

FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA a DE MARACUJAZEIRO AMARELO EM FUNÇÃO DA SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E APLICAÇÃO DE PIRUVATO

MIRRAELLY DE SOUSA INOCENCIO FERREIRA¹, RAÍRES LILIANE DE OLIVEIRA CRUZ², MARIA DE FÁTIMA CAETANO DA SILVA³, PEDRO DANTAS FERNADES⁴, MIRANDY DOS SANTOS DIAS⁵

¹Engenheira Agrônoma, Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande – PB. Bolsista CAPES, mirraellysousa@gmail.com;

²Agroecóloga, Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande – PB. Bolsista CAPES, raiarescrux@gmail.com;

³Mestra em Ciências Agrárias, UEPB, Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, fatimaketano@gmail.com;

⁴Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Prof. Voluntario da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande, pedrodantasfernandes@gmail.com;

⁵Dr. em Engenharia Agrícola, Assistente Técnico e Gerencial do SENAR-AL, mirandydias@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
09 às 12 de outubro de 2025

RESUMO: A salinidade da água de irrigação compromete significativamente a fisiologia de plantas cultivadas em regiões semiáridas, como o maracujazeiro-amarelo, afetando a atividade fotossintética e o desenvolvimento inicial. Nesse contexto, o piruvato pode ser uma alternativa viável para mitigar os efeitos deletérios do estresse salino. Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da aplicação foliar de piruvato sobre a fluorescência da clorofila a em mudas de maracujazeiro-amarelo submetidas a níveis crescentes da salinidade da água de irrigação. O estudo foi realizado em ambiente protegido, em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 3×3, com três níveis de condutividade elétrica da água (0,8; 2,4 e 4,0 dS m⁻¹) e três concentrações de piruvato de cálcio (0; 25 e 50 mM), totalizando nove tratamentos, com três repetições. Aos 70 dias após a semeadura, foram avaliados os parâmetros de fluorescência inicial (Fo), máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência quântica máxima do fotossistema II. O aumento da salinidade elevou os valores de Fo e reduziu Fm, Fv e Fv/Fm, indicando redução na eficiência do fotossistema II, típico de estresse fisiológico. Por outro lado, o uso de piruvato atenuou os efeitos da salinidade, especialmente na dose de 50 mM, promovendo aumento nos parâmetros Fv e Fv/Fm em mudas de maracujazeiro amarelo.

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora edulis*, bioestimulante energético, ambiente salino.

CHLOROPHYLL A FLUORESCENCE OF YELLOW PASSION FRUIT IN RESPONSE TO IRRIGATION WATER SALINITY AND PYRUVATE APPLICATION

ABSTRACT: Irrigation water salinity significantly compromises the physiology of plants grown in semiarid regions, such as yellow passion fruit, affecting photosynthetic activity and early development. In this context, pyruvate may be a viable alternative to mitigate the deleterious effects of salt stress. This study aimed to evaluate the effects of foliar application of pyruvate on chlorophyll a fluorescence in yellow passion fruit seedlings subjected to increasing levels of irrigation water salinity. The study was conducted in a protected environment, in a randomized complete block design, in a 3×3 factorial arrangement, with three levels of water electrical conductivity (0.8, 2.4, and 4.0 dS m⁻¹) and three concentrations of calcium pyruvate (0, 25, and 50 mM), totaling nine treatments with three replicates. At 70 days after sowing, the initial fluorescence (Fo), maximum (Fm), variable (Fv), and maximum quantum efficiency of photosystem II were evaluated. Increasing salinity increased Fo values and reduced Fm, Fv, and Fv/Fm, indicating a reduction in photosystem II efficiency, typical of

physiological stress. On the other hand, the use of pyruvate attenuated the effects of salinity, especially at a dose of 50 mM, promoting an increase in Fv and Fv/Fm parameters in yellow passion fruit seedlings.

KEYWORDS: *Passiflora edulis*, energy biostimulant, saline environment.

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Degener) é a principal espécie cultivada no Brasil para produção de frutos destinados ao consumo in natura e, principalmente, à industrialização em forma de sucos e polpas. A fruta se destaca por seu sabor ácido e aroma marcante, o que a torna bastante apreciada pelos consumidores e pela indústria alimentícia nacional e internacional (Medeiros et al., 2023). Além do seu valor comercial, o maracujá-amarelo possui propriedades funcionais, devido à presença de compostos bioativos como flavonoides, alcaloides e vitaminas. Esses compostos têm sido associados a efeitos antioxidantes, calmantes e ansiolíticos, reforçando o interesse científico e industrial na exploração integral da planta, incluindo frutos, folhas e sementes (Pereira et al., 2023).

