



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**BIOFERTILIZANTE DE MANIPUEIRA COMO ATENUANTE DO ESTRESSE
SALINO NO CULTIVO IRRIGADO DO MARACUJAZEIRO AMARELO**

THAIMARA RAMOS ANGELINO DE SOUZA

CAMPINA GRANDE - PB

JULHO - 2023

THAIMARA RAMOS ANGELINO DE SOUZA

**BIOFERTILIZANTE DE MANIPUEIRA COMO ATENUANTE DO ESTRESSE
SALINO NO CULTIVO IRRIGADO DO MARACUJAZEIRO AMARELO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola para obtenção do título de mestra em Engenharia agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADORES

Prof.^a Dr.^a MARIA SALLYDELÂNDIA DE FARIAS ARAÚJO – UFCG/CTRN/UAEA

Prof.^a Dr.^a VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA – UFCG/CTRN/UAEA

CAMPINA GRANDE - PB

JULHO – 2023

S729b

Souza, Thaimara Ramos Angelino de.

Biofertilizante de manipueira como atenuante do estresse salino no cultivo irrigado do maracujazeiro amarelo / Thaimara Ramos Angelino de Souza. – Campina Grande, 2023.

93 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2023.

"Orientação: Profa. Dra. Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Profa. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima".

Referências.

1. Maracujá – Cultura. 2. Estresse Salino. 3. Maracujá (*Passiflora edulis Sims.*). 4. Água Salobra. 5. Biofertilizante de Manipueira. 6. Irrigação e Drenagem. I. Araújo, Maria Sallydelândia de Farias. II. Lima, Vera Lúcia Antunes de. III. Título.

CDU 634.776.3(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

THAIMARA RAMOS ANGELINO DE SOUZA

BIOFERTILIZANTE DE MANIPUEIRA COMO
ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO NO
CULTIVO IRRIGADO DO MARACUJAZEIRO
AMARELO

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
como pré-requisito para obtenção do título
de Mestre em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 14/07/2023

Vera Lucia Antunes de Lima - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFMG

Maria Sallydelândia de Farias Araújo - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFMG

Jose Dantas Neto - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFMG

André Alisson Rodrigues da Silva - Examinador(a) Externo(a) - PDJ/UFMG



Documento assinado eletronicamente por **André Alisson Rodrigues da Silva, Usuário Externo**, em 19/07/2023, às 12:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **VERA LUCIA ANTUNES DE LIMA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/07/2023, às 16:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOSÉ DANTAS NETO, Usuário Externo**, em 26/07/2023, às 08:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARIA SALLYDELANDIA DE FARIAS ARAUJO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 22/08/2023, às 11:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **3591624** e o código CRC **1ADA4A27**.

Referência: Processo nº 23096.048473/2023-76

SEI nº 3591624

Dedico este trabalho e o que ele representa para mim a quem dedico a minha vida: Deus. E a minha querida mãe, amiga e fiel companheira, pelo apoio e incentivo durante toda a elaboração deste trabalho e por me ensinar que todo título desse mundo está abaixo do significado de servir a Deus.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, fundador de toda ciência, sabedoria e inteligência, pelo dom da vida, pela consciência absoluta que Ele é a base de tudo e pelas forças para estudar nas madrugadas e concluir este trabalho.

Agradeço aos meus primeiros orientadores, que foram a minha mãe, meu pai, minha avó Terezinha, meu avô Zé Ramos (*In memoriam*) e minha tia Lia, responsáveis pelas minhas primeiras lições de vida e incentivo aos estudos. Às minhas irmãs e aos meus cunhados por todo apoio, amizade, orações e companheirismo.

A Professora Dr^a Maria Sallydelândia Farias Araújo e Dr^a Vera Lúcia Antunes de Lima, pela orientação dedicada com toda paciência, pelas correções, sugestões e incentivo. Com seus exemplos de dedicação à ciência, o conhecimento transmitido foi indispensável a esta dissertação.

Ao Dr. Geovani Soares de Lima, pela concessão das sementes de maracujá pois, foram a partir delas que surgiu todo este trabalho.

Aos Dr. André Rodrigues da Silva e Dr. Jailton Garcia Ramos, por todo ensinamento, paciência, por compartilhar todo conhecimento, incentivo e tempo dedicado a este trabalho.

Ao meu querido e incrível esposo, pelo companheirismo, motivação, por toda ajuda e paciência durante todo o trabalho.

Aos meus amigos Giovana, Viviane e Thiago, pela ajuda nesse experimento e pela amizade. Enfim, muitas pessoas foram indispensáveis para a realização do trabalho colaborando com suas críticas e sugestões e a todas devo meus sinceros agradecimentos.

A todos os professores da instituição pelo conhecimento compartilhado ao longo dos anos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização do curso. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsa de estudo.

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em especial, a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), pela disponibilidade de espaço para realização do trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	19
LISTA DE FIGURAS	20
RESUMO	22
ABSTRACT	23
CAPÍTULO I - CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	11
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 Origem, aspectos botânicos e morfológicos do maracujazeiro azedo	15
3.2 Aspectos econômicos	17
3.3 Disponibilidade de qualidade de água no Semiárido do Nordeste brasileiro	19
3.4 Tolerância das plantas à salinidade	21
3.5 Efeito da salinidade nas plantas	23
3.5.1 Efeito Osmótico	24
3.5.2 Efeito Tóxico	25
3.5.3 Efeito Nutricional	26
3.6 Biofertilizante de manipueira como atenuante do estresse salino	26
4 REFERÊNCIAS	30
CAPITULO II- MATERIAL E MÉTODOS	39
1.1 Localização e caracterização da área experimental	39
1.2 Etapa I: Formação de mudas	40
1.2.1 Instalação e condução do experimento	40
1.3 Etapa II: Transplântio das mudas para os lisímetros de drenagem	41
1.3.1 Delineamento experimental e tratamentos	41
1.3.2 Instalação e condução do experimento	42
1.3.3 Preparação das águas salinas e irrigação	46
1.3.4 Tratos culturais	47
1.3.5 Polinização	49
1.3.6 Definição do volume de manipueira em função da concentração de potássio	52
1.3.7 Coleta da manipueira e obtenção do biofertilizante	53
1.4 Variáveis avaliadas	54

1.4.1 Variáveis de crescimento.....	54
1.5 Avaliações fisiológicas.....	54
1.5.1 Porcentagem de extravasamento de eletrólitos.....	54
1.5.2 Teor relativo de água (TRA).....	55
1.5.3. Fluorescência da clorofila <i>a</i>	56
1.5.4 Pigmentos fotossintéticos.....	57
1.6 Variáveis de produção e pós colheita.....	57
1.7 Análise estatística.....	59
2 REFERÊNCIAS.....	60
CAPITULO III- BIOFERTILIZANTE DE MANIPUEIRA COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO NA FISIOLOGIA, NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E NA QUALIDADE PÓS- COLHEITA DOS FRUTOS DE MARACUJAZEIRO- AMARELO.....	62
RESUMO.....	63
ABSTRACT.....	64
1 INTRODUÇÃO.....	65
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	66
2.1 Localização do experimento.....	66
2.2 Cultivar estudada.....	67
2.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	67
2.4 Instalação e condução do experimento.....	68
2.5 Variáveis analisadas.....	71
3 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	73
4 CONCLUSÕES.....	86
5 REFERÊNCIAS.....	86

LISTA DE TABELAS

Capítulo II - Material e métodos

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	42
Tabela 2. Consumo hídrico de maracujá e condutividade elétrica média da água drenada (CEad) por planta durante a condução do experimento (226 dias após transplântio), para os diferentes tratamentos de salinidade da água de irrigação (CEa).....	47
Tabela 3. Características físico-químicas da água residuária de fecularia utilizada na pesquisa.....	52
Capítulo III -Biofertilizante de manipueira como atenuante do estresse salino na fisiologia, nos componentes de produção e na qualidade pós-colheita dos frutos de maracujazeiro amarelo	

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	68
Tabela 2. Características físico-químicas da água residuária de fecularia utilizada na pesquisa.....	69
Tabela 3. Autovalores, porcentagem de variância total explicada, análise de variância multivariada (MANOVA) entre as variáveis originais e os componentes principais.....	74
Tabela 4. Coeficientes de correlação (r) entre as variáveis originais e os componentes principais.....	74
Tabela 5. Valores médios das variáveis analisadas por tratamento.....	76
Tabela 6. Resumo da análise de variância referente ao diâmetro de caule aos 150 e 250 dias após transplântio (DC150 e DC250), rendimento de polpa (RP) e espessura de casca (AA) e dos frutos do maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas e submetido a doses de manipueira.....	80
Tabela 7. Resumo da análise de variância referente ao potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), ácido ascórbico (AA) e acidez titulável (AT) da polpa do maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas e submetido a doses de manipueira.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura do ar (máxima e mínima) e umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante o período experimental.....	39
Figura 2. Início da germinação, emergência das plântulas e após o desbaste.....	40
Figura 3. Desenvolvimento das mudas até o transplante.....	41
Figura 4. Transplante das mudas de maracujazeiro para os vasos adaptados como lisímetros de drenagem.....	43
Figura 5. Maracujazeiro tutorado nos lisímetros de drenagem aos 11 dias após o transplante.....	44
Figura 6. Planta com a primeira poda da gema apical e com os ramos laterais.....	45
Figura 7. Emissão de ramos terciários do maracujazeiro com formação de uma cortina.....	45
Figura 8. Ataque da lagarta preta do maracujazeiro <i>Dione juno juno</i> (Cramer) (Lepidoptera: <i>Nymphalidae</i>) no maracujazeiro azedo no caule, na face posterior e superior da folha.....	47
Figura 9. Lagarta <i>Dione juno juno</i> (Cramer) (Lepidoptera: <i>Nymphalidae</i>) corpo recoberto de espinhos.....	48
Figura 10. Principais estruturas da flor do maracujazeiro-azedo.....	49
Figura 11. Visita da mamangava (<i>Xylocopa</i> ssp.) polinizador natural, corpo coberto de pólen das anteras e o corpo do inseto tocando nos estigmas da flor.....	50
Figura 12. Polinização artificial com os dedos: retirada do pólen das anteras da flor e deposição do pólen nos estigmas de outra flor, polinização e flor polinizada.....	51
Figura 13. Preparação das águas salinas em caixa de polietileno 500 l.....	51
Figura 14. Manipueira armazenada em casa de vegetação da Universidade Federal de Campina Grande.....	53
Figura 15. Medição do diâmetro do caule.....	54
Figura 16. Verificação da condutividade elétrica.....	55
Figura 17. Avaliação de teor relativo de água e secagem de folhas.....	56
Figura 18. Análise de pigmentos fotossintéticos realizada no espectrofotômetro.....	57
Figura 19. Início da produção do maracujá azedo.....	58

Figura 20. Colheita dos frutos e início das avaliações, peso do fruto, diâmetro polar e diâmetro equatorial, refratômetro analógico (sólidos solúveis em °brix), diâmetro da casca, e medição do pH através do pHmetro.....59

Capítulo III -Biofertilizante de manipueira como atenuante do estresse salino na fisiologia, nos componentes de produção e na qualidade pós-colheita dos frutos de maracujazeiro amarelo

Figura 1. Temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa do ar da área interna da casa de vegetação durante o período experimental.....66

Figura 2. Layout da área experimental.....67

Figura 3. Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais para os fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e doses de manipueira (M) (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (CP₁e CP₂).....75

Figura 4. Diâmetro de caule - DC (A), rendimento de polpa - RP (C) e espessura de casca – EC (D) do maracujazeiro-azedo em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e diâmetro de caule em função das doses de manipueira (B) aos 150 e 250 dias após o transplantio.....82

Figura 5. Potencial hidrogeniônico - pH (A) e ácido ascórbico – AA (B) da polpa do maracujazeiro-azedo em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa).....84

Figura 6. Potencial hidrogeniônico - pH (A), ácido ascórbico – AA (B), sólidos solúveis - SS (C) e acidez titulável – AT (D) da polpa do maracujazeiro-azedo em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa).....85

BIOFERTILIZANTE DE MANIPUEIRA COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO NO CULTIVO IRRIGADO DO MARACUJAZEIRO AMARELO

RESUMO: O maracujazeiro (*Passiflora edulis Sims*) pertence à família Passifloraceae, e possui grande importância socioeconômica no Brasil, por sua elevada produção, consumo, geração de emprego e renda. Nesse sentido, o uso de águas salobras no cultivo do maracujazeiro na região semiárida do Nordeste brasileiro, pode ser viabilizado através do uso de biofertilizantes que possam atenuar os efeitos deletérios do estresse salino. Diante do exposto, objetivou-se com esse estudo, avaliar o efeito das doses de biofertilizante de manipueira como atenuante do estresse salino no crescimento, produção e qualidade pós-colheita do maracujazeiro cv. BRS Sol do Cerrado F1 irrigado com águas salinas. Para tanto, o estudo foi conduzido em casa de vegetação, no delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas, constituídas pelos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,9; 1,8; 2,7; 3,6 e 4,5 dS m⁻¹). As subparcelas constituíram de quatro doses de potássio (25; 50; 75; 100%) em função da concentração do elemento no biofertilizante de manipueira. Com relação aos resultados, a irrigação com água de condutividade elétrica acima de 0,9 dS m⁻¹ afetou negativamente os índices fisiológicos, o crescimento e os componentes de produção do maracujazeiro-azedo. Entretanto, a manipueira na dose de 75% da recomendação de potássio, amenizou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação, com os melhores resultados obtidos nas plantas irrigadas com CEa de 0,9 e 1,8 dS m⁻¹. A utilização de manipueira em doses maiores que 75% da recomendação de potássio, intensificou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre a morfofisiologia e os componentes de produção do maracujazeiro. A irrigação com CEa acima de 3,0 dS m⁻¹ não atendeu bem ao pH e reduziu os teores de ácido ascórbico da polpa do maracujá-azedo. E o uso de biofertilizante com a dose de 100% da recomendação de potássio é excessiva para o maracujazeiro-azedo sob condições de estresse salino. Entretanto, a dose de 75% pode ser usada em substituição a adubação química.

Palavras-chave: *Passiflora edulis Sims*; estresse salino; água salobra

MANIPUEIRA BIOFERTILIZER AS A SALT STRESS TREATMENT IN IRRIGATE PASSION FRUIT FARMING

ABSTRACT: The passion fruit tree (*Passiflora edulis* Sims) belongs to the Passifloraceae family, and has great socioeconomic importance in Brazil, due to its high production, consumption, employment and income generation. The use of brackish water in passion fruit cultivation in the semi-arid region of the Brazilian Northeast can be made possible through the use of biofertilizers that can attenuate the deleterious effects of saline stress. Given the above, the objective of this study was to evaluate the effect of doses of manipueira biofertilizer as a mitigating factor for saline stress on growth, production and postharvest quality of passion fruit cv. BRS Sol do Cerrado F1 irrigated with saline water. The study was controlled in a greenhouse, in a completely randomized experimental design, with three replications, in a split-plot scheme. The plots were constituted by the levels of electrical conductivity of the irrigation water - ECa (0.9; 1.8; 2.7; 3.6 and 4.5 dS m⁻¹). The subplots consisted of four doses of potassium (25; 50; 75; 100%) depending on the concentration of the element in the manipueira biofertilizer). Irrigation with water with electrical conductivity above 0.9 dS m⁻¹ affected the physiological indices, growth and production components of sour passion fruit. However, the use of manipueira at a dose of 75% of the potassium recommendation mitigated the deleterious effects of irrigation water salinity, with the best results obtained in plants irrigated with ECa of 0.9 and 1.8 dS m⁻¹. The use of manipueira in doses greater than 75% of the potassium recommendation intensified the deleterious effects of irrigation water salinity on the morphophysiology and production components of the passion fruit tree. Irrigation with ECa above 3.0 dS m⁻¹ affected the pH and included the ascorbic acid contents of the passion fruit pulp. The use of biofertilizer with a dose of 100% of the potassium recommendation is excessive for passion fruit under conditions of saline stress. However, a dose of 75% can be used to replace chemical fertilization.

Keywords: *Passiflora edulis* Sims; salt stress; brackish water

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1 INTRODUÇÃO GERAL

A fruticultura é um dos setores de maior destaque no agronegócio brasileiro por ser uma atividade agrícola de grande importância em relação aos aspectos econômicos e sociais. O Brasil é um dos países com maior potencial, principalmente, por causa das condições climáticas favoráveis e a disponibilidade de área para o cultivo (Nava et al., 2019). O estado da Bahia, por exemplo, ocupa o primeiro lugar no ranking nacional de produção, com um valor de 207.488 t, enquanto que a Paraíba caminha mais lentamente, ficando em 13º lugar, com uma produção de 10.444 t (IBGE, 2021).

O país se destaca como um dos maiores produtores de frutas no mundo, ocupando o terceiro lugar em produção, atrás apenas da China e Índia (EMBRAPA, 2022). E como o principal produtor e consumidor mundial de maracujá, com uma produção de 683,99 toneladas, com rendimento médio de 15,26t/ha e uma área colhida de 44,827 ha (IBGE, 2021). E a espécie *Passiflora edulis Sims* f. *Flavicarpa* Deg., pertence à família Passifloraceae, conhecida como maracujá amarelo ou azedo, é responsável por mais de 90% da produção nacional (Santos et al., 2021).

