contecc 2025
CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA

PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DO MARACUJAZEIRO-AZEDO SOB ESTRESSE SALINO E BIOFERTILIZANTE DE MANIPUEIRA

THAIMARA RAMOS ANGELINO DE SOUZA[1], VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA[2], GEOVANI SOARES DE LIMA[3], THAIS APARACEDIDA ROCHA DA COSTA[4] E NADIANA PRAÇA DE SOUZA[5]

[1]Doutoranda em engenharia agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, thai.angelino79@hotmail.com;
[2]Dra. Profa. Titular CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, vera.antunes.ufcg@gmail.com;
[3]Dr. Prof. Assistente CCTA/UFCG, Pombal-PB, geovani.soares@professor.ufcg.edu.br;
[4]Mestranda em engenharia agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, tthaisrochacosta@gmail.com;
[5]Mestranda em engenharia agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, nadianasouza2018@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
6 a 8 de outubro de 2025

RESUMO: A crescente escassez de água doce em regiões semiáridas tem levado ao incremento na concentração de sais dissolvidos nas fontes hídricas, destacando-se como um dos fatores limitantes na produção agrícola . Nesse cenário, é essencial buscar alternativas sustentáveis que atenuem os efeitos do estresse salino nas culturas. A manipueira, resíduo líquido gerado no processamento da mandioca, destaca-se como potencial biofertilizante por sua elevada concentração de nutrientes. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de doses de biofertilizante de manipueira como atenuante do estresse salino nos pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro cv. BRS Sol do Cerrado. O estudo foi conduzido em casa de vegetação, no delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas de três níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,9; 1,8; 2,7; dS m^{-1}) e as subparcelas de três doses de potássio (50; 75; 100% da recomendação da cultura). As doses de K_2O foram estabelecidas com base na concentração do elemento no biofertilizante. O aumento da salinidade da água de irrigação a partir de 1,8 dS m^{-1} reduziu os teores de clorofilas *a, b,* total e carotenoides. A aplicação da dose de 75% do biofertilizante promoveu os maiores teores de pigmentos sob CEa 0,9 dS m^{-1}.

PALAVRAS-CHAVE: Água residuária, água salobra, *Passiflora edulis* Sims

PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DO MARACUJAZEIRO-AZEDO SOB ESTRESSE SALINO E BIOFERTILIZANTE DE MANIPUEIRA

ABSTRACT: The growing scarcity of freshwater in semiarid regions has led to an increase in the concentration of salts distributed in water sources, standing out as one of the limiting factors in agricultural production. In this scenario, it is essential to seek sustainable alternatives to mitigate the effects of saline stress on crops. Cassava wastewater, a liquid residue generated during cassava processing, stands out as a potential biofertilizer due to its high concentration of nutrients. Therefore, the present study aimed to evaluate the effect of cassava biofertilizer doses as a mitigator of saline stress on the photosynthetic pigments of passion fruit cv. BRS Sol do Cerrado. The study was conducted in a greenhouse using a randomized experimental design with three replicates in a split-plot arrangement. The plots consisted of three irrigation water electrical conductivity levels (ECw) (0.9; 1.8; 2.7; dS m^{-1}) and the subplots consisted of three potassium rates (50; 75; 100% of the crop recommendation). The K_2O rates were logically selected based on the concentration of the non-biofertilizer element. Increasing the salinity of the buffer water from 1.8 dS m^{-1} onwards affects the levels of chlorophyll a, b, total chlorophyll, and carotenoids. The application of a 75% biofertilizer rate promotes the highest pigment levels under an ECw of 0.9 dS m^{-1}.

KEYWORDS: Wastewater, brackish water, *Passiflora edulis* Sims.

CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA-ES Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo
mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá, destacando-se tanto em área cultivada quanto de produção. A produção nacional já alcançou 711.278 toneladas, com a região Nordeste sendo responsável por 71,1% desse total (IBGE, 2023). Apesar da importância produtiva, o semiárido nordestino enfrenta algumas limitações quanto à disponibilidade de água. As fontes hídricas superficiais são escassas e frequentemente apresentam baixa qualidade e salinidade elevada, o que compromete o desenvolvimento das culturas (Amaral e Navoni., 2021). Sendo assim, torna-se necessário alternativas que visem o uso de biofertilizantes orgânicos como mitigadores do estresse salino.

Na produção de farinha de mandioca no estado da Paraíba, o processamento de uma tonelada de raízes pode gerar, em média 279,1 litros de manipueira (Araujo, 2014). Entre os biofertilizantes disponíveis, a manipueira resíduo líquido gerado no processamento das raízes da mandioca apresenta elevado teor de potássio e outros nutrientes essenciais, podendo ser utilizada como fonte complementar de adubação e estratégia de tolerância à salinidade (Silva et al., 2025).