No entanto, a salinidade da água de irrigação é um fator limitante significativo para o cultivo do maracujazeiro-amarelo, especialmente em regiões semiáridas do Brasil, onde a qualidade da água frequentemente apresenta altos teores de sais (Santos et al., 2023). Condições salinas comprometem o crescimento inicial das mudas, reduzindo o comprimento radicular, o diâmetro do caule e a acumulação de biomassa, além de afetar o índice de qualidade das plantas (Costa et al., 2022). Esses efeitos negativos resultam tanto da menor disponibilidade de água para absorção pelas raízes quanto da toxicidade iônica provocada pelo acúmulo de sais no solo (Martins et al., 2024).

Diante desse cenário, substâncias orgânicas como o piruvato têm sido investigadas como possíveis atenuantes dos efeitos da salinidade, por estarem envolvidas em vias metabólicas relacionadas ao estresse oxidativo e ao equilíbrio energético da planta (Taiz et al., 2017; Silva et al., 2022). A fluorescência da clorofila a, por sua vez, é um parâmetro eficaz para avaliar alterações na atividade fotossintética sob estresse, permitindo inferir a eficiência do fotossistema II e o desempenho fisiológico das plantas. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da interação entre diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e concentrações de piruvato sobre a fluorescência da clorofila a em mudas de maracujazeiro-amarelo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da UFCG, em Campina Grande-PB. Os tratamentos consistiram na combinação entre três níveis de salinidade da água de irrigação (0,8; 2,4 e 4,0 dS m⁻¹) e três concentrações de piruvato de cálcio (0; 25 e 50 mM), totalizando nove tratamentos em esquema fatorial 3 × 3, distribuídos em delineamento de blocos casualizados com três repetições, perfazendo 27 unidades experimentais. Cada unidade foi composta por dois lisímetros contendo uma muda de maracujazeiro-amarelo (cv. Redondo Amarelo), cultivada em recipiente com 0,5 dm³ de solo. As sementes utilizadas apresentaram 87% de poder germinativo, e o desbaste foi realizado aos 20 dias após a semeadura (DAS), deixando uma planta por recipiente. As águas salinas foram preparadas com NaCl, CaCl₂ 2H₂O e MgCl₂ 6H₂O, na proporção de 7:2:1 entre Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺, dissolvidos em água de abastecimento local (CEa = 0,4 dS m⁻¹), conforme metodologia de Medeiros et al. (2003) e Richards (1954). A irrigação foi feita diariamente, mantendo a umidade próxima à capacidade de campo. A salinização iniciou-se aos 30 DAS, com duração de 40 dias (até os 70 DAS). A aplicação foliar de piruvato começou aos 40 DAS, após 10 dias de exposição à salinidade, totalizando seis aplicações a cada 5 dias (aos 40, 45, 50, 55, 60 e 65 DAS). A adubação seguiu Novais (1991), com aplicação de 0,555 g de ureia, 1,25 g de MAP e 0,625 g de cloreto de potássio por unidade experimental, parcelados aos 15 e 30 DAS. Também foram aplicados micronutrientes via foliar aos 20 e 40 DAS (1,0 g L⁻¹ de Dripsol® micro), contendo Mg, Zn, B, Fe, Mn, Cu e Mo, nas faces adaxial e abaxial das folhas. Aos 70 DAS, foram avaliados os parâmetros de fluorescência da clorofila a: fluorescência inicial (Fo), máxima (Fm), variável (Fv) e a