É uma cultura amplamente explorada nacionalmente, sobretudo, na região Nordeste, pelas condições edafoclimáticas favoráveis ao seu desenvolvimento, destacando-se como frutífera de alta rentabilidade na agricultura familiar e fonte de renda garantida durante todo o ano (Wanderley et al., 2018).

A região Nordeste, por sua vez, é a maior produtora de maracujá amarelo, com um valor anual de 476.006 t, o que representa cerca de 69,9 % da produção nacional (IBGE, 2021). É também responsável diretamente pela maioria dos pomares cultivados, tendo em seu território a maior área plantada dentre os estados da federação, sendo a qualidade do fruto, o rápido retorno dos investimentos, sua grande variedade de subprodutos e enorme aceitação no mercado, o fator determinante para ocorrência da implantação da cultivar na região (Rodrigues, 2021).

No semiárido brasileiro, a produção de frutíferas é restrita a condições de irrigação, por causa da grande variabilidade temporal e espacial das precipitações, além da elevada evapotranspiração, solos jovens com baixa capacidade de armazenamento de água, tornando necessário o uso de águas de qualidade inferior com elevadas concentrações de sais solúveis na produção agrícola (Andrade et al., 2019). Situação que é determinante para a salinização do solo e redução da produtividade das culturas, de modo que, o excesso de sais na água de irrigação promove estresse nas plantas, afetando de maneira negativa a biossíntese da clorofila, a eficiência fotoquímica e as trocas gasosas

e, conseqüentemente, a produção, em razão da ação de íons específicos, sobretudo, o sódio (Na^+) e cloro Cl^- (Nunes et al., 2017).

Na tentativa de reduzir custos e impactos ambientais, diversos estudos estão investigando o efeito do uso de águas residuárias, como a manipueira na produção agrícola (Costa et al., 2021; Araújo et al., 2019; Ramos et al., 2018).

A manipueira é um líquido leitoso de odor forte proveniente do beneficiamento das raízes da mandioca, com alta concentração de potássio, nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre, além de ferro e outros micronutrientes, o potássio sendo o macronutriente em maior concentração em relação aos demais (Marini e Marinho, 2011; Conceição et al., 2013).

O uso desse efluente no semiárido nordestino atua como uma estratégia promissora de reuso agrícola de água residuária, pelo fato de ser um biofertilizante líquido, que além de atuar diretamente sob o uso eficiente da água, age como fonte de nutrientes para as plantas e também como agente atenuante do estresse salino sentido pelas culturas quando irrigadas com águas com elevados teores de sais, que na grande maioria das vezes, é a única fonte hídrica que os agricultores dispõem nos longos períodos de estiagem.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito das doses de biofertilizante de manipueira como atenuante do estresse salino na fisiologia, no crescimento, na produção e qualidade pós-colheita do maracujazeiro-azedo irrigado com águas salobras.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o crescimento do maracujazeiro BRS Sol do Cerrado F1 irrigado com águas salobra e aplicações de biofertilizante de manipueira;
- Analisar as alterações na fluorescência da clorofila α do maracujazeiro BRS Sol do Cerrado F1, irrigadas com águas salinas e aplicações de biofertilizante de manipueira;
- Determinar os teores de pigmentos fotossintéticos, a porcentagem de extravasamento de eletrólitos e o teor relativo de água nas folhas do maracujazeiro BRS Sol do Cerrado F1, irrigadas com águas salinas e aplicações de biofertilizante de manipueira;
- Avaliar a produção e a qualidade pós-colheita dos frutos de maracujazeiro-azedo BRS Sol do Cerrado F1 cultivado sob diferentes níveis de salinidades da água de irrigação e aplicação de biofertilizante de manipueira.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Origem, aspectos botânicos e morfológicos do maracujazeiro azedo

O maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims) possui sua origem na América tropical, e é uma cultura pertencente ao gênero *Passiflora*, da família *Passifloraceae*, ordem *Malpighiales* e divisão *Magnoliophyta* (Faleiro et al., 2017).

O gênero *Passiflora* é considerado o mais representativo da família *Passifloraceae*, com cerca de 525 espécies, a maioria da América Tropical, das quais 145 estão dispersas no território brasileiro, sendo 85 delas endêmicas do país, colocando o Brasil, especificamente a Região Centro Norte do país entre os principais centros de diversidade genética do gênero (Faleiro et al., 2019).

Consideradas trepadeiras herbáceas ou lenhosas, geralmente, com gavinhas, raramente ervas eretas, espécies arbustivas ou pequenas árvores com caules cilíndricos ou quadrangulares, muito ramificados e, em algumas espécies, podem ser pilosos e atingir de cinco a dez metros de comprimento (Cunha e Barbosa 2002). Sua reprodução pode ser de forma sexuada ou assexuada via sementes, bem como por outras técnicas, a citar: estaquia, enxertia, alporquia e cultura de tecidos in vitro (Mezzonato-Pires et al., 2013).

As espécies do gênero *Passiflora* possuem uma enorme variação fenotípica, em especial, nos descritores qualitativos das folhas, flores e frutos, que são úteis na caracterização de recursos genéticos. Por exemplo, as folhas podem ser alternas, simples ou compostas, inteiras ou lobadas e de forma variável, de margem inteira ou serrilhada. É possível observar glândulas nectaríferas no pecíolo, na margem da bráctea ou na parte dorsal da folha (Feuillet; Macdougall, 2007; Nunes; Queiroz, 2007; Cervi et al., 2010).

Em geral, os pecíolos, estípulas e brácteas apresentam glândulas nectaríferas ocelares, em número, forma e posição variáveis. As estípulas podem ser lineares ou foliáceas, persistentes ou decíduas. As gavinhas nascem nas 6 axilas das folhas e são solitárias. As brácteas são comumente caducas, lineares, setáceas e dispersas no pedúnculo ou até foliáceas (Cunha e Barbosa, 2002).

O maracujazeiro apresenta flores hermafroditas, grandes, vistosas possuindo diferentes colorações, como branca, rosa, magenta, diferentes tons de vermelho, azul ou roxa e protegidas por brácteas foliáceas. A corona formada por vários filamentos ou fimbrias é, sem dúvida, a marca característica do gênero *Passiflora*. No centro da flor, existe o androginóforo colunar bem desenvolvido com o ovário globoso, unilocular e multiovulado. A estrutura feminina possui três estiletos livres ou conectados na base com

estigmas capitados. Já a estrutura masculina é formada por cinco estames, 8 com filetes livres ou conectados na base com anteras dorsofixas e versáteis. Dependendo da espécie, a abertura da flor pode ser no período matutino, vespertino ou noturno, sendo que algumas são sensíveis ao fotoperíodo, ou seja, necessitam de dias mais longos para induzir o florescimento (Fareilo, 2017). As flores do maracujazeiro possuem autoincompatibilidade entre flores de uma mesma planta, ou seja, o grão de pólen produzido por uma flor não pode fecundá-la ou fecundar outra flor da mesma planta. Para a formação de frutos, é necessário que o pólen seja transferido entre indivíduos distintos, assim, o maracujazeiro é um cultivo essencialmente dependente de polinização cruzada para a fecundação das flores (Klein et al. 2020).

Suas flores são bastante atrativas para várias espécies de abelhas, que as visitam para coletar o néctar produzido e acumulado na câmara nectarífera, que fica localizada na base da flor (Klein et al. 2020). A polinização é uma das fases mais importantes para o maracujá, o processo ocorre pela transferência de grãos de pólen da antera para o estigma. Esse procedimento é essencial para a fecundação dos óvulos das flores, dando origem as sementes e frutos que asseguram a perpetuação da maioria das espécies.

A flor do maracujazeiro libera um odor muito agradável e com isso, atrai visita de abelhas de grande porte chamada mamangavas, que realizam a polinização, pois ao buscarem o néctar, elas tocam as anteras com o tórax, deixando o pólen depositado no dorso. Ao pousarem em outra flor, entram em contato com o estigma com o seu tórax cheio de pólen, polinizando a flor. Já as abelhas de pequeno porte não polinizam as flores do maracujá em função de seu tamanho, que não tocam as estruturas reprodutivas das flores (Klein et al. 2020).

As espécies de abelhas popularmente conhecidas como mamangavas-de-toco, do gênero *Xylocopa*, são as principais polinizadoras do maracujazeiro. As fêmeas, geralmente, são de cor preta e os machos são amarelados ou alaranjados. Duas das espécies mais comuns nas plantações são a *Xylocopa frontalis* e a *X. grisescens* (Giannini et al. 2020).

Segundo Fareilo (2017), os frutos são bagas, indeiscentes ou cápsulas deiscentes, exibindo diversos formatos (ovalado, oblongo, arredondado, oblato, elipsóide, fusiforme, oboval e periforme) e cores (verde, amarelo, laranja, rosado, vermelho e roxo). A parte externa do fruto é formada pelo pericarpo e a parte interna constitui a polpa (formada pelas sementes e respectivos arilos). Com sementes normalmente compridas, reticuladas

envolvidas por um arilo carnosos ou membranoso, sendo o endosperma carnosos (Cunha e Barbosa, 2002).

O sistema radicular é do tipo pivotante ou axial, concentra-se na ordem de 70 a 90% nas profundidades de 15 a 45 cm e com uma distância do caule de 45 a 135 cm (Manica, 1981). O caule na base é lenhoso, estriado longitudinal, vigorosos, semi-flexíveis e trepadores, sendo cilíndricos (Vanderplank, 1996). Os conhecimentos dessas características são muito importantes para planejar as tomadas de decisão, quanto a adubação e ao manejo da cultura.

Ao conseguir se adaptar melhor em regiões com temperaturas médias mensais entre 21 °C e 32 °C, precipitação anual entre 800 mm e 1.750 mm, baixa umidade relativa, pode ser considerada uma planta de "dias longos", pois necessita de um fotoperíodo de 11 horas e ventos moderados. O desenvolvimento ocorre em solos arenosos e levemente argilosos, pois o excesso de umidade pode favorecer a presença de doenças, a exemplo de fúngicas como a fusariose (Bernacci et al., 2013; EMATER-DF, 2017; Esashika et al., 2018).

3.2 Aspectos econômicos

O maracujá amarelo ou azedo *Passiflora edulis Sims* é uma frutífera com um grande potencial econômico, constituindo no Brasil uma atividade comercial que proporciona bons rendimentos econômicos ao país, que é um grande produtor mundial da fruta, mostrando grande importância devido a qualidade de seus frutos que são ricos em minerais e vitaminas.

De acordo com os dados do IBGE (2021), o estado da Bahia se destacou com uma produção de 207,488 t seguido do Ceará com 177, 291 t, mas, superou a Bahia nos rendimentos com 24,04 t/ha. Sobre a participação na produção brasileira, a regiões que fomenta e registra as maiores produções de maracujá é o Nordeste, com um aumento no volume de 69,9%, indicando a nítida importância da região no cultivo da fruta. Em termos globais, aproximadamente 805 mil toneladas do fruto foram produzidas no mundo em 2019, destacando como países de maior produção, o Brasil, Vietnã e Colômbia

O Brasil e exporta o produto sob a forma de fruta fresca, conservada e em suco concentrado. Os países europeus são os principais exportadores, por ser uma cultura versátil está em franca expansão, que inclui desde a produção de frutas para consumo "in natura" como para a produção de suco, doces, chás, até princípios ativos para fabricação

de produtos farmacológicos. Além de ser uma importante matéria prima em razão dos seus benefícios para a saúde, uma das propriedades mais conhecidas é a calmante, presente em quase todas as espécies, por isso, é muito explorada em medicamentos fitoterápicos, principalmente, para ansiedade e estresse.

Além do maracujazeiro- azedo (*Passiflora edulis Sims*), outras espécies do gênero *Passiflora* também são exploradas comercialmente em outros países, como Equador, Colômbia, Peru, Bolívia, Venezuela, África do Sul, Austrália, Equador, Colômbia, África do Sul e a Austrália. Na Europa o uso das *Passifloras* é muito comum como plantas ornamentais em paisagismo de grandes áreas e cultivos em vasos de acordo com Faleiro e Junqueira (2016).

É possível dizer então que, os frutos do maracujá são divididos em dois blocos de comercialização. O primeiro é o fruto in natura, que vai para feiras livres, pequenos estabelecimentos como hotéis e lanchonetes, e em seguida para residências. O segundo é bem mais ressaltante para economia brasileira, visto que, são conduzidos para indústrias, sendo processados para obtenção de suco concentrado, polpa, néctar ou geleia (Pires et al., 2011).

De acordo com Faleiro e Junqueira (2016), das sementes é extraído o óleo, um produto de grande valor agregado na indústria de alimentos. Nesse processo obtém-se a torta (farelo desengordurado) que também é usada na indústria de cosméticos ou como ingrediente rico em fibra e proteína na fabricação de pães e biscoitos. Podendo ser aproveitada na formulação de ração animal em substituição ao farelo de trigo. Para Cruz et al., (2011), o coproduto do maracujá na alimentação animal pode ser uma forma de silagem ou então passa por processo de secagem e moagem para ser usado como farelo da semente de maracujá.

No trabalho de Reis et al. (1993), o resíduo de maracujá (cascas e sementes) é aplicado na elaboração de silagem pura e em associação com o capim elefante C.V. “cameroon”, e ao final concluíram ser uma alternativa viável para a alimentação de ruminantes. O ganho médio diário de 1,37 kg/dia foi encontrado por Siqueira et al., (1999) no trabalho sobre o uso de silagem de resíduo de maracujá para animais machos confinados.

Os pesquisadores Pazdiora et al. (2021) relataram valores de 13,4% de proteína bruta, 0,21% de extrato etéreo, 9,7% de matéria mineral, 11,8% de carboidratos não fibrosos, 64,9% de fibra detergente neutro, 45,3% de fibra detergente ácido, 28,4% de celulose, 19,5% de hemicelulose e 16,9% de lignina na casca de maracujá.

Outro mercado que está avançando é o da semente desidratada para a indústria de alimentos, pois da casca, gera-se a farinha, que é rica em fibra e pectina para consumo humano, podendo ser usada no controle de glicemia e colesterol, na formulação de doces, geleias e como fonte de pectina para uso na indústria de alimentos (Faleiro; Junqueira, 2016). E também na produção de novos produtos, como barras de cereais (Silva et al., 2009). Já da casca de maracujá, um resíduo industrial, pode ser aproveitada como ingrediente na indústria de panificação para enriquecer a qualidade nutricional dos produtos, como biscoitos enriquecidos com farinha da casca (Ishimoto et al., 2007).

O Brasil possui como os principais Estados consumidores da fruta: São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. O maior volume da comercialização do maracujá fresco ocorre nas CEASAS, ou em Centrais de Abastecimento. Em 2015 esses centros comercializaram cerca de 118 mil toneladas, correspondendo a 17% do total produzido no País (AGRIANUAL, 2018).

Como exposto, a cultura do maracujá possui uma grande importância econômica para o país, constituindo uma excelente alternativa para geração de emprego e renda tanto no campo como na cidade, caracterizando a demanda comercial por frutos in natura e produtos processados crescente no país (Faleiro e Junqueira, 2016).

3.3 Disponibilidade de qualidade de água no Semiárido do Nordeste brasileiro

O Nordeste ocupa 18,27 % do território brasileiro, possuindo uma área de 1.561.177,8 km² dos quais 841.260,9 km² abrangem o semiárido nordestino de acordo com o último censo demográfico do IBGE realizado em 2010, dividida entre os nove estados que o compõe (Araújo, 2011). A região de clima semiárido corresponde a 60% da área total nordestina, com precipitação pluvial média anual inferior a 500 mm ano-1 em algumas localidades (Santos et al., 2010).

O agreste Paraibano é uma região predominante do clima Semiárido, caracterizado por altas temperaturas, elevadas taxas de evaporação e baixos níveis de precipitação, o que favorece a escassez de água na região (IBGE, 2021).

Em virtude da condição da qualidade de água para irrigação, em geral, se leva em consideração a salinidade, de acordo com Carmo et al. (2018) muitos produtores da região acatam a irrigação como a tecnologia que mais contribui para o aumento da produtividade, no entanto, por causa da escassez de recursos hídricos de boa qualidade têm-se aplicado água de qualidade inferior, o que pode salinizar o solo, promovendo

queda no rendimento das culturas e gerar perda das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Os sais além de afetarem a disponibilidade de água, causam distúrbios nutricionais à planta, dependendo do sal e do genótipo vegetal.

No que se refere a salinidade, segundo Medeiros (1992), avaliando a concentração dos principais sais nas fontes de água disponíveis para irrigação no Nordeste brasileiro, se constatou predominância de águas cloretadas, em especial, Na, Ca e Mg, na proporção de 7:2:1 em $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, uma aproximação representativa da maioria das fontes de água disponíveis para irrigação.

Embora a amplitude da irrigação na produção de frutíferas e de alimentos, em geral, nas regiões semiáridas, em que a evapotranspiração supera a pluviosidade, a salinidade do solo e da água de irrigação se constitui num grande obstáculo ao sistema de produção (Cavalcante et al., 2005; Freire et al., 2010). Essas condições favorecem o processo de salinização e sodificação, isto é, a acumulação gradativa de sais solúveis ou sódio trocável, na zona radicular das plantas dos solos irrigados.

