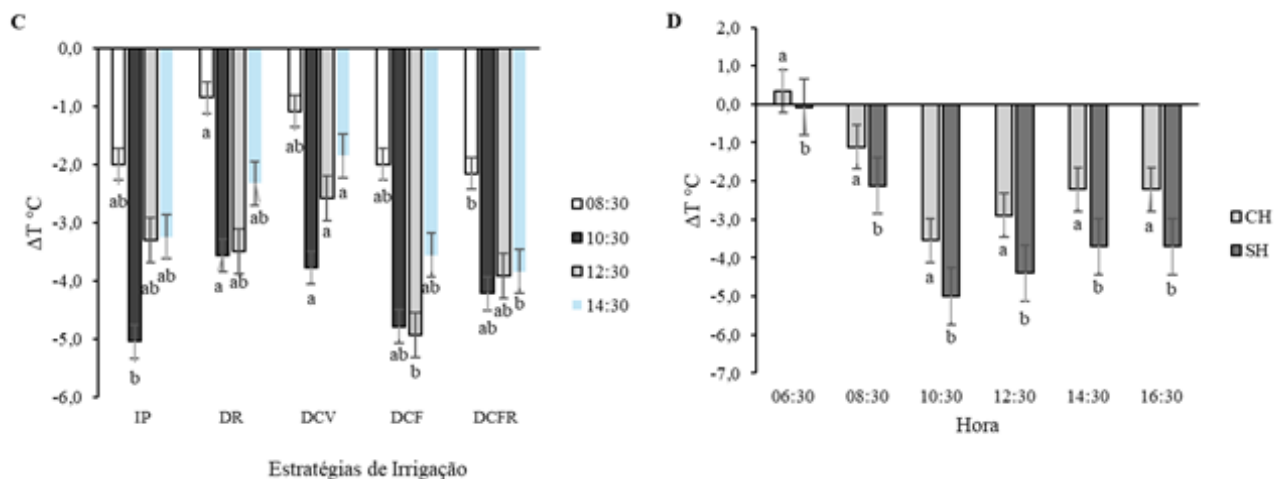
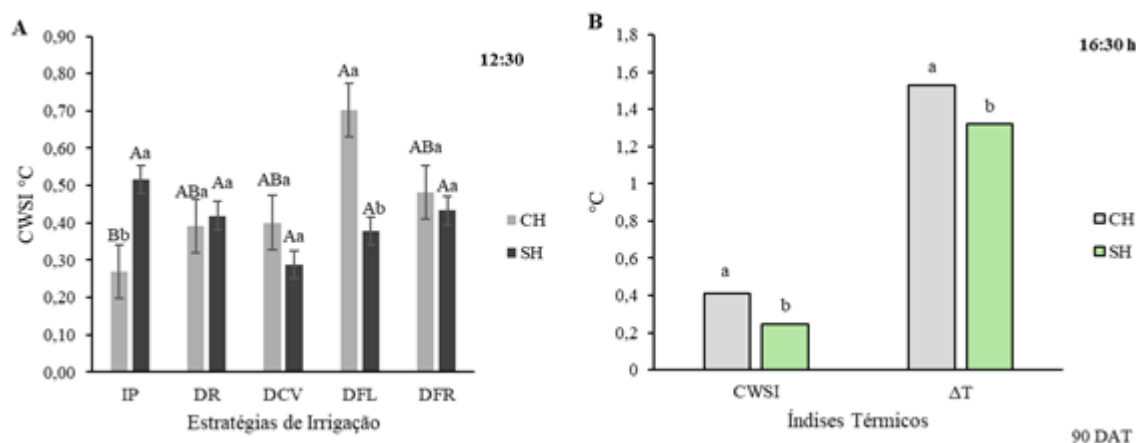


Figura 1. Médias obtidas para os índices térmicos CWSI e ΔT , aos 60 DAT, submetido as estratégias de irrigação com (CH) e sem (SH) o uso do hidrogel, nos horários de 6:30; 8:30; 10:30; 12:30; 14:30; 16:30 do dia.

Letras minúsculas (a, b, ...) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) para a estratégia de irrigação e para o hidrogel em cada horário do dia. Letras iguais não diferem entre si estatisticamente.

A figura 2 mostra o efeito das estratégias de irrigação e o uso do hidrogel nos índices térmicos CWSI e ΔT aos 90 e 120 DAT. Aos 90 DAT, nas plantas com hidrogel, no horário de 12:30 h, a estratégia de irrigação DFL obteve maior valor de CWSI ($0,7 \text{ }^\circ\text{C}$) e ΔT ($0,38 \text{ }^\circ\text{C}$) em comparação com o controle IP ($0,27$ e $-0,97 \text{ }^\circ\text{C}$ respectivamente), para as demais estratégias de irrigação não houve diferença estatística (figura 2A e 2C).

De acordo com Benavides et al., (2020), a estabilidade das condições meteorológicas diárias é fundamental ao estimar o estado da água das plantas através de dados termográficos. A qualidade das estimativas CWSI é mais precisa quando as medições térmicas são feitas sob condições de céu com poucas nuvens e baixa velocidade do vento.