Neste contexto o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de doses de biofertilizante de manipueira na síntese de pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo cv. BRS Sol do Cerrado cultivado sob irrigação com águas salobra.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido entre os meses de outubro de 2022 e novembro de 2023 em casa de vegetação da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em Campina Grande, Paraíba. A pesquisa foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas de três níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,9; 1,8 e 2,7 dS m^{-1}) e três doses de manipueira – DM% (50, 75%, 100% da recomendação de potássio), as subparcelas, com três repetições e uma planta por parcela. As mudas foram propagadas de forma sexuada e o período de formação foi de 70 dias. Após esse período foi realizado o transplantio para vasos plásticos adaptados como lisímetros de drenagem . , com capacidade de 200 L, preenchidos com uma camada de 1,0 kg de brita seguido de 250 kg de solo classificado como Neossolo Regolítico (Entisol), coletado na profundidade de 0-30 cm, procedente do município de Lagoa Seca - PB. As águas de irrigação com diferentes níveis de condutividade elétrica foram preparadas dissolvendo-se os sais de NaCl, $CaCl_2.2H_2O$ e $MgCl_2.6H_2O$, na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, em água de abastecimento local (CEa = 0,38 dS m^{-1}). No preparo das águas de irrigação, foi considerada a relação entre CEa e a concentração de sais (Richards, 1954). As adubações com nitrogênio, fósforo e potássio foram baseadas na metodologia proposta por Costa et al., (2008) para a cultura do maracujazeiro- azedo. O volume de biofertilizante de manipueira foi aplicado de acordo com análise da concentração de potássio (1,41 g por litro), a ureia foi aplicada como fonte de nitrogênio e o superfosfato simples como fonte de fósforo. Aos 380 dias após o transplantio (DAT) das mudas, correspondente ao segundo ciclo de cultivo do maracujazeiro-azedo, foram avaliados os teores de clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*) e carotenóides totais (*Car*), conforme Arnon (1949). As análises foram realizadas a partir de cinco discos foliares retirados do limbo da terceira folha completamente expandida, contada a partir do ápice do ramo quaternário. As extrações dos pigmentos foram submetidas à leitura em espectrofotômetro, utilizando-se os comprimentos de onda de 470, 646 e 663 nm para determinação das concentrações dos pigmentos. Os teores foram calculados com base nas seguintes equações: Clorofila $a = 12{,}21 \times ABS_{663} - 2{,}81 \times ABS_{646}$; Clorofila $b = 20{,}13 \times ABS_{646} - 5{,}03 \times ABS_{663}$; e Carotenóides totais = $(1000 \times ABS_{470} - 1{,}82 \times Cl\ a - 85{,}02 \times Cl\ b) \div 198$. Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, foi realizado o teste de médias por Tukey ($p < 0{,}05$) para o fator níveis de salinidades da água e doses de biofertilizante de manipueira como fonte de potássio, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa ($p \leq 0,01$) entre os níveis de CEa e doses de manipueira para todas as variáveis estudadas do maracujazeiro-azedo, aos 380 DAT.

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente a clorofila *a* (Cl*a*), clorofila *b* (Cl*b*), clorofila total (Cl *total*) e carotenoides (Car) do maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas e submetido a doses de manipueira aos 380 dias após o transplantio.

ns, **, respectivamente não significativo e significativo a $p \leq 0,01$. CV: Coeficiente de variação, GL: Grau de liberdade.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		Cl *a*	Cl *b*	Cl *total*	Car
Condutividade elétrica da água de irrigação (CEa)	2	236,9995^{ns}	91,7592**	403,0104^{ns}	5463,2976**
Resíduo 1	4	133,3976	5,5450	178,2824	6,7525
Doses de manipueira (DM)	2	6073,0857**	249,5747**	6624,0444**	157,6627**
Interacão (CEa× DM)	4	2927,2192**	43,5304**	3544,0809**	0,9043**
Resíduo 2	12	381,4228	9,2419	476,0466	0,0844
CV 1 (%)		2,45	2,35	2,35	0,57
CV 2 (%)		4,14	3,03	3,34	0,16

Fonte: Autores, 2025.