Apesar da importância da fruticultura para o Nordeste brasileiro, na região semiárida há chuvas irregulares e os recursos hídricos disponíveis para irrigação são frequentemente escassos e com variação de espaço e tempo de distribuição. Além disso, a qualidade desses recursos hídricos também varia, sendo comum encontrar fontes de água com alta concentração de sais (Bezerra et al., 2010).

As plantas apresentam diferentes respostas quando expostas ao estresse salino, fenômeno bastante complexo, além de processos fisiológicos e bioquímicos, que envolve mudanças na morfologia e no crescimento. As alterações metabólicas causadas pela salinidade são resultado de diversas reações fisiológicas das plantas, entre as quais se destacam as alterações no crescimento, comportamento estomático e capacidade fotossintética (Garcia et al., 2010; Paiva et al., 2017).

A qualidade da água de irrigação nas principais áreas de cultivo de maracujá, é, na maioria, oriunda de mananciais superficiais e subterrâneos que apresentam condutividade elétrica superior a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, tornando-se inevitável o uso na irrigação, vislumbrando assim, poucas alternativas para produção agrícola (Jiang et al., 2012).

Santos et al. (2016) afirmam que, no Nordeste do brasileiro, um dos principais fatores abióticos que pode afetar o desenvolvimento agrícola é a qualidade da água usada na irrigação, sobretudo, em relação a concentração de sais dissolvidos, que na maioria das vezes, são as únicas fontes.

Assim, deve-se dar ênfase aos estudos que buscam alternativas viáveis para o uso de águas salinas na irrigação na região semiárida do Nordeste brasileiro, no caso, para o cultivo do maracujazeiro. Pois, o uso de águas salinas sem a adoção de estratégias de manejo na produção agrícola afeta diretamente o desenvolvimento fisiológico das culturas, acarretando quedas drásticas de produção tornando-as inviáveis do ponto de vista econômico e ambiental.

3.4 Tolerância das plantas à salinidade

A salinidade pode ser definida como a concentração de sais no solo, que provoca estresse hídrico e salino aos vegetais, tendo o risco de se elevar a percentagem de sódio trocável, o que causa deterioração na estrutura do solo. A toxicidade é a acumulação de determinados íons nos tecidos das plantas, como Cl e o Na⁺, provocando efeitos tóxicos (SILVA, 2016).

Diversas plantas ao serem submetidas ao estresse salino, atingem um ajustamento osmótico, ou seja, acumulam íons ou solutos orgânicos no citosol, reduzindo o potencial osmótico e, conseqüentemente, mantendo o potencial hídrico inferior ao do solo para possibilitar a absorção de água (Silva et al., 2018). O ajustamento osmótico é efetivo para manter o potencial hídrico favorável, proporcionando a manutenção da turgescência e de processos relacionados, como o alongamento celular, o crescimento e a abertura estomática (Alvarenga et al., 2019). Existe grande variação entre diferentes espécies de plantas na capacidade de ajustamento osmótico e isso deve ser considerado ao medir a habilidade da espécie em suportar determinado estresse.

De acordo com Cavalcante et al., (2019), o excesso de sais de sódio, além de acarretar prejuízos para as propriedades físicas e químicas do solo, também ocasiona a redução generalizada do crescimento das plantas cultivadas, trazendo sérios prejuízos para atividade agrícola. No entanto, o grau ou a concentração de sais que determina essa redução varia da diversidade de espécies ou cultivares, das condições climáticas, da região, tipo de solo, método de irrigação e do estágio de desenvolvimento das plantas, com diferentes respostas quando expostas a essas condições.

A salinidade causa menor disponibilidade de água para as plantas por causa da diminuição do potencial osmótico da solução do solo, reduzindo-o a ponto de a planta não conseguir extrair água com facilidade em razão de um fenômeno chamado de seca fisiológica (Lima et al., 2018).

De acordo com o grau de tolerância aos sais, as plantas podem ser classificadas em dois grandes grupos: halófitas e glicófitas (Oliveira, 2017). As halófitas são aquelas que se desenvolvem naturalmente em ambientes com elevadas concentrações salinas, compostos, sobretudo, por Na^+ e Cl^- , já a maioria das culturas agrícolas são caracterizadas como glicófitas que possuem baixa tolerância a salinidade.

A redução foliar é outro mecanismo de tolerância utilizado pelas plantas com intuito de diminuir a superfície transpirante, tendo em vista que, as folhas são os órgãos responsáveis pela maior taxa de transpiração e sua redução compreende em um recurso que possibilita a diminuição da perda de água (Oliveira et al., 2013).

A tolerância das plantas a salinidade depende da habilidade delas em controlar o transporte de sal em cinco pontos específicos, a citar: 1- Seletividade no processo de absorção pelas células das raízes; 2 - Carregamento do xilema preferencialmente com K^+ , mais do que com Na^+ ; 3 - Remoção do sal do xilema na parte superior das raízes, caule, pecíolo ou bainhas foliares; 4 - Retranslocação de Na^+ e Cl^- no floema, garantindo a ausência de translocação para tecidos da parte aérea em processo de crescimento e; 5- Excreção de sais através de glândulas ou pelos vesiculares, presentes apenas nas halófitas. A tolerância em glicófitas depende dos três primeiros mecanismos, que ocorrem em diferentes graus, em função da espécie e/ou cultivar (Munns et al, 2002).

A irrigação de plantas consideradas glicófitas, como maracujá, com água salina tem sido investigada em vários estudos para tentar entender como pode afetar o rendimento da cultura, com estratégias de manejo de irrigação com agentes externos que possam induzir a aclimatação da cultura ao estresse. Sobre o tema, Lima et al. (2020) ao estudarem a irrigação com níveis salinos de 0,3 a 3,5 dS m^{-1} e duas doses de K (50 e 100% da recomendação) observaram que, a salinidade de 0,3 dS m^{-1} ; afetou parâmetros fisiológicos (trocas gasosas) e crescimento do maracujá 'BRS Rubi do Cerrado' aos 40 dias após a semeadura, e que a adubação com 100% da recomendação intensificou o efeito do estresse salino sob taxa de assimilação e a eficiência da carboxilação instantânea.

Quanto a produtividade da cultura irrigada com água salina, dados evidenciam que o maracujazeiro amarelo tolera a salinidade do solo em índices bem acima do admitido como danoso ($\text{CEes} > 1,3 \text{ dS m}^{-1}$) às plantas sensíveis (Cavalcante e Cavalcante, 2006). Os pesquisadores como Soares et al. (2002) trabalhando com águas de 1,0 a 8,0 dS m^{-1} , e Macedo (2006) com água de 3,6 dS m^{-1} , concluíram que a cultura se comporta como moderadamente tolerante aos sais.

3.5 Efeito da salinidade nas plantas

O excesso de sais presentes na água ou no solo pode oferecer alterações nas funções fisiológicas das plantas, em razão ao mecanismo de fechamento dos estômatos, que minimizem perdas de água por transpiração, como também diminuem o suprimento de CO₂ para as folhas, resultando em distúrbios das relações hídricas, alterações na absorção e utilização de nutrientes essenciais, além do acúmulo de íons potencialmente tóxicos, em especial, Na⁺ e Cl⁻ no metabolismo vegetal (Amorim et al., 2010).

O efeito da salinidade sobre as plantas é resultado de dois distintos componentes do estresse salino: o componente osmótico – resultante da elevada concentração de solutos na solução do solo, possibilitando um déficit hídrico pela redução do potencial osmótico; o componente iônico – decorrente dos elevados teores de Na⁺ e Cl⁻, e da alterada relação K⁺ /Na⁺ e outros nutrientes (Willadino e Camara, 2010).

O efeito negativo que os sais acarretam para as plantas pode ser provocado por três fatores. O primeiro é a dificuldade na absorção de água, pela presença de sais na solução do solo, reduzindo o potencial osmótico e, logo, do potencial hídrico do solo. O segundo é a toxicidade provocada por íons específicos, que acontece quando as plantas absorvem os sais do solo junto com a água, resultando toxidez por excesso de sais absorvidos. O terceiro é a interferência indireta dos sais nos processos fisiológicos da planta, quando as altas concentrações de cátions, sobretudo, de sódio, interferem nas propriedades físico químicas do solo, afetando a disponibilidade de outros elementos e, indiretamente, o desenvolvimento normal das plantas (Dias e Blanco, 2010).

Ramos et al. (2021) analisando águas com elevada concentração de sais (0,6 A 3,0 dS m⁻¹) e aplicação exógena do peróxido de hidrogênio - H₂O₂ (0, 15, 30 e 45 µM) observaram efeito negativo isolado da salinidade da água de irrigação a partir da concentração de 0,6 dS m⁻¹ nas trocas gasosas do maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado.

Andrade et al. (2019) ao investigarem a produção e a qualidade pós-colheita do maracujá genótipo ‘Guinezinho’ irrigado com salinidade de 0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m⁻¹ e aplicação exógena de H₂O₂ (0, 20, 40 e 60 µM) em ambiente protegido verificaram que, o incremento salino das águas de irrigação afetou de maneira negativa a produção e qualidade química dos frutos, sendo o número e peso médio de frutos as variáveis mais afetadas, e que a aplicação exógena de até 60 µM não mitigaram os efeitos deletérios da salinidade na cultura.

O estudo de Wanderley et al. (2020) sobre a formação de mudas de maracujazeiro amarelo irrigadas com águas salinas (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) e seis doses de adubação nitrogenada (60; 80; 100; 120 e 140% de 300 mg de N dm⁻³) tendo a ureia como fonte de nitrogênio, mostrou que os incrementos na salinidade da água de irrigação reduzem o acúmulo de biomassa e causam danos celulares, e que o aumento da dose de nitrogênio aumenta a área foliar específica, mas não oferece condições para reduzir os efeitos iônicos da salinidade da água em plantas de maracujazeiro.

3.5.1 Efeito Osmótico

O excesso de sais na água ou no solo promovem efeitos deletérios nas culturas, sendo o efeito osmótico um dos principais, proporcionando a restrição hídrica a partir da diminuição do potencial osmótico do solo, além da toxicidade específica de íons e deficiência nutricional nas plantas (Bonifácio et al., 2018).

Sob condições de cultivo em solo salino, mesmo existindo umidade adequada para suprir a demanda hídrica da cultura, os íons podem causar murchamento das folhas, e depois deixá-las opacas e com pontas cinzas. A salinidade provoca distúrbios fisiológicos e diminui o rendimento das culturas mais sensíveis (Zahra, Mahmood e Raza, 2020). Sais com base de íons de sódio tendem a causar maior toxicidade nas plantas, pois, os íons Na⁺ causam dificuldades em serem retirados nos vacúolos das células, em que o excesso de sais no solo rompe uma série de efeitos deletérios no sistema solo-planta, sendo o responsável pela redução na absorção de água e aumento na pressão osmótica. Em geral, o estresse hídrico e salino condiciona a seca fisiológica e a toxicidade iônica, que prejudica no rendimento das culturas.

Elevadas concentrações de sais na água e/ou no solo são consideradas fatores de estresse para as plantas, ocasionando a redução do potencial osmótico da solução do solo, limitando a disponibilidade de água e/ou pelo acréscimo excessivo de íons nos tecidos vegetais (especialmente Na⁺ e Cl⁻) (Machado e Serralheiro, 2017).

Condições em que a concentração salina é muito maior que a capacidade de tolerância da cultura pode dar origem a plasmólise, fenômeno provocado pelo movimento osmótico da água. Em condições menos severas de salinidade e com culturas mais tolerantes, a tendência é existir um ajuste osmótico (Dias et al., 2016).

A redução no teor relativo de água nos tecidos foliares está relacionada ao efeito osmótico resultante da salinidade da água de irrigação que causa distúrbios no balanço

hídrico da planta em razão da dificuldade na absorção de água pela planta (Barreiro Neto et al., 2017).

A redução no crescimento ainda pode estar associada aos efeitos osmóticos e tóxicos dos íons (Na^+ e Cl^-) que podem se concentrar nos tecidos do caule durante o crescimento das plantas (Alvarenga et al., (2019).

3.5.2 Efeito Tóxico

Devido ao acúmulo de elementos tóxicos em altas concentrações nos tecidos vegetais, alguns elementos são advindos da água de irrigação e do solo, que são absorvidos pelas plantas causando toxidez nas culturas (Silva et al., 2011).

A fotossíntese e a síntese de proteínas são fatores que sofrem bloqueio pelo acúmulo de íons tóxicos, tendo em vista que, ocorre também a inativação de enzimas e danos nos cloroplastos, que manifesta em folhas mais velhas que, por sua vez, acumulam os íons por um período mais longo e realizam a transpiração (Machado e Serralheiro, 2017).

As culturas comportam de formas diferentes a presença de determinados íons em excesso, na água de irrigação depende do nível de tolerância entre as espécies. Em condições de baixa tolerância ao efeito tóxico dos íons, origina-se a fitotoxicidade que ocorre quando os processos fisiológicos são afetados pela toxicidade de alguns elementos e causam desequilíbrio nutricional na planta. O efeito tóxico dos íons é iniciado a partir do acúmulo desses elementos no solo, sendo aglomerados no tecido vegetal da planta ao ponto de provocarem perdas no rendimento (Dias et al., 2016).

Os sintomas de toxidez por íons específicos nas folhas das plantas são relatados por Dias e Blanco (2016), sendo eles: a) o sintoma do cloreto é evidenciado pela queimadura do ápice das folhas, atingindo as bordas em estágios mais avançados, promovendo queda prematura; b) os sintomas típicos do sódio aparecem em forma de queimaduras ou necrose ao longo das bordas nas folhas mais velhas, progredindo na área interneval até o centro da folha à medida que se intensifica; c) os sintomas causados pelo boro na folha se resumem em manchas amarelas ou 29 secas nas bordas e no ápice das folhas velhas, se estendendo pelas áreas internevais até o centro da folhas.

3.5.3 Efeito Nutricional

Os autores Farias et al., (2009) afirmam que, os efeitos do excesso de sais solúveis na solução do solo, sobretudo, o Na e o Cl, provocam desequilíbrio nutricional ocasionando redução do desenvolvimento vegetal, em especial, nas espécies mais susceptíveis, estimulando distúrbios fisiológicos, além de reduzir a atividade dos íons em solução e alterar processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta, pois, em sua pesquisa com a *Gliricídia* verificaram reduções nos teores de N, P, K, Ca, Mg e S nas raízes e folhas em solução nutritiva contendo NaCl.

Em consequência dos íons de sódio e cloro na solução do solo o absorvimento radicular de nutriente, especialmente, K^+ e Ca^+ bloqueada por competição, interferindo assim nas funções fisiológicas da planta. (Coelho et al., 2017). Kato et al., (2018) afirmam que, a capacidade de alguns genótipos em manter altos teores de k e Ca e baixos níveis de Na^+ no tecido vegetal se dá por um mecanismo que contribui para expressar a tolerância das plantas quanto a salinidade.

Para a cultura do maracujazeiro amarelo, Wanderley et al., (2020) apontam que, o incremento na dose de nitrogênio acrescenta a área foliar específica, mas não oferece condições para reduzir os efeitos iônicos da salinidade da água no maracujá e que a dose de nitrogênio deve sofrer ajuste de acordo com o nível de salinidade aplicado, por causa da redução no crescimento da planta.

3.6 Biofertilizante de manipueira como atenuante do estresse salino

O Brasil se destaca como o segundo maior produtor de mandioca do mundo, com uma produção média superior a 18 milhões de toneladas, sendo a região Norte a maior produtora de mandioca, com aproximadamente seis milhões de toneladas (IBGE, 2020). A maior parte é destinada ao processamento para obter amido e farinha, o que gera grande produção de resíduos (manipueira).

A manipueira ou tucupi é um líquido leitoso de coloração amarelo-claro. A mandioca é cortada em pedaços pequenos e depois ralada e prensada. O aproveitamento da manipueira pode ter várias funções como: fertilizante, defensivo de insetos nas culturas, controle de parasitos externos nos animais e fonte de nutrientes para animais (Amaral, 2009). Tanto a mandioca quanto esse líquido contêm ácido cianídrico, venenoso e nocivo à alimentação humana e animal (EMBRAPA, 2023), de modo que é de suma importância seu tratamento, mas, seu reuso pode apresentar inúmeros benefícios econômicos e ambientais.

No entanto, o uso de fertilizantes minerais ainda impacta negativamente o meio ambiente, especialmente, pela salinização/sodificação do solo, prejudicando assim, o equilíbrio entre nutrientes, aumentando a salinidade e diminuindo o pH do solo, comprometendo o desenvolvimento das plantas. Na tentativa de reduzir custos e impactos ambientais, diversos estudos estão sendo realizados para investigar o efeito do uso de águas residuárias, como a manipueira na produção agrícola (Costa et al., 2021; Araújo et al., 2019; Ramos et al., 2018;), no entanto, ainda são incipientes os que se voltam para investigar seu potencial como agente elicitor dos efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação, ou seja, entender como o biofertilizante de manipueira age na defesa induzida do vegetal promovendo ou potencializando sua resposta às adversidades oriundas do estresse salino.