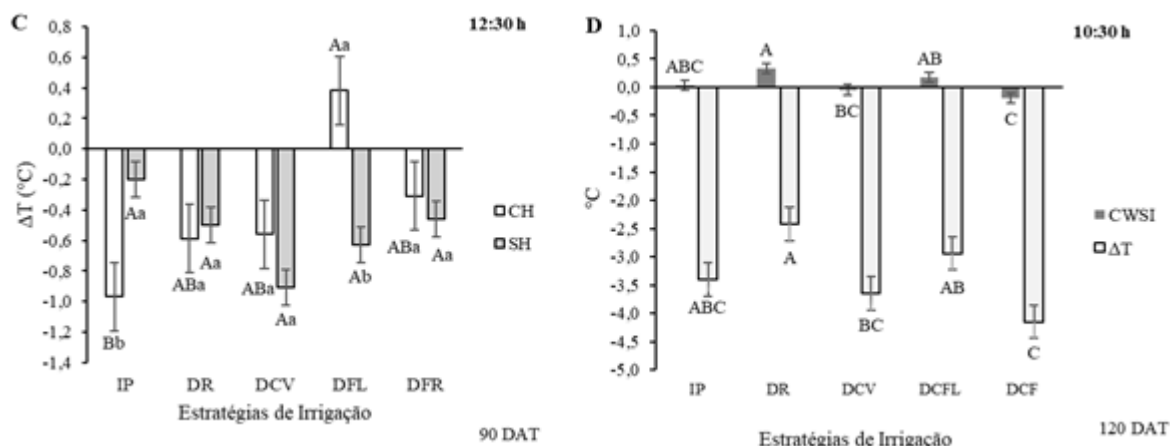


Figura 2. Médias obtidas para os índices térmicos CWSI e ΔT , aos 90 e 120 DAT, submetido as estratégias de irrigação com (CH) e sem (SH) o uso do hidrogel, nos horários de 6:30; 8:30; 10:30; 12:30; 14:30; 16:30 do dia.

Letras maiúsculas (A, B, ...) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) para a estratégia de irrigação; Letras minúsculas (a, b, ...) diferentes, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) para o hidrogel. Letras iguais não diferem entre si estatisticamente.

As plantas com hidrogel apresentaram maiores valores de CWSI ($0,7 \text{ }^\circ\text{C}$) e ΔT ($0,38 \text{ }^\circ\text{C}$) no tratamento DFL, comparado as plantas sem o uso do polímero ($0,38$ e $-0,63 \text{ }^\circ\text{C}$ respectivamente), já no tratamento IP, as plantas tiveram menores valores de CWSI ($0,29 \text{ }^\circ\text{C}$) e ΔT ($-0,97 \text{ }^\circ\text{C}$), quando submetidas ao hidrogel em comparação ao não uso do polímero ($0,52$ e $-0,2$ respectivamente) (Figuras 2A e 2C). Nesse caso, o hidrogel mostrou uma certa eficiência no tratamento onde a planta não estava sob déficit, porém, não foi eficaz no tratamento sob estresse hídrico DFL, aumentando a temperatura foliar.

Camoglu, Demirel & Genc (2018), com o objetivo de determinar o estresse hídrico não visível na pimenta, encontraram valores médios de CWSI entre $0,53$ e $0,83$, dependendo do nível de irrigação aplicado, concluindo que os índices térmicos foram afetados negativamente pelo estresse hídrico.

Ainda aos 90 DAT, no horário das 16:30 h, as plantas com hidrogel tiveram maior valor de CWSI e ΔT , comparado as plantas sem o uso do polímero (figura 6 B). Aos 120 DAT, a estratégia de irrigação DFR apresentou menor valor de CWSI e ΔT , comparado as estratégias DR e DFL e não se diferenciou do tratamento controle. O que mostra que as plantas não aumentaram sua temperatura quando submetidas ao déficit na frutificação. Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente (Figura 2D).

Luan et al., (2021), mostraram que as faixas ótimas do CWSI crítico foram $0,556$ a $0,569$, $0,481$ a $0,486$, $0,571$ a $0,641$ e $0,511$ a $0,606$ em diferentes estágios de crescimento.

Rud et al., (2014), examinaram o potencial dos valores de CWSI com base em imagens térmicas, para servir como indicadores do estado hídrico da batata, concluíram que a

termografia é uma ferramenta eficaz para monitorar a resposta da batata à disponibilidade hídrica, como evidenciado pela alta correlação entre os valores de CWSI baseados em imagens de sensoriamento remoto obtidos em três safras.

CONCLUSÕES

O uso do hidrogel aumentou os valores dos índices térmicos CWSI e ΔT aos 60 e 90 DAT.

Quando houve interação entre os fatores Irrigação x Hidrogel, o uso do polímero aumentou o CWSI e ΔT no DFL.

A estratégia de irrigação DR e DCV proporcionou maior valor de CWSI e ΔT aos 60 DAT.

A estratégia DFL, proporcionou maior valores dos índices térmicos CWSI e ΔT aos 90 DAT.

A estratégia DFR e DCV, mantiveram os índices térmicos semelhantes ao tratamento controle aos 120 DAT.