Verificou-se que sob CEa de 0,9 dS m^{-1} e aplicação da dose de 75% do biofertilizante, promoveu maiores teores de *Cl a* (534,45 µg mL^{-1}), diferindo estatisticamente das doses de 50% e 100% (Figura 1A) Já nas CEa de 1,8 dS m^{-1} não houve diferenças significativa entre as doses de 50; 75 e 100% de manipueira. No entanto, destaca-se que, sob CEa de 2,7 dS m^{-1}, a dose de 75% e 100% do biofertilizante resultou em teores de *Cl a* semelhantes ao obtido nas plantas irrigadas com água de 0,9 e 1,8 dS m^{-1}. O efeito benéfico da manipueira mostra como o potássio está envolvido na ativação de diversas enzimas que exercem papéis importantes no metabolismo celular, incluindo a fotossíntese. Ele desempenha um papel fundamental na ativação de mais de 60 sistemas enzimáticos, influenciando diretamente na atividade fotossintética das plantas (MEURER et al., 2018).

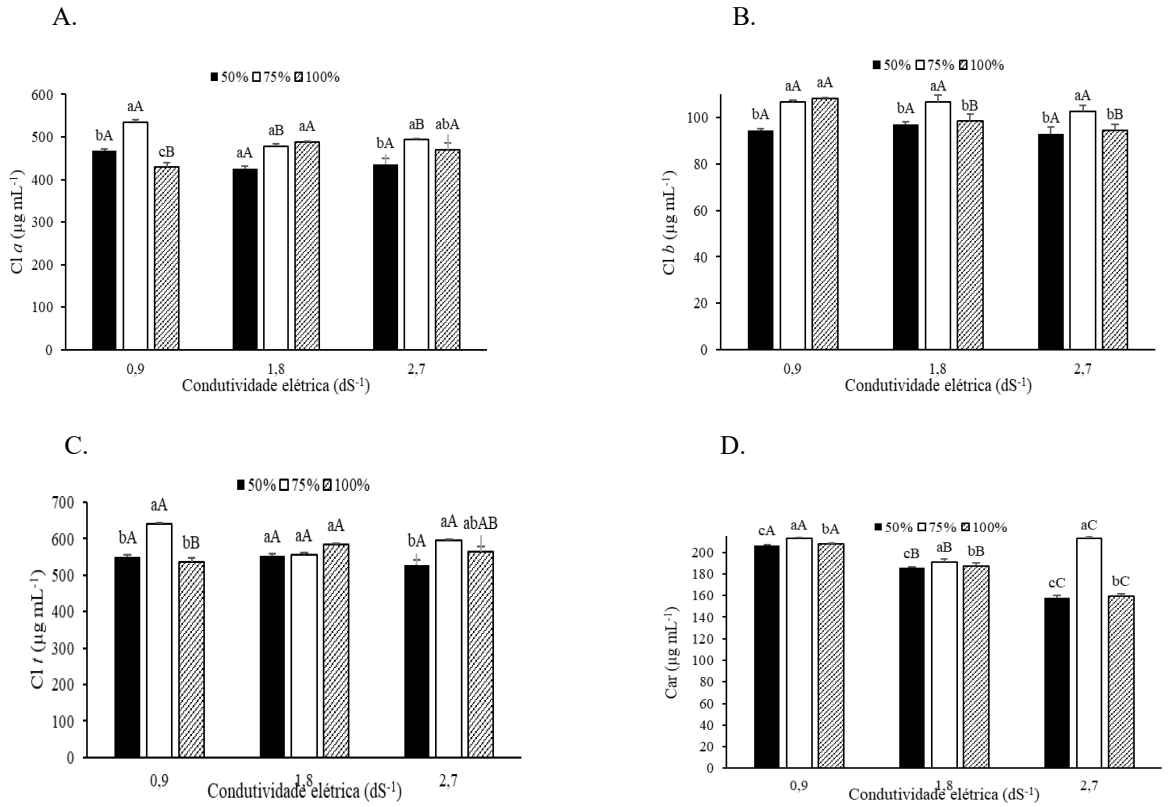
O maior teor de clorofila *b* foi registrada na CEa de 0,9 dS m^{-1} com 100% de manipueira (108,16 µg mL^{-1}). Já na CEa de 1,8 dS m^{-1}, a dose de 75% também apresentou maior valor (106,88 µg mL^{-1}), enquanto a dose de 100% obteve redução de 12,13%. Na concentração de 2,7 dS m^{-1} da água de irrigação, todos os valores foram inferiores aos obtidos em menor salinidade da água. A salinidade do solo e da água de irrigação pode afetar a absorção de nutrientes pelas raízes das plantas, uma vez que reduz o potencial osmótico da solução do solo, dificultando a absorção de água e promovendo desequilíbrio iônico devido ao excesso de Na^+ e Cl^- (Zhao., et al 2020). Esse desequilíbrio limita a disponibilidade e o transporte de nutrientes essenciais, como nitrogênio, magnésio e potássio, que são fundamentais para a biossíntese de clorofilas e carotenoides. Além disso, o estresse salino induz a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), que aceleram a degradação de pigmentos e danificam estruturas dos tilacoides, comprometendo a fotossíntese (Fu et al., 2023).