Segundo Marini e Marinho (2011), a manipueira apresenta potencial de uso para fertilização de plantas em cultivo orgânico, por conter macro e micronutrientes. A sua composição química sustenta a potencialidade do composto como adubo, por ser rica em potássio, nitrogênio, magnésio, fósforo, cálcio, e enxofre, além de ferro e micronutrientes em geral (Pantaroto e Cereda, 2001).

Assim, Silva et al. (2018) ao investigarem o crescimento inicial do maracujazeiro irrigado com águas salinas (0,3; 1,3; 2,3; 3,3; 4,3 dS m⁻¹) e aplicação de três tipos de adubação orgânica (bovino, caprino e de aves) observaram que, o esterco caprino favoreceu o crescimento das mudas de maracujazeiro amarelo aos 60 dias após a semeadura.

Já Altaey (2017) analisou a tolerância do pimentão cv. RIDA irrigado com águas com condutividade elétrica de 1,2 dSm⁻¹ e 6,0 dS m⁻¹, níveis de adubação orgânica como fonte esterco de aves (10 e 30%) e aplicação exógenas de concentrações de giberelina (GA) (0, 250 mg/L), e notaram que foi possível mitigar os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação com a aplicação exógena de giberelinas aglutinado a uma fonte de adubação orgânica (esterco de aves), melhorando a tolerância do pimentão ao estresse abiótico causado pela irrigação com águas salinas.

O uso de águas salinas, com PST – porcentagem de sódio trocável (13,6; 22,4; 30,1; 39,0 e 48,0%) e doses de matéria orgânica (0; 5; 10 e 15% em base volume de solo) no cultivo do algodoeiro cv. BRS Topázio, apontou que o nível de esterco bovino de 10% atenuou o efeito do sódio trocável sobre a área foliar, fitomassa seca da parte aérea e massa de semente do algodoeiro, respectivamente, sob PST de 31, 48 e 48%, já o diâmetro de caule, a altura da planta e a massa tiveram incremento até o nível de esterco

de 15%, já o maior índice de fiabilidade foi obtido sob 9% de esterco bovino (Dias et al., 2016).

Souza et al. (2018) ao analisarem o efeito de níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (1,7; 3,4; 5,1 e 6,8 dS m⁻¹) e doses de esterco bovino (0; 2,5; 3,5 e 4,5% em base do volume de solo) no cultivo no algodoeiro cv. BRS Jady constataram que, a adição de matéria orgânica promove acréscimos no crescimento e produção do algodoeiro, especialmente, na massa de algodão em caroço, de modo que doses crescentes de matéria orgânica atenuaram o efeito da salinidade da água de irrigação sobre o número de capulhos do algodoeiro.

Os efluentes da digestão anaeróbica possuem potencialidade como biofertilizantes, devido sua alta concentração de nutrientes. No entanto, quando eles não são tratados e aplicados no solo, seu alto conteúdo orgânico no resíduo e ácidos acabam por impactar negativamente solo e corpos hídricos sob sua biodiversidade (Ribas et al., 2010).

A eliminação desses resíduos diretamente no solo e em corpos hídricos causam sérios impactos ambientais negativos sobre a água e o solo. Por isso, práticas sustentáveis podem vir a contribuir para aplicação desses resíduos como insumos nos processos de produção e fertilização do solo, o que permite uma maior eficiência na integração de diversas atividades agrícolas, bem como a mitigação desses impactos ambientais negativos, destinando esse efluente a um descarte ambientalmente correto (Bezerra et al., 2017).

Segundo Barana (2008), o potencial poluidor da manipueira bruta em comparação ao esgoto doméstico é considerável, por meio do qual a DQO (Demanda Química de Oxigênio) da manipueira bruta é de 50.000 mgL⁻¹, enquanto que o esgoto doméstico bruto apresenta DQO de 2.000 mgL⁻¹, evidenciando o potencial poluidor desse tipo de efluente, em que os corpos hídricos não têm capacidade de depurar tais resíduos em altas concentrações de matéria orgânica. A manipueira possui além da alta DQO, altas concentrações de glicosídeos cianogênicos altamente hidrolisáveis, em especial, a linamarina e lotaustralina, a primeira em maiores concentrações (Teixeira et al., 2011).

Para Duarte et al. (2013), o impacto ambiental causado pela manipueira está relacionado ao seu poder poluidor por causa da sua concentração de carboidratos solúveis que são rapidamente degradados em ácidos orgânicos, bem como pela sua toxicidade causada pela presença de glicosídeos cianogênicos, que por meio de processos enzimáticos liberam ácido cianídrico, que é tóxico para as plantas e animais.

No Nordeste do Brasil, a maioria das águas residuais da mandioca são geradas em pequenas instalações e despejadas diretamente no solo, causando inconvenientes estéticos e ambientais nas proximidades dos moinhos de farinha (Sanchez et al., 2017).

No entanto, a água residual de mandioca ou manipueira possui composição química com grande potencial para ser usado como biofertilizante, devido suas altas concentrações de nitrogênio (N) ($3064,0 \text{ mg L}^{-1}$), fósforo (P) ($312,0 \text{ mg L}^{-1}$), potássio (K) ($3200,0 \text{ mg L}^{-1}$), cálcio (Ca) ($241,9 \text{ mg L}^{-1}$) e magnésio (Mg) ($1588,2 \text{ mg L}^{-1}$) (Dantas et al., 2015) e menores teores de micronutrientes.

O potássio ajuda a mitigar o estresse salino que acompanha o dano induzido pelo estresse oxidativo, regulando positivamente o mecanismo de eliminação de espécies reativas de oxigênio, a exemplo do peróxido de hidrogênio, limitando o dano da membrana. O K^+ mitiga o estresse osmótico por meio de osmólitos inorgânicos e orgânicos aprimorados, que culmina na reversão da redução da eficiência fotossintética de plantas estressadas por sal (Kumari et al., 2021).

O ecossaneamento ou saneamento ecológico envolve o reaproveitamento de resíduos ricos em nutrientes essenciais para as plantas, de modo que o descarte ambientalmente adequado desses resíduos evita a contaminação do solo e corpos hídricos, reduzindo assim, o impacto ambiental. A incorporação de águas residuais tratadas no solo ou outros substratos agrícolas para fins de fertilização é uma alternativa promissora do ponto de vista da sustentabilidade e conservação ambiental com o fechamento do ciclo, em que não existe perda de matéria ou energia como acontece no saneamento convencional (Prado et al., 2019).

Sobre o tema, diversos estudos foram realizados apontando a potencialidade da manipueira como excelente fonte de nutrientes para as plantas como biofertilizante (Costa et al., 2021; Araújo et al., 2019b; Dantas et al., 2017; Bezerra et al., 2017), no entanto, ainda não são encontradas na literatura pesquisas que investiguem seu potencial elicitador de estresse salino por possuir elementos nutrientes essenciais as plantas, principalmente, o potássio que é um antagônico elemento tóxicos para plantas presentes na água de irrigação, a exemplo do sódio, como é o caso das regiões de clima semiárido. Sendo assim, é muito importante a realização de estudos, no intuito de viabilizar alternativas que contribuam para a mitigação dos problemas advindos pela salinidade na cultura, sendo de baixo custo de aquisição, além do seu positivo impacto ambiental, social e econômico.

4 REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2018: Anuário da Agricultura Brasileira. 23. ed. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos, 2018. 458 p.
- Altaey, D. K. A. Alleviation of salinity effects by poultry manure and gibberellin application on growth and peroxidase activity in pepper. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, v. 2, n. 4, p. 238861, 2017.
- Alvarenga, C. F de S.; Silva, E. M. da; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S. de.; Silva, L. de A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. *Revista de Ciências Agrárias*, v.42, n.1, p.191-205, 2019.
- Amaral, A. M. M. Receitas práticas para uso da manipueira, 2009. COOPAGRO (Cooperativa de Serviço Técnico do Agronegócio). Disponível em: <<http://coopagro.coop.br>>. Acesso em: 20 de maio de 2023.
- Amorim, A.V.; Gomes Filho, E.; Bezerra, M. A.; Prisco, J. T.; Lacerda, C. F. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, p: 113 – 121, 2010.
- Andrade, E. M., Lima, G. S. D., de Lima, V. L., Silva, S. S. D., Gheyi, H. R., & da Silva, A. A.. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H₂O₂ application. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.12, p.945-951, 2019.
- Andrade, E. M. G.; Lima, G. S.de; Lima, V. L. A.de; Silva, S. S.; Gheyi, H. R., Araújo, A. C.; Lauriane, A. D. A. dos. Production and postharvest quality of yellow passion fruit cultivated with saline water and hydrogen peroxide. *AIMS Agriculture and Food*, v. 4, n.4, p. 907, 2019.
- Araújo, S. D. A região semiárida do nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. *Rios Eletrônica-Revista Científica da FASETE*, v. 5, n. 5, p. 89-98, 2011.
- Barana, A C. Despoluição da manipueira e uso em fertilização do solo. I Simpósio Nacional sobre a Manipueira. Vitória da Conquista-Bahia, 2008.
- Bezerra, A. K. P., Lacerda, C. F. D., Hernandez, F. F. F., Silva, F. B. D., Gheyi, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. *Ciência Rural*, v. 40, p. 1075-1082, 2010.

- Bonifácio, B. F.; Nobre, R. G.; Sousa, A. dos S.; Gomes, E. M.; Silva, E. M. da; Sousa, L. P. Efeitos da adubação potássica e irrigação com águas salinas no crescimento de portaenxerto de goiabeira. *Revista de Ciências Agrárias*, v.41, n.4, p.101-110, 2018.
- Carmo, G. A.; Oliveira, F. R. A.; Medeiros, J. F.; Oliveira, F. A.; Campos, M. S.; Freitas, D. C. Teores foliares, acúmulo e partição de macronutrientes na cultura da abóbora irrigada com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.5, p.512-518, 2011.
- Cavalcante, A. R.; Santos, J. A.; Furtado, G. D. F.; Chaves, L. H. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do pimentão hidropônico sob salinidade e densidades de plantio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, p.3-8, 2019
- Cavalcante, L. F.; Cavalcante, I. H. L. Uso da água salina na agricultura. In: Cavalcante, L. F.; Lima, E. M (Eds). *Em algumas frutíferas tropicais e a salinidade*. Jaboticabal: FUNEP, p. 1-18, 2006.
- Cervi, A. C.; Milward-de-Azevedo, M. A.; Bernacci, C. Passifloraceae. Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em <<http://floradobrasil2015.jbrj.gov.br/FB123052>>. Acesso em: 20 de mar 2023.
- Coelho, D. S.; Simões, W. L.; Salviano, A. M.; Souza, M. A. de; Santos, J. E de. Acúmulo e distribuição de nutrientes em genótipos de sorgo forrageiro sob salinidade. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.16, n.2, p.178192, 2017.
- Costa, A. G.; Cova, A. M. W.; Souza, L. D. S.; Xavier, F. A. D. S.; Correia, M. R. S.; Gonçalves, D. R.; Almeida, W. F. D. Use of cassava wastewater in *Capsicum chinense* production, *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 50, p.9, 2021.
- Cruz, B.C.C.; Santos- Cruz, C.L.; Pires, A.J.V.; Bastos, M.P.V.; Santos, S.; Rocha, J.B. Silagens de capim elefante com diferentes proporções de casca desidratada de maracujá em dietas de cordeiros Santa Inês. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v.12, n.1, p.107-116, 2011.
- Cunha, M.A.P; Barbossa, L.V.; Aspectos botânicos. In: Maracujá. Produção: aspectos técnicos. LIMA, A.A. (ed.). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002a. cap. 3, p. 11-14.
- Dantas, M. S.; Rolim, M. M.; Duarte, A. S. de.; Pedrosa, E. M.; Tabosa, J. N.; Dantas, D. C. Crescimento do girassol adubado com resíduo líquido do processamento de mandioca. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 19, n. 4, p.350-357, 2015.

- Dias, A. S.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de.; Gheyi, H. R.; Pinheiro, F. W. A. Crescimento e produção de algodoeiro de fibra colorida cultivado em solo salino-sódico e adubação orgânica. *Irriga*, v. 1, n. 1, p. 260-260, 2016.
- Dias, N. S.; Blanco, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In.: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza-CE, INCTSal., p. 133- 144, 2010.
- Duarte, A. de S.; Rolim, M. M.; Silva, Ê. F. de F. e; Pedrosa, E. M. R.; Albuquerque, F. da S.; Magalhães, A. G. Alterações dos atributos físicos e químicos de um Neossolo após aplicação de doses de manipueira. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.9, p.938-946, 2013.
- EMBRAPA. Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimentos. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/75085849/ciencia-e-tecnologia-tornaram-o-brasil-um-dos-maiores-produtores-mundiais-de-alimentos>>. Acesso em: 28/05/2023.
- EMBRAPA. Manipueira um líquido precioso. Disponível <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18147209/manipueira-um-liquido-precioso#:~:text=A%20manipueira%20%C3%A9%20o%20liquido,%C3%A0%20alimenta%C3%A7%C3%A3o%20humana%20e%20animal>>. Acesso 23/01/2023.
- Esashika, D. A. D. S.; Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V. Phenology of the production of flowers and fruits of wild and hybrid species of the genus *Passiflora*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 40, n. 2, 2018.
- Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V. (Ed.). Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p.341.
- Faleiro, F.G. Junqueira, N.T.V.; Costa, A.M.; Jesus, C.F. Maracujá. In: Burle, M. L.; Faleiro, F.G. (ed). Maracujá: *Passiflora* spp. Argentina: IICA, PROCISUR, 2017. p.31.
- Faleiro, F.G.; Oliveira, J.S.; Junqueira, N.T.V. Banco Ativo de Germoplasma de *Passiflora* 'Flor da Paixão': aspectos históricos e a importância da conservação e caracterização de recursos genéticos. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p.11-22.
- FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2010. Agricultura. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 23 de janeiro de 2023.

- Farias, S. G. G. et. al. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de *Gliricídia* (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunt ex Steud) em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 1499-1505, 2009.
- Freire, J. O.; Cavalcante, L. F.; Rebequi, A. M.; Dias, T. J.; Nunes, J. C.; Cavalcante, I. H. L. Atributos qualitativos do maracujá amarelo produzido com água salina, biofertilizante e cobertura morta no solo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 5, n. 1, p. 102-110, 2010.
- Giannini, T. C., Alves, D. A., Alves, R., Cordeiro, G. D., Campbell, A. J., Awade, M., Bento, J. M. S., Saraiva, A. M., Imperatriz-Fonseca, V. L. Unveiling the contribution of bee pollinators to Brazilian crops with implications for bee management. *Apidologie*, v. 51, p. 406-421, 2020.
- Instituto de Geografia e Estatística - IBGE. Produção Agrícola Municipal Lavouras Permanentes 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 25 de janeiro 2023.
- Ishimoto, F. Y.; Harada, A.I.; Branco, I.G. Aproveitamento Alternativo da Casca do Maracujá-Amarelo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Deg.) para Produção de Biscoitos. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, Santa Cruz, v.9, n. 2, 2007.
- Jiang, J.; Huo, Z.; Feng, S.; Zhang, C. Effect of irrigation amount and water salinity on water consumption and water productivity of spring wheat in Northwest China. *Field Crops Research*, v. 137, p. 78-88, 2012.
- Kato, D. S.; Silva, C. M.; Higuchi, M. T.; Bauchrowitz, I. M.; Santos Neto, J.; Shimizu, G. D.; Oliveira, A. F. Produção de mudas de maracujá amarelo submetidas a doses crescentes de adubação de liberação lenta. *Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa*, v. 34, n. esp., p. 310-320, 2018.
- Klein, A. M., Freitas, B. M., Bomfim, I. G., Boreux, V., Fornoff, F., Oliveira, M. A. Polinização Agrícola por Insetos no Brasil. Um Guia para Fazendeiros, Agricultores, Extensionistas, Políticos e Conservacionistas. Freiburg: Nature Conservation and Landscape Ecology, Albert-Ludwigs University Freiburg, 2020.
- Kumari, S.; Chhillar, H.; Chopra, P.; Khanna, R. R.; Iqbal, M.; Khan, R. Potassium: A track to develop salinity tolerant plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 167, p. 1011-1023, 2021.
- Lima, G. S. de.; Dias, A. S.; Souza, L. D. P.; Sá, F. V. D. S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Effects of saline water and potassium fertilization on photosynthetic pigments,