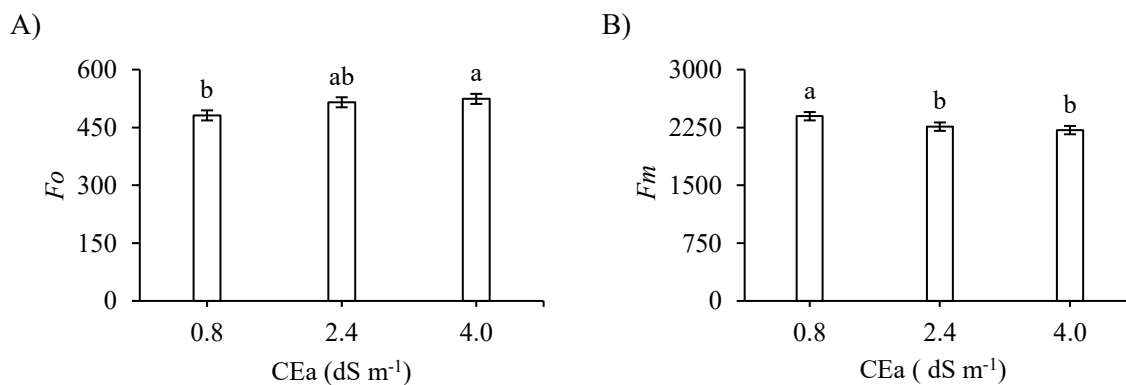
eficiência quântica máxima do fotossistema II (F_v/F_m). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e, quando significativos, ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o software Sisvar (Ferreira, 2019). O aumento da salinidade elevou a fluorescência inicial (F_o) e reduziu a fluorescência máxima (F_m), a fluorescência variável (F_v) e a eficiência quântica do PSII (F_v/F_m), indicando fechamento dos centros de reação e queda na eficiência fotossintética devido ao estresse oxidativo. A aplicação exógena de piruvato, especialmente na dose de 50 mM, atenuou esses efeitos, elevando F_v e F_v/F_m por fornecer energia ao ciclo de Krebs e reduzir a formação de espécies reativas de oxigênio, preservando a integridade do fotossistema II.

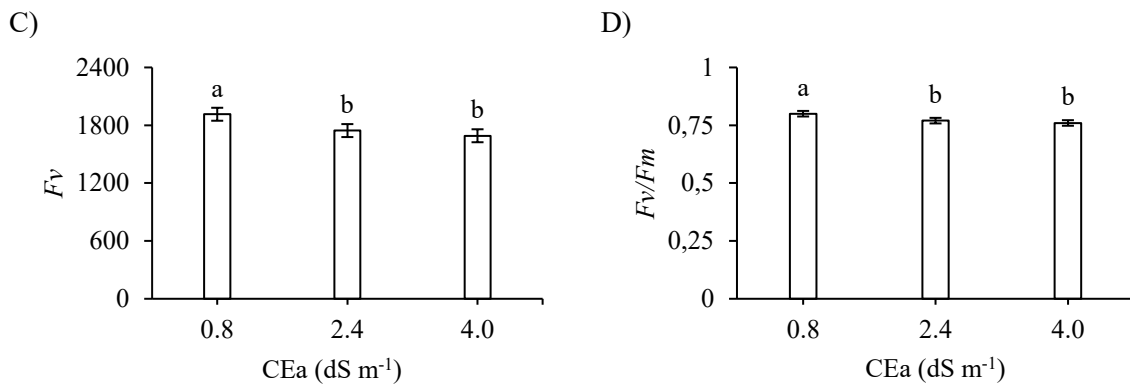
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se aumento significativo na fluorescência inicial (F_o) com a elevação da salinidade (Figura 1A), de 460 elétrons quantum^{-1} na CEa de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ para 500 elétrons quantum^{-1} em $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, refletindo maior fechamento dos centros de reação do fotossistema II e, conseqüentemente, limitação no transporte de elétrons causada pelo estresse salino. O nível intermediário ($2,4 \text{ dS m}^{-1}$) não diferiu estatisticamente dos demais para F_o . A fluorescência máxima (F_m) e a fluorescência variável (F_v) (Figuras 1B e C) apresentaram reduções significativas a partir de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, evidenciando menor capacidade de absorção e utilização da energia luminosa pelas plantas sob maior salinidade. O índice F_v/F_m (Figura 1D) também diminuiu nos maiores níveis de salinidade, apontando redução na eficiência quântica do fotossistema II, condição associada ao estresse fisiológico em ambientes salinos.

Essas alterações nos parâmetros de fluorescência podem ser atribuídas ao estresse oxidativo gerado pelo excesso de sais, o qual afeta negativamente as proteínas e pigmentos do fotossistema II, comprometendo o transporte de elétrons e a eficiência fotossintética da planta.