Observou-se que plantas submetidas a CEa de 0,9 dS m^{-1} e adubadas com dose de 75% do biofertilizante resultou em maior teor de clorofila total (639,99 µg mL^{-1}), diferindo significativamente das doses de 50% (549,97 µg mL^{-1}) e 100% (536,7 µg mL^{-1}). Já sob CEa DE 1,8 dS m^{-1}, não houve diferenças significativas entre as doses de manipueira. Quando submetidas a CEa de 2,7 dS m^{-1}, não apresentaram diferenças estatísticas (Figura 1B). Sob condição de baixa salinidade, a dose intermediária de manipueira favorece a biossíntese de pigmentos, enquanto em níveis mais elevados, a manipueira contribui para a manutenção da clorofila total, atenuando os efeitos deletérios do estresse salino sobre o aparato fotossintético da planta.

Ao analisar os teores de carotenoides observou-se que plantas submetidas a CEa de 0,9 dS m^{-1} e 2,7 dS m^{-1}, a dose de 75% promoveu o maior acúmulo de carotenoides (212,85 µg mL^{-1}). Já sob 1,8 dS m^{-1} o maior valor estimado (191,19 µg mL^{-1}) foi obtido na dose de 75% do biofertilizante diferindo das demais.

Com base nas pesquisas conduzidas por Hawkesford et al. (2012), relataram que o potássio desempenha diversas funções fisiológicas para o desenvolvimento das plantas. Dentre as funções destaca-se o seu papel em processos vitais, tais como a fotossíntese, atividade enzimática, síntese proteica, alongamento celular, translocação e metabolização de fotossintatos, juntamente com a osmorregulação.

Figura 1. Teores de clorofila a (A), b (B), clorofila total (C) e carotenoides (D), das plantas de maracujazeiro- azedo, em função da interação entre os níveis de Cea e as doses de biofertilizante de manipueira como fonte de potássio, aos 380 dias após o transplantio.
Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F ($p \leq 0,05$). Barra na vertical representa o erro padrão da média.



Fonte: Autores, 2025.

CONCLUSÃO

A aplicação de 75% do biofertilizante de manipueira eleva os teores de clorofilas *a*, *b*, total e carotenoides do maracujazeiro-azedo sob salinidade da água de 0,9 dS m^{-1}.

AGRADECIMENTOS

Fapesq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

Amaral, K.; Ferreira, D. M.; Navoni, J. A. Avaliação das águas subterrâneas salobras do semiárido do Rio Grande do Norte: qualidade e impactos sob atividades agropecuárias de subsistência. Águas Subterrâneas, v.35, n.3, 2021.

Araújo, N. C.; Guimarães, P. L. F.; Oliveira, S. J. C.; Lima, V. L. A. de; Assis Bandeira, F. de; Araújo, F. D. A. C. de. Quantificação da geração de resíduos em uma casa de farinha no estado da Paraíba. Revista Monografias Ambientais - REMOA, v.13, n.5, p.3793-3799, 2014.

Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated cloroplasts: polyphenoloxidases in Beta vulgaris. Plant Physiology, v.24, n.1, p.1-15, 1949. FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, v. 35, n.2, p.1039-1042. 2011.

Costa, A. F. S.; Costa, A. N.; Ventura, J. A.; Fanton, C. J.; Lima, I. D. M.; Caetano, L. C. S.; Santana, E. N. Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro. Vitória, ES: Incaper, 2008.

Ferreira, D. F. SISVAR: um sistema de análise computacional para delineamentos de parcelas subdivididas de efeitos fixos. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FU, Haiqi; YANG, Yongqing. How plants tolerate salt stress. Current Issues in Molecular Biology, v. 45, n. 7, p. 5914-5934, 2023.

Hawkesford, M.; Horst, W.; Kichey, T.; Lambers, H.; Schjoerring, J.; Moller, I. S.; White, P. Funções de macronutrientes. In: Marschner, P. Nutrição mineral de plantas superiores. 3. ed. Nova York: Elsevier, 2012. p.429-464.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agropecuária: maracujá. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br. Acesso em: 2 jul. 2025.

Meurer, J. M.; Tiecher, T.; Mattiello, L. Potássio. In: Fernandes, M. S.; Souza, S. R.; Santos, L. A. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG: SBCS, 2018. p.429-464.

Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1954.

Silva, W. L. C.; Santos, L. O. dos. De resíduo a recurso: o potencial do uso da manipueira como fertilizante na agricultura. Brazilian Journal of Production Engineering, v.11, n.2, p.218-229, 2025.

Zhao, C., Zhang, H., Song, C., Zhu, J. K., & Shabala, S.Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. The innovation, v. 1, n. 1, 2020.