- growth and production of west Indian cherry. *Revista Ambiente e Água*, v.13, p.1-12, 2018.
- Machado, R. M. A.; Serralheiro, R. P. Effect on vegetable crop growth: Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae*, v.30, n.2, p.1-13, 2017.
- Manica, I.; Botânica e variedades. Fruticultura tropical: maracujá. In: MANICA, I. (ed.). São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 160p.
- Marini, F. S.; Marinho, C. S. Adubação complementar para a mexeriqueira 'Rio' em sistema de cultivo orgânico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.5, p.562-568, 2011.
- 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. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 1992, 173p.
- Mezzonato-Pires, A. C.; Salimena, F. R. G.; Bernacci, L. C. *Passifloraceae* na Serra Negra, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, v. 64, n.1, p.123-136, 2013.
- Munns, R.; Husain, S. Rivelli, A. R.; Richard, A. J.; Condon, A. G.; Megan, P. L.; Evans, S. L.; Schachtman, D. P.; Hare, R.A. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. *Plant and Soil*, v.247, p. 93-105, 2002.
- Nava, D. E. Perspectivas do sistema de manejo integrado de mosca das frutas: um caminho para o desenvolvimento sustentável da fruticultura no Brasil. In: Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (Alice). Congresso Brasileiro de Fitossanidade, 5, 2019; Curitiba. Anais... Curitiba: CONBRAAF, 2019.
- Nunes, J. C.; Cavalcante, L. F.; Pereira, W. E.; Souza, J. T.; Almeida, D. J. de.; Oresca, D.; Fernandes, P. D. Gas exchange and productivity of yellow passion fruit irrigated with saline water and fertilized with potassium and biofertilizer. *Ciencia e Investigación Agraria*, v.44, n.2, p.168-183, 2017.
- Oliveira Junior, L. D. de. Tratamento pré-germinativo de sementes florestais com peróxido de hidrogênio. Lavras: UFLA, 2017, 173p. Dissertação de mestrado.
- Oliveira, F. A.; Oliveira, M. K. T.; Silva, R. C. P.; Silva, O. M. dos P.; Maia, P. de M. E.; Cândido, W. dos S. Crescimento de mudas de moringa em função da salinidade da água e da posição das sementes nos frutos. *Revista Árvore*, v.37, n.1, p.79- 87, 2013.
- Veras, P. V., Júnior, M. V., de Sousa Lima, L. S., Rocha, J. P. A., Demontiezo, F. L. L., Aragão, M. F. Avaliação de crescimento de cultivares de beterraba de mesa sob

- diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 11, n. 2, p. 1271, 2017.
- Pantaroto, S., Cereda, M. P. Linamarina e sua decomposição no ambiente. *Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca*, v. 4, p. 38-47, 2001.
- Pazdiora, R.D., Pazdiora, B.R.C.N., Queiros, E. O., Mendonça, T. O., Cândido, F. S., Anjos, M. M. A., Matos, I. J. R., Andreilino, A. L. S. Substituting corn grain for passion fruit peels in feed for confined sheep. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 22, 2021.
- Pires, M. M.; Gomes, A.S.; Midlej, M.M.B.C.; São José, A.R.; Rosado, P.L.; Passos, H.D.B. Caracterização do mercado de maracujá. *Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade*. Ilhéus, Editus, p. 21-67, 2011.
- Prado, C. A.; Giron, M. P. B.; Mendes, F. G.; Alcântara, M. A. K. D.; Izário Filho, H. J. Evaluation of the use of fertilizer obtained from pharmaceutical effluent. *Revista Ambiente e Água*, v. 14, 2019.
- Ramos, J. G.; Lima, G. S. de.; Lima, V. L. A. de.; Silva Paiva, F. J.da.; Nunes, K. G., Pereira, M. de O.; Saboya, L. M. F. Foliar application of H₂O₂ as salt stress attenuator in ‘BRS Rubi do Cerrado’ sour passion fruit. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 42, n. 4, p. 2253-2270, 2021.
- Reis, J. dos; Tiesenhausen, I. M. E.V. Von.; Paiva, P. C.A; Resende, C.A.R.; Santos, M.S.A. Composição química e digestibilidade de silagem de residuo de maracujá, de capim elefante “cameroon” e de suas misturas. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30, Rio de Janeiro, 1993. Anais. Rio de Janeiro: SBZ, 1993. p.483.
- Ribas, M.M.F.; Cereda, M.P.; Villas-Bôas, R.L. Uso de águas residuais de mandioca tratadas anaerobicamente com agentes alcalinos como fertilizantes para milho (*Zea mays* L.). *Arquivos Brasileiros de Biologia e Tecnologia*, v.53, n.1, p.55-62, 2010.
- Rodrigues, L. M. A cultura do maracujazeiro como alternativa de renda para os produtores da região de Esplanada (BA). Paripiranga: UniAGES, 2021. 62p. Monografia.
- Sánchez, A. S.; Silva, Y. L.; Kalid, R. A.; Cohim, E.; Torres, E. A. Waste bio-refineries for the cassava starch industry: new trends and review of alternatives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 73, n. 1, p. 1265-1275, 2017.
- Santos, D. N. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v. 14, n. 5, p. 492-500, 2010.

- Santos, R. T. S.; Biasoto, A.C. P.; Rybkab, C. D. C.; Castro, S. T.; Aidarb, G. C., Borges, F. L. H. Physicochemical characterization, bioactive compounds, in vitro antioxidant activity, sensory profile and consumer acceptability of fermented alcoholic beverage obtained from Caatinga passion fruit (*Passiflora cincinnata* Mast.). *Lwt - Food Science and Technology*, v. 1, p. 111714, 2021.
- Santos, S. M.; Paiva, A. L. R.; Silva, V. F. Qualidade da água em barragem subterrânea no semiárido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.10, n.3, p.651-662, 2016.
- Silva, W. C. Respostas do feijão-caupi à diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses de biofertilizante. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2016. 73p. Dissertação (Mestrado).
- Silva, I. R. J.; Jardim, A. M. da R. F.; Barroso Neto, J.; Leite, M. L. de M. V. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, v.11, n.3, p.127-139, 2018.
- Silva, J. G.; Barros, G. N. S.; Nobre, R. G. Fontes de adubação orgânica e níveis salinos no crescimento inicial de maracujazeiro. In **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215, v.14, n.4, p. 58-66.
- Siqueira, G.B.; Alcalde, Alcalde, C. R., Bertipaglia, L. M. A., Andrade, P. de. Utilização de resíduo de maracujá e silagens de híbridos de milho, na terminação de bovinos de corte em confinamento. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.21, n.3, p.749-753, 1999.
- Souza, L. D. P.; Lima, G. S. de.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Soares, L. A. dos A. Emergence, growth, and production of colored cotton subjected to salt stress and organic fertilization. **Revista Caatinga**, v. 31, n.3, p. 719-729, 2018.
- Teixeira, S. T.; Alves, L. S.; Silva, A. L. F; Álvares, V. S.; Felisberto, F. Á. V. Reciclagem agrícola de manipueira e casca de mandioca. EMBRAPA - Comunicado Técnico 179, 6 p. Rio Branco, AC, 2011.
- Vanderplank, T.; *Passion flowers*. Cambridge Press, MIT, 224p., 1996.
- Wanderley, J. A. C.; Brito, M. E. B.; Azevedo, C. A. V. de.; Silva, F. D. C.; Ferreira, F. N.; Lima, R. F. D. Cell damage and biomass of yellow passion fruit under water salinity and nitrogen fertilization, *Revista Caatinga*, v. 33, n.3, p. 757-765, 2020.
- Wanderley, J. A.; Azevedo, C. A. de.; Brito, M. E.; Cordão, M. A.; Lima, R. F. D.; Ferreira, F. N. Nitrogen fertilization to attenuate the damages caused by salinity on yellow passion fruit seedlings. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n. 8, p. 541-546, 2018.

- Wanderley, J. A.; Azevedo, C. A. de.; Brito, M. E.; Ferreira, F. N.; Cordão, M. A.; Lima, R. F. D. Gas exchange in yellow passion fruit under irrigation water salinity and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 26, n. 2, p.135-141, 2022.
- Willadino, L., Camara, T. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. *Enciclopédia biosfera*, v. 6, n. 11, 2010.
- Zahra, N.; Raza, Z. A.; Mahmood, S. Effect of Salinity Stress on Various Growth and Physiological Attributes of Two Contrasting Maize Genotypes. *Brazilian Archives Of Biology And Technology*, v. 63, p. 1-12, 2020.

CAPÍTULO II

MATERIAL E MÉTODOS

1 MATERIAL E MÉTODOS

1.1 Localização e caracterização da área experimental

A pesquisa foi desenvolvida entre os meses de outubro de 2022 e julho de 2023 em lisímetros de drenagem sob condições de casa de vegetação, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada em Campina Grande, PB, nas coordenadas geográficas de 07°15'18" S, 35°52'28" W e altitude média de 550 m no período de junho de 2022 a janeiro de 2023. De acordo com a classificação climática Köppen, a região possui clima com temperaturas mais moderadas, tropical com estação seca do tipo *As*, com a estação chuvosa se iniciando em maio com término em setembro, podendo se estender até outubro (Azevedo et al., 2015).

Para pesquisa foram necessárias duas etapas em sucessão, sendo a primeira correspondente a fase de formação de mudas do maracujazeiro Sol do Cerrado F1 até os 83 dias após a semeadura (DAS); já a segunda etapa, corresponde a fase pós-transplântio das mudas nos lisímetros.

Todos os dias às 9:00 h da manhã foi feita a verificação das temperaturas mínimas e máximas, bem como da umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação com auxílio de um termohigrógrafo.

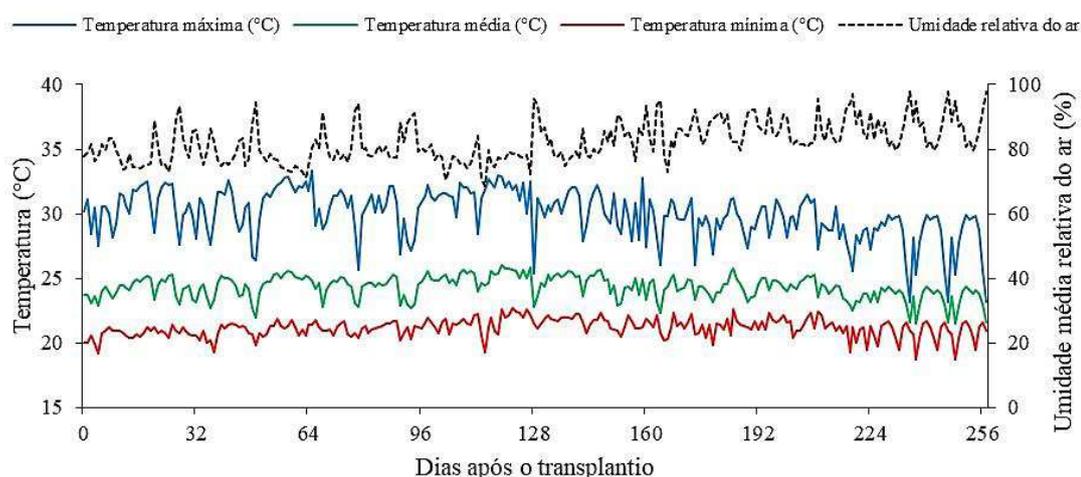


Figura 1. Temperatura do ar (máxima e mínima) e umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante o período experimental.

1.2 Etapa I: Formação de mudas

1.2.1 Instalação e condução do experimento

A escolha da cultivar de maracujazeiro BRS Sol do Cerrado F1 se deu por ela apresentar frutos amarelos brilhantes, grandes, com formatos oblongos, afilados no ápice e mais arredondados na base, sendo excelente pós-colheita, o que garante maior tempo de prateleira. Além disso, pesam de 150 a 350 g, apresentam rendimento de polpa em torno de 38 %, e teor de sólidos solúveis de 13 a 14° Brix. Com base nas áreas de avaliação, há indicadores da adaptação desse híbrido na altitude de 376 a 1.100 m, latitude de 9° a 23°, plantio em qualquer época do ano (quando irrigado), em diferentes tipos de solo e com produção durante o ano todo, porém a floração é maior no período seco. A produção pode ser destinada para o mercado fresco e também para a indústria. E possui tolerância a bacterioses, antracnose e virose (EMBRAPA, 2008).

A semeadura ocorreu em sacolas plásticas com capacidade de 3 kg, perfuradas na lateral para permitir a livre drenagem, preenchidas com substrato, constituído da mistura de 84% de solo da região semiárida do Estado da Paraíba (devidamente destorroado e homogeneizado; 15% de areia lavada e 1% (em base de volume) de composto orgânico (húmus de minhoca) até 2,7 dm³. Após a preparação do substrato, ele foi colocado em capacidade de campo usando água de abastecimento local (CEa = 0,4 dS m⁻¹). Para obtenção das mudas foram semeadas 3 sementes por sacola com uma profundidade de 2 cm (Figura 2). Após 9 dias deu-se início a germinação e a emergência das plântulas. O desbaste se deu quando as mudas atingiram 5 cm de altura, deixando apenas a planta mais vigorosa por sacola (Figura 2).



Figura 2. Início da germinação, emergência das plântulas e após o desbaste. Fonte: Arquivo pessoal.

As irrigações no período de produção de mudas foram feitas diariamente com água de abastecimento de CEa de $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ com aplicação em cada sacola plástica de um volume de água para ser possível manter a umidade do solo próxima a capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, por meio de lisimetria de pesagem.

Na etapa de formação das mudas, as adubações foram compostas por nitrogênio, fósforo e potássio baseadas na metodologia proposta por Novais et al. (1991), por meio da qual, a fonte de nitrogênio foi a ureia (45% de N), para fonte de fósforo superfosfato simples (18% de P_2O_5) e do potássio foi cloreto de potássio (60% de K_2O) e micronutriente, seguindo um cronograma semanal até o transplante para os lisímetros de drenagem.

Ao completar 83 dias após a emergência das mudas quando, em geral, atingem de 15 a 30 cm, elas foram transplantadas para os lisímetros de drenagem dando início a segunda etapa do experimento (Figura 3).



Figura 3. Desenvolvimento das mudas até o transplântio. Fonte: Arquivo pessoal.

1.3 Etapa II: Transplântio das mudas para os lisímetros de drenagem

1.3.1 Delineamento experimental e tratamentos

A pesquisa foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, com cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa ($0,9$; $1,8$; $2,7$; $3,6$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$) consideradas as parcelas e quatro doses de

manipueira – DM% (50, 75, 100 e 125% da recomendação de potássio), as subparcelas, com três repetições e uma planta por parcela, totalizando 60 unidades experimentais. As doses de biofertilizante de manipueira tiveram como base a recomendação de Novais et al. (1991), a partir das doses foram calculados os volumes que foram expressos em g/l e no preparo das águas de irrigação foi considerada a relação entre CEa e a concentração de sais (Richards, 1954).

1.3.2 Instalação e condução do experimento

No cultivo das plantas foram escolhidos os lisímetros de 70 cm de altura, diâmetro do fundo de 57 cm e abertura superior de 57 cm e preenchidos com uma camada de 0,5 kg de brita 0 seguida de 250 kg de material de solo representativo da região semiárida do Estado da Paraíba. Já o solo foi coletado na profundidade de 0-30 cm (horizonte A) (devidamente destorroado e homogeneizado). Cada um perfurado na base e acoplado um dreno. A extremidade do dreno dentro do lisímetro foi envolvida com uma manta geotêxtil não tecida (Bidim) para evitar a obstrução do mesmo. Na extremidade externa de cada dreno inserida uma garrafa plástica de 2 litros para a coleta da água drenada, estimativa do consumo de água pela planta e determinação da condutividade elétrica (CE).

Antes de iniciar o experimento foi necessária uma análise do solo para determinação dos parâmetros químicos e físico-hídricos no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola/UFCG.

O material de solo usado no preenchimento dos lisímetros foi um Neossolo Regolítico de textura franco-arenosa (profundidade de 0-30 cm), procedente do município de Lagoa Seca - PB. Os atributos químicos e físicos do solo (Tabela 1) foram determinados conforme metodologia proposta por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos

Características químicas									
pH (H₂O) (1:2, 5)	M.O (dag kg⁻¹)	P (mg/10g)	K⁺	Na⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺ + H⁺	PST (%)	CEes (dS m⁻¹)
		(cmolc kg ⁻¹)						
7,64	0,84	0,01	0,60	0,10		3,65	0,00	0,88	
				6,91					
Características físico- hídricas									
Fração granulométrica (%)			Classe Textural	Umidade (kPa)	AD	Porosidade total (%)	DA	DP	
				33,44	1519,9				
			(dag kg ⁻¹).....					
Areia	Silte	Argila							
60,66	28,17	11,17	FA	17	7,36	9,78	56,60	1,15	2,65

M.O. – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄Oac 1 M pH 7,0; Al³⁺ e H⁺ extraídos com CaOAc 0,5 M pH 7,0; PST- Percentagem de sódio trocável; CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA- Densidade aparente; DP- Densidade de partículas; * - Capacidade de campo; ** - Ponto de murchamento

O transplântio das mudas (Figura 4) para os lisímetros transcorreram em outubro de 2022; durante o período de aclimação das mudas na casa de vegetação, as plantas foram irrigadas com água de baixa salinidade (0,4 dS m⁻¹) e no dia 04 de novembro, aos 18 dias após o transplântio iniciou-se as adubações com doses de manipueira, logo após, no dia 11 de novembro aos 25 dias após o transplântio as aplicações de água de irrigação.

A adubação seguiu conforme São José (2000), ou seja, 100 g de superfosfato simples (18,9% de P₂O₅) na fundação, e parte em cobertura com o fosfato monoamônico (MAP) (12% de N, 50% de P₂O₅) por planta, como fonte de nitrogênio a ureia e de potássio o biofertilizante de manipueira. As adubações com NPK foram parceladas em 14 vezes e aplicadas quinzenalmente via fertirrigação. E também quinzenalmente, aplicada uma solução Dripsol® micro para suprir a exigência de micronutrientes na concentração de 1,0 g L⁻¹, contendo: (Mg (1,2%), B (0,85%), Fe (3,4%), Zn (4,2%), Mn (3,2%), Cu (0,5%), Mo (0,06%), via foliar nas faces adaxial e abaxial, por meio de um pulverizador costal.