Figura 1. Fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica máxima do PSII (F_v/F_m) em mudas de maracujazeiro em função da salinidade da água de irrigação aos 70 dias após a emergência. Barras com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



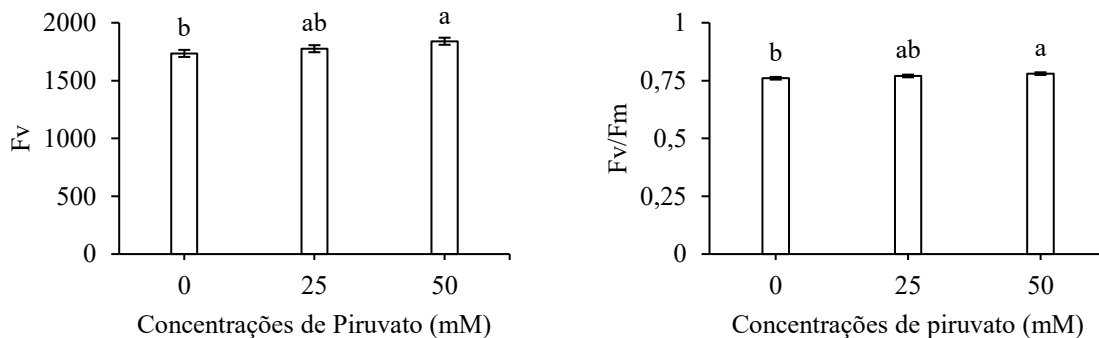


Verificou-se efeito benéfico das aplicações exógenas de piruvato sobre os parâmetros de fluorescência, com incremento significativo nos valores de F_v e F_v/F_m (Figuras 2A e B) conforme o aumento das concentrações aplicadas, sendo 50 mM a dose mais eficiente na atenuação dos efeitos do estresse salino. O piruvato atua como metabólito central no ciclo de Krebs, contribuindo para a produção de energia (ATP) e potencialmente reduzindo a necessidade de intenso catabolismo de carboidratos (Taiz et al., 2017). Além disso, tem sido descrito como agente citoprotetor sob estresse oxidativo, neutralizando espécies reativas de oxigênio e preservando o potencial mitocondrial (Alam et al., 2025), preservando a integridade das proteínas e pigmentos do fotossistema II. Em culturas como o maracujazeiro, o piruvato também tem papel relevante na manutenção da atividade fotossintética, provavelmente por sustentar níveis de NADPH, ATP e regeneração da Rubisco sob estresse salino (Silva et al., 2022).

Figura 2. Fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica máxima do PSII (F_v/F_m) de mudas de maracujazeiro em função da aplicação de piruvato. Barras com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A)

B)



CONCLUSÃO

Conclui-se que o aumento da salinidade da água de irrigação prejudicou a atividade fotossintética das mudas de maracujazeiro-amarelo, evidenciado por alterações nos parâmetros de fluorescência da clorofila a. A aplicação exógena de piruvato, principalmente na dose de 50 mM, atenuou os efeitos negativos do estresse salino, preservando a eficiência do fotossistema II e indicando potencial como estratégia complementar de manejo em ambientes salinos.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fapesq/PB

REFERÊNCIAS

- ALAM, Nazmir Binta et al. Cytoprotective role of pyruvate in mitigating abiotic stress response in *Arabidopsis thaliana*. **Plant Science**, v. 352, p. 112325, 2025.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p.529-535, 2019.
- MARTINS, R. S. et al. Toxicidade iônica e estresse hídrico em plantas cultivadas sob irrigação com água salina. **Agronomia**, v. 19, n. 1, p. 45-56, 2024.
- MEDEIROS, J. F. de. Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE (2003). (Dissertação Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
- MEDEIROS, M. R. de et al. Panorama da cultura do maracujazeiro no Brasil: aspectos produtivos e desafios. **Agricultural Sciences**, v. 14, n. 3, p. 215-224, 2023.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; Barros N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa-SEA, p.189-253, 1991.
- PEREIRA, J. L. et al. Propriedades funcionais e farmacológicas do maracujá-amarelo: uma revisão atualizada. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 25, n. 2, p. 148-158, 2023.
- RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U.S, Department of Agriculture, 1954.
- SANTOS, J. P. et al. Avaliação da qualidade da água e sua influência na produção do maracujazeiro amarelo no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 45, e-034, 2023.
- SILVA, F. DE A. DA . et al. Calcium pyruvate as a salt stress mitigator in yellow passion fruit seedlings . **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 11, p. 763-770, nov. 2022.
- TAIZ, I.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. Ed. Porto Alegre: Artmed, p.858. 2017.