O hidrogel não se mostrou eficiente na redução da temperatura foliar do pimentão.

Os índices térmicos mostraram alta eficiência na detecção do estresse hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELGHAFAR, R.; ABDELFATTAH, A.; MOSTAFA, H. Effect of super absorbent hydrogel on hydro physical properties of soil under deficit irrigation. **Scientific Reports** (2024) 14:7655. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57786-5>

AGBNA, G.H.D.; ZAIDI, S.J. Hydrogel Performance in Boosting Plant Resilience to Water Stress—A Review. **Gels** 2025, 11, 276. <https://doi.org/10.3390/gels11040276>

ARAGÃO, M. F.; PINHEIRO NETO, L. G.; VIANA, T. V. D. A.; MANZANO-JUAREZ, J.; LACERDA, C. F.; COSTA, J. D. N.; AZEVEDO, B. M. Evaluation of crop water status of melon plants in tropical semi-arid climate using thermal imaging. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.27, p.447-456, 2023. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n6p447-456>. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n6p447-456>

BENAVIDES, M. C.; QUILOBRÁN, JAVIERA. A.; HERNÁNDEZ, A. B.; SÁNCHEZ, C. A.; FARÍAS, S. O.; ESPINOZA, S.; GAJARDO, J.; MORA, M.; FUENTES, S. Performance Assessment of Thermal Infrared Cameras of Different Resolutions to Estimate Tree Water Status from Two Cherry Cultivars: An Alternative to Midday Stem Water Potential and Stomatal Conductance. **Sensors** 2020, 20, 3596; doi:10.3390/s20123596.

CAMOGLU, G.; DEMIREL, K.; GENÇ, L. Use of infrared thermography and hyperspectral data to detect effects of water stress on pepper. **Quantitative InfraRed Thermography Journal**, 15(1), 81–94. <https://doi.org/10.1080/17686733.2017.1331008>

COMOGLU, G.; DEMIREL, K.; KAHRIMAN, F.; AKCAL, A.; NAR, H.; BORAN, A.; EROGLU, I.; GENÇ, E. Discrimination of water stress in pepper using thermography and leaf turgor pressure probe techniques. **Agricultural Water Management**, Volume 254, 1 August 2021, 106942. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106942>

GARCIA – TEJERO, I. F.; RUBIO, A. E.; VIÑUELA, I.; HERNÁNDEZ, A.; GUTIÉRREZ – GORDILLO, S. A.; RODRÍGUEZ – PLEGUEZUELO, C. R.; DURÁN – ZUAZO, V.H. Thermal imaging at plant level to assess the crop-water status in almond trees (cv. Guara) under deficit irrigation strategies. **Agricultural Water Management**. Volume 208, 30 de september de 2018, pages 176-186. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.002>.

IDSO, S. B.; JACKSON, R. D.; PINTER JUNIOR, P. J.; REGINATO, R. J.; HATFIELD, J. L. Normalizing the stress degree day for environmental variability. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, NL, v. 24, p. 45-55.

KABIR, M. Y.; NAMBEESAN, S. U.; BATISTA, J.; PÉREZ, J. C. D. Effect of irrigation level on plant growth, physiology and fruit yield and quality in bell pepper (*Capsicum annuum* L.). **Scientia Horticulturae**. Volume 281, 30 April 2021, 109902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109902>

LUAN, Y.; XU, J.; LV, Y.; LIU, X.; WANG, H.; LIU, S. Improving the performance in crop water deficit diagnosis with canopy temperature spatial distribution information measured by thermal Imaging. **Agricultural Water Management**. Volume 246, 1 March 2021, 106699. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106699>

RU, C.; HU, X.; WANG, W.; RAN, H.; SONG, T.; GUO, Y. Evaluation of the Crop Water Stress Index as an Indicator for the Diagnosis of Grapevine Water Deficiency in Greenhouses. **Horticulturae** 2020, 6, 86; doi:10.3390/horticulturae6040086.

RUD, R.; COHEN, Y.; ALCHANATIS, V.; LEVI, A.; BRIKMAN, R.; SHENDEREY, C.; HEUER, B.; MARKOVITCH, T.; DAR, Z.; ROSEN, C.; MULLA, D.; NIGON, T. Crop water stress index derived from multi-year ground and aerial thermal images as an indicator of potato water status. **Precision Agric** (2014) 15:273–289. DOI 10.1007/s11119-014-9351-z

SEZEN, S. M.; YAZAR, A.; DASGAN, Y.; YUCEL, S.; AKYILDIZ, A.; TEKIN, S.; AKHOUNDNEJAD, Y. Evaluation of crop water stress index (CWSI) for red pepper with drip and furrow irrigation under varying irrigation regimes. **Agricultural Water Management**, Volume 143, September 2014, Pages 59-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.06.008>

SILVA, D. A.; ARRUDA, R. S.; QUEIROZ, D. S.; MOURA, M. M.; SILVA, A. O.; COSTA, R. N. T.; BEZERRA, M. A. Irrigation strategies and soil conditioning on thermal index and yield of cherry tomato. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**. v.29, n.6, e280430, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v29n6e280430>