Figura 4. Transplântio das mudas de maracujazeiro para os vasos adaptados como lisímetros de drenagem. Fonte: Arquivo pessoal.

O espaçamento foi de 2,20 m entre fileiras e 1,50 m entre plantas por meio do sistema de espaldeira com arame liso nº 14, instalado dentro da casa de vegetação (Figura 5), a 2,40 m do piso e 1,60 m do solo do lisímetro. Essa espaldeira tem como objetivo a sustentação das plantas de maracujazeiro, em que para a condução da planta até a espaldeira foram usados fitilho de polipropileno de 10 mm.



Figura 5. Maracujazeiro tutorado nos lisímetros de drenagem aos 11 dias após o transplântio. Fonte: Arquivo pessoal.

Quando as plantas atingiram 10 cm acima da espaldeira foi efetuada a poda da gema apical (Figura 6), para estimular a produção dos ramos secundários, que foram conduzidos um para cada lado até o comprimento de 0,75 m. Após os ramos secundários atingirem tal comprimento, foi realizada uma nova poda da gema apical visando a emissão dos ramos terciários, que foram conduzidos até 30 cm do solo, após atingir essa altura realizou-se a poda com o intuito de evitar o contato dos ramos terciários com o solo, os quais formaram uma cortina (Figura 7) emitindo inflorescências, dando origem aos frutos. Após a poda, as injúrias causadas foram tratadas com pasta de calda bordalesa com o propósito de evitar o provável ataque de patógenos.



Figura 6. Planta com a primeira poda da gema apical e com os ramos laterais. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 7. Emissão de ramos terciários do maracujazeiro com formação de uma cortina. Fonte: Arquivo pessoal.

1.3.3 Preparação das águas salinas e irrigação

Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação foram preparados de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1 na relação entre Na:Ca:Mg, a partir dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, respectivamente, se ajustando às concentrações da água de abastecimento disponível. Essa proporção de sais é comumente encontrada em fontes de águas para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (Medeiros et al., 1992). Sendo assim, no preparo das águas de irrigação foi considerada a relação entre CEa e a concentração de sais extraída de Richards (1954), conforme a Eq. 1:

$$C = 10 \times CEa \quad (1)$$

Em que:

C = Concentração de sais a ser aplicado (mmol_c L⁻¹);

CEa = Condutividade elétrica da água (dS m⁻¹).

A irrigação com águas salinas teve início aos 12 dias após o transplântio (DAT), durante o período as plantas foram irrigadas com água de baixa condutividade elétrica (0,4 dS m⁻¹).

Após o transplântio, a irrigação ocorreu diariamente com aplicação de água em cada lisímetro conforme tratamento, de forma a manter a umidade do solo próxima a capacidade de campo e evitar o acúmulo excessivo de sais no solo, sendo a quantidade a ser aplicada de acordo com a necessidade hídrica das plantas, cujo volume de água a ser aplicado nas plantas determinado pela Eq. 2:

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{(1 - FL)} \quad (2)$$

Onde:

VI = Volume de água a ser usado no próximo evento de irrigação (mL);

Va = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL);

Vd = Volume de drenado (mL) e

FL = fração de lixiviação de 0,20 (Ayers & Westcot 1999).



Figura 8. Preparação das águas salinas em caixa de polietileno 500 l. Fonte: Arquivo pessoal.

No decorrer do experimento todo o volume de água aplicado e drenado serviu para determinação do consumo hídrico do maracujazeiro. Além disso, foi mensurada a condutividade elétrica da água drenada, cujos valores podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Consumo hídrico de maracujá e condutividade elétrica média da água drenada (CEad) por planta durante a condução do experimento (226 dias após transplântio), para os diferentes tratamentos de salinidade da água de irrigação (CEa).

CEa (dS m ⁻¹)	Consumo hídrico (L por planta)	Consumo hídrico* (mm por planta)	CEad (dS m ⁻¹)
0,9	754,4	2100	9,77
1,8	661,6	1874	10,92
2,6	568,8	1611,3	9,77
3,6	476	1348,4	11,71
4,5	383,2	1085,5	11,04

* Lâmina calculada levando em consideração a área do lisímetro (0,353 m²)

1.3.4 Tratos culturais

Ao longo da condução do experimento, foram realizados tratos culturais, como capina, escarificação do solo e controle fitossanitários preconizados para a cultura, monitorando o surgimento de pragas e doenças, adotando-se medidas de controle quando necessário.

Conforme a haste principal do maracujazeiro foi se desenvolvendo, surgiram brotações laterais (ramos ladrões), que foram eliminadas para que a planta crescesse apenas para cima e também foram retiradas as gavinhas para que um ramo não se

enroscasse no outro, evitando problemas de entrelaçamento de galho. Quando a planta passou de uma certa altura foram feitas podas para estimular a produção de ramos laterais e formar cortinas, refletindo na melhoria da produtividade.

No método de controle de pragas foi necessária aplicação de inseticida, mas, buscando sempre manter a cultura na sua capacidade máxima produtiva, mitigando ao máximo a ação de efeitos de agentes externos. Para o processo foi aplicado o inseticida químico sintético, do grupo químico organofosforado, de ação de contato e ingestão, tipo de formulação: concentrado emulsionável (EC), para controle da lagarta-preta-do-maracujá, *Dione juno juno* (Cramer) (Lepidoptera: *Nymphalidae*) (Figura 9), sendo considerada uma das mais importantes, em função dos danos ocasionados e de acordo com a frequência de ocorrência (Fancelli, 1998).



Figura 9. Ataque da lagarta preta do maracujazeiro *Dione juno juno* (Cramer) (Lepidoptera: *Nymphalidae*) no maracujazeiro azedo no caule, na face posterior e superior da folha. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 10. Lagarta *Dione juno juno* (Cramer) (Lepidoptera: *Nymphalidae*) corpo recoberto de espinhos. Fonte: Arquivo pessoal.

1.3.5 Polinização

Por se tratar de um ambiente fechado (casa de vegetação), a polinização foi realizada de forma manual no período das 13:00 às 15:00 h. Com esse tipo de polinização as taxas de vingamento de frutos são, em geral, superiores e geram frutos.

As flores de *Passiflora edulis Sims* abrem somente uma vez por volta das 12 h, sempre no período da tarde, e se fecham no final do dia. As flores são grandes, vistosas, aromáticas, hermafroditas e com abundância, sendo muito atrativas para insetos, como o seu principal agente polinizador natural, chamado mamangava (*Xylocopa ssp.*) (Figura 12). Quando a flor se abre, os estigmas (estruturas reprodutivas femininas) e os estames encontram-se distantes entre si, formando um ângulo aproximado de 90° (Figura 11). No decorrer do dia, os estames se movimentam e se voltam para baixo, ao lado das anteras (estruturas reprodutivas masculinas) com pólen. Simultaneamente, os estiletes se curvam, dispondo os estigmas imediatamente acima (parcialmente curvados) ou abaixo das anteras (totalmente curvados) (Nascimento & Neto, 2021).



Figura 11. Principais estruturas da flor do maracujazeiro-azedo. Fonte: Arquivo pessoal.

Apesar de hermafroditas, as flores do maracujazeiro (Figura 11) são, em sua grande maioria, autoincompatíveis, ou seja, o pólen produzido por uma flor não a fecunda e nem as demais flores da mesma planta. Nesse caso, para que houvesse a produção de frutos foi necessária a transferência de grãos de pólen entre flores de diferentes plantas. Pois, quando não polinizadas, murcham e depois caem.

A polinização ocorreu manualmente com os dedos (Figura 13), pegando o pólen nas anteras de uma flor com os dedos e passando nos estigmas de uma flor de outra planta, o que aumenta muito o pegamento de frutos e também a produtividade e produção de polpa, pois essa é proporcional a quantidade de pólen que atinge os estigmas.



Figura 12. Visita da mamangava (*Xylocopa* ssp.) polinizador natural, corpo coberto de pólen das anteras e o corpo do inseto tocando nos estigmas da flor. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 13. Polinização artificial com os dedos: retirada do pólen das anteras da flor e deposição do pólen nos estigmas de outra flor, polinização e flor polinizada. Fonte: Arquivo pessoal.

1.3.6 Definição do volume de manipueira em função da concentração de potássio

O volume de manipueira em g/l seguiu conforme metodologia proposta por Novais et al. (1991) para adubação em vaso, tomando como referência a concentração de potássio presente no efluente, no entanto, para determinar os tratamentos foram aplicadas quatro doses de biofertilizante de manipueira (25; 50; 75; 100%) da recomendação de Novais et al. (1991).

Devido a manipueira ser um efluente líquido advindo do beneficiamento da mandioca e sua composição química variar em função da cultivar, do tipo de solo, do manejo, os volumes em g/l foram determinados apenas após a sua caracterização físico-química.

Tabela 3. Características físico-químicas da água residuária de fecularia utilizada na pesquisa.

Parâmetros	Unidade	Resultado
CE	mS	7,28
pH	-	3,19
CA	mg PtCo/L	500
Cloreto	mgCl ⁻ /L	2.648
DT	mgCaCO ₃ /L	2.435
Ca	mgCa/L	92
Mg	mgMg/L	538
AT	mgCaCO ₃ /L	52
AH	mgCaCO ₃ /L	0
AC	mgCaCO ₃ /L	0
AB	mgCaCO ₃ /L	
IDSL	-	≤ 0
SDT	mg/L	34.377
Al	mgAl ³⁺ /L	10
K	mgK ⁺ /L	1.408
Nitrato	mgN-NO ₃ ⁻ /L	205
Na	mgNa ⁺ /L	304
Sulfato	mgSO ₄ ²⁻ /L	153,35
Ferro Total	mg/L	1,00
Sílica	mSiO ₂ /L	80
Fósforo Total	mg/L	215,36
Amônia	mgN-NH ₃ /L	300
Nitrito	mgN-NO ₂ ⁻ /L	0,26
DQO	mgO ₂ /L	102.040
SST	mg/L	526

C.E (Condutividade elétrica) - Úmida Método Instrumental (condutivímetro); pH - Método Eletrométrico – NBR 9251:1986; CA(Cor aparente)- Kit da Merck; Turbidez- Turbidímetro; Cloreto- Método Titulométrico – NBR 13797:1997; DT (Dureza total)- Método da titulação com EDTA –NBR 12621:1992; Ca- Método titulométrico do EDTA-Na; Mg- Método titulométrico do EDTA-Na; AT (Alcalinidade Total) - Mét. da titulação com Ác. Sulfúrico - NBR 5762:1977; AH (Alcalinidade em hidróxidos) - Mét. da titulação com Ác. Sulfúrico - NBR 5762:1977; AC (Alcalinidade em carbonatos) -Mét. d a titulação com

Ác. Sulfúrico - NBR 5762:1977; AB (Alcalinidade em bicarbonatos) -Mét. da titulação com Ác. Sulfúrico - NBR 5762:1977; IDSL(Índice de Saturação de Langelier)- pH de saturação do carbonato de cálcio; SDT (Sólidos Dissolvidos Totais)-Método Gravimétrico – NBR 10664:1989; Al- Eriocromacianina; K- Tetrafenil-borato de sódio; Nitrato- Brucina; Na- Método Instrumental – Íon Seletivo de Sódio; Sulfato-Cloreto de Bário; Ferro Total- Tiocianato; Sílica- Azul de Heteropólio; Fósforo Total- Azul de Molibdênio; Amônia- Azul de Indofenol; Nitrito- Alfaftilamina; DQO -Método da oxidação por Dicromato de Potássio em meio sulfúrico; SST (Sólidos Suspensos Totais)-Método Gravimétrico – NBR 10664:1989.

1.3.7 Coleta da manipueira e obtenção do biofertilizante

A manipueira escolhida para o experimento foi coletada em uma feccularia artesanal do município de Puxinanã-PB. Para preparação do biofertilizante, esse efluente foi submetido a um tratamento de digestão anaeróbica, realizado em um recipiente plástico com capacidade para 85 litros, hermeticamente vedado, com uma mangueira interligando a tampa do recipiente a uma garrafa PET com água na altura de 5 cm, para liberação dos gases que são gerados durante a digestão, principalmente, o ácido cianídrico.

Então, 15 dias antes do início do tratamento uma amostra foi retirada do biofertilizante de manipueira para ser possível fazer a caracterização físico-química (Tabela 3) pelo Instituto Senai de Tecnologia em Eficiência Operacional Laboratório de Controle da Qualidade -Área de água e efluentes, de acordo com a metodologia proposta pela Standard Methods for Wastewater (APHA, 2005).



Figura 14. Manipueira armazenada em casa de vegetação da Universidade Federal de Campina Grande. Fonte: Arquivo pessoal.

1.4 Variáveis avaliadas

1.4.1 Variáveis de crescimento

A partir do diâmetro do caule aos 150 DAT foi determinado a taxa de crescimento. Sendo encontrado o diâmetro do caule a 5 cm do colo da planta através de um paquímetro digital; para então, saber a taxa de crescimento relativo de acordo com Benincasa (2003) pela Eq. 3;

$$TCR = \frac{(\ln \ln D_2 - \ln \ln D_1)}{t_2 - t_1} \quad (\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}) \quad (3)$$

em que:

D_1 e D_2 - diâmetros obtidos em duas avaliações consecutivas (mm); e,

$t_2 - t_1$ - diferença de tempo entre as amostragens (dias).



Figura 15. Medição do diâmetro do caule. Fonte: Arquivo pessoal.

1.5 Avaliações fisiológicas

As avaliações fisiológicas também transcorreram após 150 DAT, as folhas foram coletadas a altura do terço médio de cada planta.

1.5.1 Porcentagem de extravasamento de eletrólitos

A determinação do percentual de extravasamento de eletrólitos se deu por meio de um perfurador de cobre para obter cinco discos foliares com área de $1,54 \text{ cm}^2$ cada, por unidade experimental, os quais foram lavados e acondicionados em beckers contendo

50 ml de água destilada visando retirar outros eletrólitos aderidos às folhas e fechados hermeticamente com papel alumínio. Os beakers foram mantidos em temperatura de 25 °C, por 24 horas e, em seguida, verificada qual a condutividade elétrica inicial (C_i) usando condutivímetro de bancada (MB11, MS Techonopon®); posteriormente, os beakers foram conduzidos até a estufa com ventilação forçada de ar e submetidos a temperatura de 90 °C, durante 120 min, quando então foi procedida novamente a mensuração da condutividade elétrica final (C_f) de acordo com Scotti-Campos et al. (2013), Eq. 4:

$$\%EE = \frac{C_i}{C_f} \times 100 \quad (4)$$

em que:

% EE - percentual de extravasamento de eletrólitos;

C_i - condutividade elétrica inicial (dS m^{-1}); e,

C_f - condutividade elétrica final (dS m^{-1}).



Figura 16. Verificação da condutividade elétrica. Fonte: Arquivo pessoal.

1.5.2 Teor relativo de água (TRA)

Para o teor relativo de água (TRA) foram retiradas duas folhas do terço médio do ramo principal para a obtenção de cinco discos de 12 mm de diâmetro de cada folha. Imediatamente após a coleta, eles foram pesados em balança de precisão 0,001 g, para evitar a perda de umidade, e obtendo o peso da fitomassa fresca (PF); na sequência, as amostras foram colocadas em béquer, imersas em 50 mL de água destilada e

acondicionadas por 24 horas. Após esse período, o excesso de água dos discos foi retirado com papel toalha e obtido o peso das folhas túrgidas (PT) das amostras, as quais foram secas em estufa à temperatura de $65 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, até peso constante para saber o peso da matéria seca (PS) de acordo com metodologia proposta por Weatherley (1950), Eq. 5.

$$TRA = \frac{PF-PS}{PT-PS} \times 100 \quad (5)$$

em que:

PF- Peso da matéria fresca (g);

PS- Peso da matéria seca (g);

PT - Peso das folhas túrgidas em gramas (g).



Figura 17. Avaliação de teor relativo de água e secagem de folhas. Fonte: Arquivo pessoal.

1.5.3. Fluorescência da clorofila α

A fluorescência da clorofila α foi verificada aos 150 DAT na terceira folha, contada a partir do ápice do ramo principal da planta, com auxílio de um Fluorômetro de pulso modulado, modelo OS5p da Opti Science; com o protocolo Fv/Fm, para se chegar as variáveis de indução de fluorescência: fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m) e variável ($F_v = F_m - F_0$) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) (Sá et al., 2015). Tal protocolo se deu após adaptação das folhas ao escuro por um período de 30 min, com um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores estivessem oxidados, ou seja, com os centros de reação abertos.

1.5.4 Pigmentos fotossintéticos

Os pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total e carotenoides) seguiram conforme o método laboratorial desenvolvido por Arnon (1949). A partir dos extratos vegetais de amostras de discos do limbo da terceira folha madura foram encontradas as concentrações de clorofila e carotenoides nas soluções por meio de espectrofotômetro no comprimento de onda de absorvância (ABS) (470, 647 e 663), através das seguintes equações: 6, 7, 8 e 9.

$$\text{Clorofila } a \text{ (Cl } a) = (12,25 \times \text{ABS}_{663}) - (2,79 \times \text{ABS}_{647}) \quad (6)$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (Cl } b) = (21,5 \times \text{ABS}_{647}) - (5,10 \times \text{ABS}_{663}) \quad (7)$$

$$\text{Clorofila total (Cl t)} = (7,15 \times \text{ABS}_{663}) + (18,71 \times \text{ABS}_{647}) \quad (8)$$

$$\text{Carotenóides (Car)} = ((1000 \times \text{ABS}_{470}) - (1,82 \times \text{Cl } a) - (85,02 \times \text{Cl } b)) / 198 \quad (9)$$

Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides nas folhas foram expressos em ($\mu\text{g mL}^{-1}$ MF).



Figura 18. Análise de pigmentos fotossintéticos realizada no espectrofotômetro. Fonte: Arquivo pessoal.

1.6 Variáveis de produção e pós colheita

Os frutos maduros (com casca amarela) foram colhidos dos 151 aos 256 DAT. Logo após, foram avaliados o número de frutos por planta (NFP, unidade por planta), massa média do fruto (MMF, g por fruto), produção total por planta (PTP, g por planta), diâmetro polar do fruto (DP, mm), diâmetro equatorial (DE, mm), diâmetro da casca (EC, mm) e rendimento de polpa. Para só então ser possível realizar as análises pós-

colheita dos frutos do maracujá azedo. O pH foi determinado diretamente na polpa imediatamente após a colheita, com medidor digital previamente calibrado em pH 7,0 com solução tampão, os sólidos solúveis (°Brix) foram medidos por leitura direta em refratômetro digital, e o teor de ácido ascórbico (mg por 100 g de polpa) por titulação. A acidez titulável foi medida de acordo com os padrões do e expressa em porcentagem de ácido cítrico. Todas as determinações foram realizadas conforme as metodologias recomendadas pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).



Figura 19. Início da produção do maracujá azedo. Fonte: Arquivo pessoal.

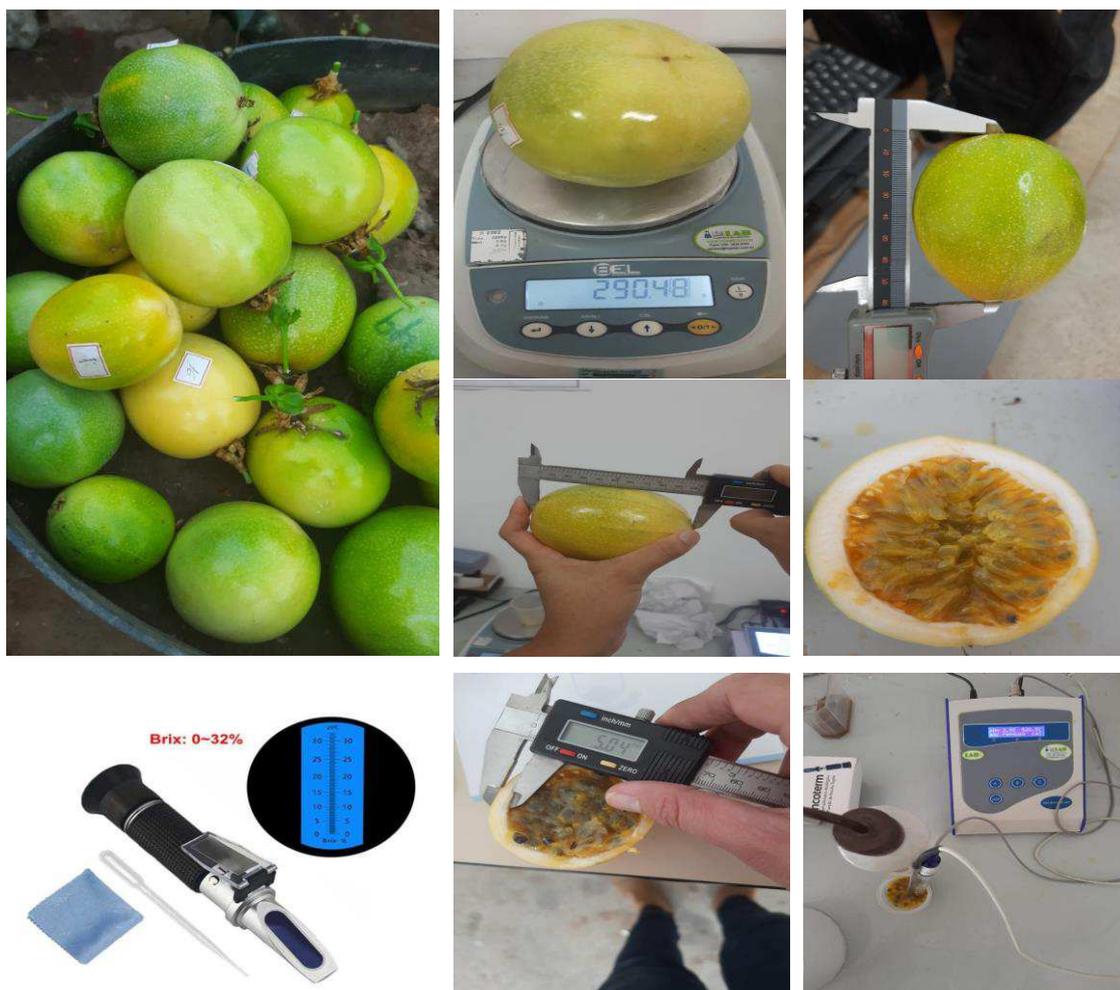


Figura 20. Colheita dos frutos e início das avaliações, peso do fruto, diâmetro polar e diâmetro equatorial, refratômetro analógico (sólidos solúveis em °brix), diâmetro da casca, e medição do pH através do pHmetro. Fonte: Arquivo pessoal.

1.7 Análise estatística

A estrutura multivariada dos resultados foi avaliada por meio da análise de componentes principais (ACP), sintetizando-se a quantidade de informações relevantes contida no conjunto de dados originais em menor número de dimensões, resultantes de combinações lineares das variáveis originais geradas a partir dos autovalores ($\lambda \geq 1,0$) na matriz de correlação, explicando porcentagem maior que 10% da variância total (Govaerts et al., 2007).

A partir da redução das dimensões, os dados originais das variáveis de cada componente passaram por análise de variância multivariada (MANOVA) pelo teste de Hotelling (1947) a 0,05 de probabilidade para a condutividade elétrica da solução nutritiva e as concentrações de ácido salicílico, assim como para interação entre os mesmos. Apenas variáveis com coeficiente de correlação maior ou igual a 0,6 foram

mantidas em cada componente principal (PC) (Hair et al., 2009). As que apresentaram coeficiente de correlação inferior a 0,6 foram analisadas por meio de análise univariada, a um nível de probabilidade de 0,05, e nos casos de significância foi feita regressão linear e quadrática. Para todas as análises estatísticas utilizou-se o software Statistica v. 7.0 (Statsoft, 2004).

2 REFERÊNCIAS

- Andrade, E. M., Lima, G. S. D., de Lima, V. L., Silva, S. S. D., Gheyi, H. R., da Silva, A. A. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H₂O₂ application. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, p. 945-951, 2019.
- APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WEF - Water Environment Federation. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 21st ed. Washington DC: APHA, 2005.
- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, p.1-15, 1949.
- EMBRAPA. BRS Sol do Cerrado: Híbrido de maracujazeiro-azedo para mesa e indústria. 1. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados Transferência de Tecnologia. 2008. 2.p. (Folder).
- Govaerts, B., Sayre, K. D., Lichter, K., Dendooven, L., Deckers, J. Influence of permanent raised bed planting and residue management on physical and chemical soil quality in rain fed maize/wheat systems. *Plant and Soil*, v. 291, p. 39-54, 2007.
- Hair, F. J., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., Tatham, R. L. *Análise multivariada de dados*. 6. ed. Tradução Adonai Schlup Sant'Anna. Porto Alegre: Bookman. 688p, 2009.
- Hotelling, H., Eisenhart, C., Hastay, M. W., Wallis, W. A. *Multivariate quality control. Techniques of statistical analysis*. New York: John Wiley e Sons. 1947. 73p, 1947.
- Lutz, A. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. 3 ed., São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v. 1, 533p. 1985.
- Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Soares, L. A. A.; Xavier, D. A.; Santos Junior, J. A. Water relations and gas exchange in castor bean irrigated with saline water of distinct cationic nature. *African Journal of Agricultural Research*, v. 10, n. 13, p. 1581-1594, 2015.
- Medeiros, J. F.; Gheyi, H. R.; Nascimento, I. B. Salinidade de solo e da água e seus efeitos na produção agrícola. Gheyi, H.R Paz, V.P.S; Medeiros, S.S; Galvão, C.O Recursos

- hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações. Campina Grande: INSA, p. 190-218, 2012.
- Nascimento, G. C. do; Nogueira, S. R.; Neto, R. D. C. A. Cultura do maracujazeiro no Estado do Acre. 2021.
- Novais, R. D., Neves, J. C. L., Barros, N. D., Oliveira, A. D., Garrido, W. E., Araújo, J. D., Lourenço, S. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília-DF: Embrapa-SEA, p. 189-253, 1991.
- Ramos, J. G.; Lima, V. L. A. de.; Sales, E. S.; Medeiros, G. O. de.; Pereira, M. de O.; Guimarães, R. F.; Ramos, G. G. Growth of fertilized maize via fertirrigation and foundation with treated human urine and cassava wastewater. *Journal of Agricultural Science*, v. 10, n. 5, p. 188-197, 2018.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U.S, Department of Agriculture, 1954.
- Sá, F. V. S.; Brito, M. E. B.; Silva, L. A.; Moreira, R. C. L.; Fernandes, P. D.; Figueiredo, L. C. de. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira “Sunki Comum” sob solução hidropônica salinizada. *Comunicata Scientiae*, v. 6, n. 4, p. 463-470, 2015.
- São José, A. R.; Rebouças, T. N. H.; Pieres, M. M.; Angel, D. N.; Sousa, I. V. B.; Bonfim, M. P. Maracujá: Práticas de cultivo e comercialização. 1. ed. Vitória da Conquista: UESB/DFZ, 2000. 316p.
- Scotti-Campos, P.; Pham-Thi, Anh-Thu; Semedo, J. N.; Pais, I. P.; Ramalho, J. C.; Matos, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three Vigna genotypes with contrasting drought tolerance. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v. 25, p. 1002-1013, 2013.
- Statsoft, I. N. C. Programa computacional Statistica 7.0. 2004.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017.
- Weatherley, PjE. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *New Phytologist*, p. 81-97, 1950.

CAPÍTULO III

BIOFERTILIZANTE DE MANIPUEIRA COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO NA FISIOLOGIA, NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E NA QUALIDADE PÓS- COLHEITA DOS FRUTOS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO

BIOFERTILIZANTE DE MANIPUEIRA COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO NA FISIOLOGIA, NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E NA QUALIDADE PÓS- COLHEITA DOS FRUTOS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO

RESUMO: O maracujazeiro-azedo se destaca entre as fruteiras de maior importância econômica e social no semiárido do Nordeste brasileiro. Apesar de ser uma cultura adaptada às condições edafoclimáticas da região do semiárido brasileiro, a ocorrência de águas com concentrações elevadas de sais para irrigação acaba por ser um fator limitante para a expansão do cultivo na região. Assim, estratégias que minimizem os efeitos deletérios do estresse salino sobre a cultura do maracujazeiro são de extrema importância econômica, a exemplo do uso de biofertilizantes como elicitores. Assim, objetivou-se avaliar o efeito das doses de biofertilizante de manipueira como elicitador do estresse salino no crescimento, produção e qualidade pós-colheita do maracujazeiro cv. BRS Sol do Cerrado F1 irrigado com águas salinas. Para tanto, o estudo foi conduzido em casa de vegetação, no delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema de parcela subdividida. As parcelas foram constituídas pelos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,9; 1,8; 2,7; 3,6 e 4,5 dS m⁻¹). As subparcelas de quatro doses de potássio (25; 50; 75; 100%) em função da concentração do elemento no biofertilizante de manipueira). Com relação aos resultados, a irrigação com água de condutividade elétrica acima de 0,9 dS m⁻¹ afetou negativamente os índices fisiológicos, o crescimento e os componentes de produção do maracujazeiro-azedo. Entretanto, a manipueira na dose de 75% da recomendação de potássio, amenizou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação, com os melhores resultados obtidos nas plantas irrigadas com CEa de 0,9 e 1,8 dS m⁻¹. O uso de manipueira em doses maiores que 75% da recomendação de potássio, intensifica os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre a morfofisiologia e os componentes de produção do maracujazeiro. A irrigação com CEa acima de 3,0 dS m⁻¹ foi negativa para o pH e reduziu os teores de ácido ascórbico da polpa do maracujá-azedo. E o biofertilizante com a dose de 100% da recomendação de potássio é excessivo para condições de estresse salino.

Palavras-chave: *Passiflora edulis Sims*; água salobra; adubação orgânica

MANIPUEIRA BIOFERTILIZER AS A SALT STRESS MITIGATOR IN THE PHYSIOLOGY, PRODUCTION COMPONENTS AND POST-HARVEST QUALITY OF YELLOW PASSION FRUIT

ABSTRACT: Passion fruit stands out among the most economically and socially important fruit trees in the northeastern semi-arid region. Despite being a crop adapted to the edaphoclimatic conditions of the Brazilian semi-arid region, the occurrence of water with a high concentration of salts for irrigation stands out as a limiting factor for the expansion of cultivation of this fruit tree in this region. Thus, strategies that minimize the deleterious effects of salt stress on the passion fruit crop are of extreme economic importance, highlighting the use of biofertilizers as elicitors. In this context, the objective was to evaluate the effect of doses of manipueira biofertilizer as elicitor of saline stress on growth, production and postharvest quality of passion fruit cv. BRS Sol do Cerrado F1 irrigated with saline water. The study was carried out in a greenhouse, in a completely randomized experimental design, with three replications, in a split-plot scheme. The plots were constituted by the levels of electrical conductivity of the irrigation water - ECa (0.9; 1.8; 2.7; 3.6 and 4.5 dS m⁻¹). The subplots will consist of four doses of potassium (25; 50; 75; 100%) depending on the concentration of the element in the manipueira biofertilizer). Irrigation with water with electrical conductivity above 0.9 dS m⁻¹ negatively affected the physiological indices, growth and production components of passion fruit. However, the use of manipueira at a dose of 75% of the potassium recommendation attenuated the deleterious effects of irrigation water salinity, with the best results obtained in plants irrigated with ECa of 0.9 and 1.8 dS m⁻¹. The use of manipueira in doses greater than 75% of the potassium recommendation intensifies the deleterious effects of irrigation water salinity on the morphophysiology and production components of passion fruit. Irrigation with ECa above 3.0 dS m⁻¹ negatively affected pH and reduced the ascorbic acid content of passion fruit pulp. The use of biofertilizer with a dose of 100% of the potassium recommendation is excessive for passion fruit under saline stress conditions.

Keywords: *Passiflora edulis* Sims; brackish water; organic fertilization

1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis Sims*) é uma frutífera pertencente à família *passifloraceae*, cultivada em clima tropical com ampla distribuição geográfica e está entre as principais do país pela sua importância econômica e social (Gontijo, 2017). O Brasil ocupa a posição de maior produtor e consumidor mundial de maracujá sendo a produção nacional liderada pela região Nordeste com 69,6 % (IBGE, 2021). Seus frutos são destinados, principalmente, para consumo (*in natura*) e no processo de industrialização há o aproveitamento quase que exclusivo da polpa para fabricação de diversos produtos, como o suco de maracujá, das cascas se faz farinha, geleias, sorvetes; das folhas, flores e frutos substâncias farmacológicas (Faleiro e Junqueira, 2016).

Apesar do grande potencial produtivo e de se adaptar as condições edafoclimáticas das regiões semiáridas, as altas concentrações de sais presentes na água de irrigação podem induzir alterações fisiológicas que comprometem o crescimento, desenvolvimento e qualidade físico-química de frutos limitando o seu cultivo (Silva et al., 2019; Pinheiro et al., 2022).

Sobre o tema, Pinheiro et al., (2022), em estudo com maracujá azedo sob água salobra e estratégias de irrigação variando os estádios fenológicos da cultura, concluíram que, o maracujá 'BRS GA1' é sensível ao estresse salino nos estágios vegetativo e de floração continuada. O uso de águas salobras promove o estresse osmótico e iônico, que reduzem a absorção de água e nutrientes e, por sua vez, afetam os processos fisiológicos, o crescimento e os componentes de produção das culturas.

No semiárido brasileiro as fontes de águas com níveis elevados de sais se destacam como fator limitante para produção da maioria das culturas sob condições irrigadas. Assim, estudos que viabilizem o uso de águas salinas na agricultura irrigada são importantes para sustentabilidade das lavouras. Nesse contexto, o uso de biofertilizante de manipueira surgiu como alternativa para atenuar os efeitos do estresse salino no maracujazeiro azedo.

Ao passo que, se faz necessário buscar estratégias que possibilitem o cultivo do maracujazeiro, a exemplo de substâncias atenuantes. Nesse âmbito, a manipueira se destaca, devido a riqueza em macro e micronutrientes: como potássio (K), nitrogênio (N), magnésio (Mg), fósforo (P), cálcio (Ca) e enxofre (S), é capaz de elevar a produtividade de culturas como a *Vigna unguiculata* (L.) Walp (Araújo et al., 2015; Azevedo et al., 2018; Silva et al., 2018).

A manipeira é a água de constituição da raiz ou suco celular misturada as águas de lavagem das raízes, que são geradas no momento da prensagem da massa ralada para a confecção da farinha de mesa, como apontam Ferreira et al., (2001). Com base nesses aspectos, o aproveitamento de resíduos de mandioca para a produção agrícola torna-se possível devido as alterações químicas que o biofertilizante pode proporcionar no solo (Coelho et al., 2017).

No entanto, não existem estudos que investiguem o uso do biofertilizante de manipeira como agente elicitor do estresse abiótico provocado pela salinidade da água de irrigação sobre as plantas, mesmo sendo potencial fonte de fertilizante orgânico de baixo custo de aquisição e seu positivo impacto ambiental, social e econômico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do experimento

O estudo aconteceu entre os meses de outubro de 2022 e julho de 2023 por meio de lisímetros de drenagem sob condições de casa de vegetação, da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada em Campina Grande, PB, pelas coordenadas geográficas de 07°15'18" S, 35°52'28" W e altitude média de 550 m. De acordo com a classificação climática Köppen, a região possui clima com temperaturas mais moderadas, tropical com estação seca do tipo *As*, a estação chuvosa com seu início em maio e término em setembro, mas pode se estender até outubro.

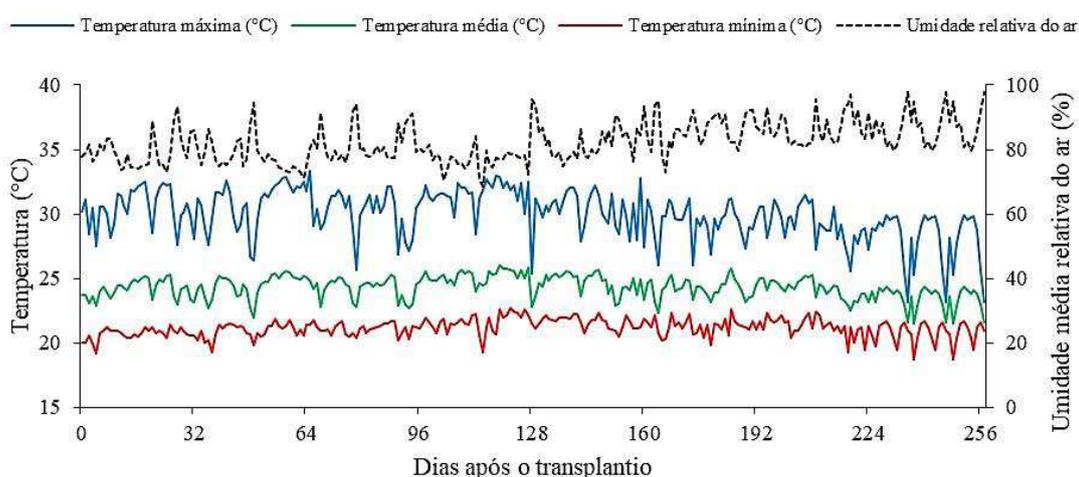


Figura 1. Dados meteorológicos coletados durante o período experimental.

Para alcançar os objetivos propostos, a pesquisa dividiu-se em duas etapas, a primeira com a fase de formação de mudas do maracujazeiro Sol do Cerrado F1 até os 83 dias após a semeadura (DAS); já a segunda etapa, a fase pós-transplântio das mudas nos lisímetros.

2.2 Cultivar estudada

A cultivar BRS Sol do Cerrado F1 foi escolhida por ser um híbrido que apresenta frutos amarelos, grandes, com formato oblongo, pensando de 150 a 350g, adaptado a altitudes que variam entre 0 e 1500 m, produzindo frutos todo o ano, porém a floração é maior no período seco, possui frutos amarelos brilhantes, grandes, com peso variando entre 150 a 350 gramas, excelentes pós colheita, o que garante maior tempo de prateleira e resistência ao transporte (Faleiro e Junqueira, 2016).

2.3 Tratamentos e delineamento experimental

A condução da pesquisa por meio de delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, com cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,9; 1,8; 2,7; 3,6 e 4,5 dS m⁻¹) consideradas as parcelas e quatro doses de manureira – DM% (50, 75, 100 e 125% da recomendação de potássio), as subparcelas, com três repetições e uma planta por parcela, um total de 60 unidades experimentais. As doses de biofertilizante de manureira foram estabelecidas de acordo com a recomendação de Novais et al. (1991), e com base nelas foram calculados os volumes que foram expressos em g/l e no preparo das águas de irrigação considerada a relação entre CEa e a concentração de sais (Richards, 1954).

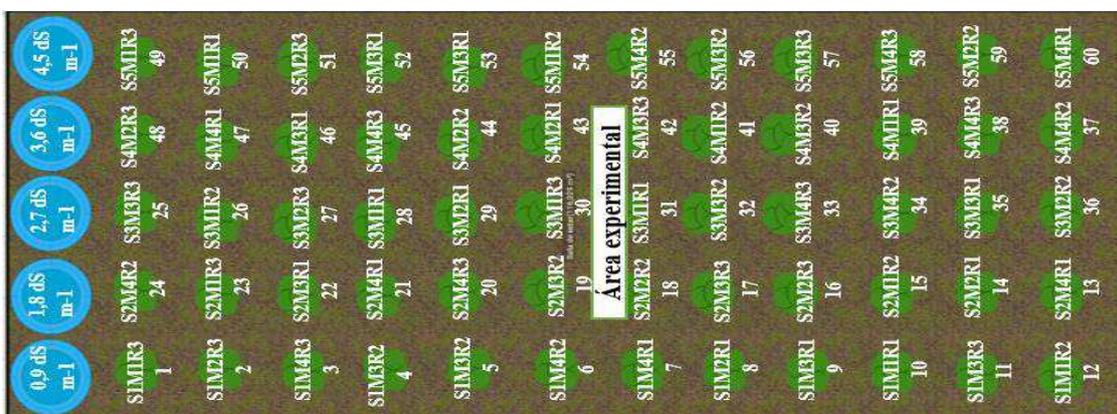


Figura 2. Layout da área experimental.

2.4 Instalação e condução do experimento

O processo da semeadura ocorreu em sacolas plásticas com capacidade de 3 kg, perfuradas na lateral para permitir a livre drenagem, preenchidas com substrato, constituído da mistura de 84% de solo da região semiárida do Estado da Paraíba (devidamente destorroado e homogeneizado; 15% de areia lavada e 1% (em base de volume) de composto orgânico (húmus de minhoca) até 2,7 dm³. Após a preparação do substrato, ele foi colocado em capacidade de campo com uso de água de abastecimento local (CEa = 0,4 dS m⁻¹). As mudas, por sua vez, foram produzidas de forma sexuada durante um período de 113 dias antes do transplante, e só após decorreu o transplante para vasos plásticos.

Para condução do experimento foram usados vasos plásticos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 120 L, (70 cm de altura, diâmetro do fundo de 57 cm e abertura superior de 57 cm) preenchidos com uma camada de 0,5 kg de brita 0, seguida de 250 de solo classificado Neossolo Regolítico, de textura franco-arenosa, na profundidade de 0-30 cm, procedente do município de Lagoa Seca - PB. Os atributos químicos e físicos do solo (Tabela 1) foram determinados conforme metodologia proposta por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos

Características químicas									
pH	M.O	P	K⁺	Na⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺ + H⁺	PST	CEes
(H₂O)	(dag kg⁻¹)	(mg/10g)(cmolc kg⁻¹)				(%)	(dS m⁻¹)	
(1:2, 5)									
7,64	0,84	0,01	0,60	0,10		3,65	0,00	0,88	
				6,91					
Características físico- hídricas									
Fração granulométrica (gkg⁻¹)			Classe	Umidade		AD	Porosidade	DA	DP
			Textural	(kPa)			total	(kg dm⁻³)	
				33,44	1519,9		%		
			(dag kg⁻¹).....					
Areia	Silte	Argila	FA						
60,66	28,17	11,17		17	7,36	9,78	56,60	1,15	2,65

M.O. – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺ e H⁺ extraídos com CaOAc 0,5 M pH 7,0; PST- Percentagem de sódio trocável; CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA- Densidade aparente; DP- Densidade de partículas; * - Capacidade de campo; ** - Ponto de murchamento.

Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação foram preparados de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1 na relação entre Na:Ca:Mg, a partir

dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O respectivamente, se ajustando às concentrações da água de abastecimento disponível. É uma proporção de sais comumente encontrada em fontes de águas utilizadas para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (Medeiros et al., 1992). Já no preparo das águas de irrigação foi considerada a relação entre CEa e a concentração de sais extraída de Richards (1954), conforme a Eq. 1:

$$Q = 10 \times CEa \quad (1)$$

Onde:

Q = quantidade de sais a ser aplicado (mmolc L⁻¹)

CEa = condutividade elétrica da água (dS m⁻¹)

Durante o período de aclimação na casa de vegetação (12 dias), as plantas foram irrigadas com água de baixa salinidade (0,4 dS m⁻¹) e para em seguida iniciar o processo de aplicação dos tratamentos.

O volume de manipueira em g/l seguiu a metodologia proposta por Novais et al. (1991) para adubação em vaso, tomando como referência a concentração de potássio presente no efluente, no entanto, para determinar os tratamentos foram aplicadas quatro concentrações de biofertilizante de manipueira (25; 50 ;75 e 100%) da recomendação indicada pelos autores. Mas, por ser um efluente líquido advindo do beneficiamento da mandioca e sua composição química variar em função da cultivar, do tipo de solo, do manejo, primeiro é necessário realizar a caracterização físico-química.

As aplicações do biofertilizante de manipueira foram iniciadas aos 18 dias após o transplantio (DAT), em intervalos de 15 dias às 16:00 horas.

Tabela 2. Características físico-químicas da água residuária de fecularia utilizada na pesquisa.

Parâmetros	Unidade	Resultado
CE	mS	7,28
pH	-	3,19
CA	mg PtCo/L	500
Cloreto	mgCl ⁻ /L	2.648
DT	mgCaCO ₃ /L	2.435
Ca	mgCa/L	92
Mg	mgMg/L	538
AT	mgCaCO ₃ /L	52
AH	mgCaCO ₃ /L	0
AC	mgCaCO ₃ /L	0
AB	mgCaCO ₃ /L	
IDSL	-	≤ 0

SDT	mg/L	34.377
Al	mgAl ³⁺ /L	10
K	mgK ⁺ /L	1.408
Nitrato	mgN-NO ₃ ⁻ /L	205
Na	mgNa ⁺ /L	304
Sulfato	mgSO ₄ ²⁻ /L	153,35
Ferro Total	mg/L	1,00
Sílica	mSiO ₂ /L	80
Fósforo Total	mg/L	215,36
Amônia	mgN-NH ₃ /L	300
Nitrito	mgN-NO ₂ ⁻ /L	0,26
DQO	mgO ₂ /L	102.040
SST	mg/L	526

C.E (Condutividade elétrica) - Úmida Método Instrumental (condutímetro); pH - Método Eletrométrico – NBR 9 1:1986; CA(Cor aparente) - Kit da Merck; Turbidez- Turbidímetro; Cloreto- Método Titulométrico – NBR 13797:1997; DT (Dureza total) - Método da titulação com EDTA – NBR 12621:1992; Ca- Método titulométrico do EDTA-Na; Mg- Método titulométrico do EDTA-Na; AT (Alcalinidade Total) - Mét. da titulação com Ác. Sulfúrico - NBR 5762:1977; AH (Alcalinidade em hidróxidos) - Mét. da titulação com Ác. Sulfúrico - NBR 5762:1977; AC (Alcalinidade em carbonatos) -Mét. da titulação com Ác. Sulfúrico - NBR 5762:1977; AB (Alcalinidade em bicarbonatos) -Mét. da titulação com Ác. Sulfúrico - NBR 5762:1977; IDSL(Índice de Saturação de Langelier)- pH de saturação do carbonato de cálcio; SDT (Sólidos Dissolvidos Totais)-Método Gravimétrico – NBR 10664:1989; Al- Eriocromacianina; K- Tetrafenil-borato de sódio; Nitrato- Brucina; Na- Método Instrumental – Íon Seletivo de Sódio; Sulfato- Cloreto de Bário; Ferro Total- Tiocianato; Sílica- Azul de Heteropólio; Fósforo Total- Azul de Molibdênio; Amônia- Azul de Indofenol; Nitrito- Alfaftilamina; DQO -Método da oxidação por Dicromato de Potássio em meio sulfúrico; SST (Sólidos Suspensos Totais)-Método Gravimétrico – NBR 10664:1989.

As adubações com nitrogênio, fósforo e potássio foram baseadas na metodologia proposta por São José (2000), com aplicação de 100 g de superfosfato simples (18,9% de P₂O₅) na fundação, e parte em cobertura com fosfato monoamônico (MAP) por planta, como fonte de nitrogênio a ureia e de potássio o biofertilizante de manipueira. As adubações com NPK foram parceladas em 14 vezes e aplicadas quinzenalmente via fertirrigação.

Quinzenalmente também foi aplicada uma solução Dripsol® micro para suprir a exigência de micronutrientes na concentração de 1,0 g L⁻¹ (com a seguinte composição (Mg (1,2%), B (0,85%), Fe (3,4%), Zn (4,2%), Mn (3,2%), Cu (0,5%), Mo (0,06%), via foliar nas faces adaxial e abaxial, por meio de um pulverizador costal.

Durante a condução do experimento foram realizados tratamentos culturais, como poda para condução de ramos laterais e formação de cortina, limpeza, capina, escarificação do solo e controle fitossanitários preconizados para a cultura por meio de um inseticida químico sintético, do grupo químico organofosforado, de ação de contato e ingestão, tipo de formulação: concentrado emulsionável (EC), para controle da lagarta-preta-do-maracujá, *Dione juno juno* (Cramer) (Lepidoptera: *Nymphalidae*), sendo esta considerada

uma das mais importantes, em função dos danos ocasionados e a frequência (Fancelli, 1998).

2.5 Variáveis analisadas

Aos 150 dias após o transplântio (DAT), foram avaliados os seguintes pontos: o teor relativo de água (TRA), a porcentagem de extravasamento de eletrólitos (% EE), fluorescência da clorofila a, para variáveis de crescimento: diâmetro de caule (DC) e para variáveis de produção dos 150 aos 250 dias após o transplântio: número de frutos por planta (NFP, unidade por planta), massa média do fruto (MMF, g por fruto), produção total por planta (PTP, g por planta), diâmetro polar do fruto (DP, mm), diâmetro equatorial (DE, mm), diâmetro da casca (EC, mm), rendimento de polpa (g), para variáveis de pós colheita: o pH foi determinado diretamente na polpa imediatamente após a colheita, com medidor digital previamente calibrado em pH 7,0 com solução tampão, os sólidos solúveis (°Brix) foram medidos por leitura direta em refratômetro digital; a acidez titulável, teor de ácidos ascórbico. Todas as determinações foram baseadas nas metodologias recomendadas pelo Instituto Adolfo Lutz (1985). Para do teor relativo de água (TRA), foram retiradas duas folhas do terço médio do ramo principal, para a obtenção de cinco discos de 12 mm de diâmetro de cada folha. Imediatamente após a coleta, os discos foram pesados, evitando a perda de umidade e obtendo a peso fresco (PF); em seguida, essas amostras foram colocadas em béquer, imersas em 50 mL de água destilada e acondicionadas por 24 horas. Após esse período, o excesso de água foi retirado com papel toalha e obtido o peso túrgico (PT) das amostras, as quais foram secas em estufa em temperatura de 65°C até peso constante para alcançar o peso seco (PS) das amostras. E O TRA de acordo com Weatherley (1950), pela Eq. 2:

$$TRA = \frac{PF - PS}{PT - PS} \times 100 \quad (2)$$

em que:

PF- Peso da matéria fresca;

PS- Peso da matéria seca;

PT - Peso das folhas túrgidas em gramas.

Para saber o percentual de extravasamento de eletrólitos utilizou-se um perfurador de cobre para obter cinco discos foliares com área de 1,54 cm² cada, por unidade

experimental, os quais foram lavados e acondicionados em beckers contendo 50 ml de água destilada visando retirar outros eletrólitos aderidos às folhas e fechados hermeticamente com papel alumínio. Os beckers foram mantidos em temperatura de 25 °C, por 24 horas para em seguida ser possível verificar a condutividade elétrica inicial (C_i) usando condutivímetro de bancada (MB11, MS Techonopon®); posteriormente, os beckers foram conduzidos à estufa com ventilação forçada de ar e submetidos a uma temperatura de 90 °C, durante 120 min, quando então foi procedida novamente a mensuração da condutividade elétrica final (C_f) de acordo com Scotti-Campos et al. (2013), considerando-se a Eq. 3:

$$\%D = \frac{C_i}{C_f} \times 100 \quad (3)$$

em que:

$\%D$ - percentual de danos na membrana celular;

C_i - condutividade elétrica inicial (dS m^{-1}); e,

C_f - condutividade elétrica final (dS m^{-1}).

A fluorescência da clorofila a foi determinada aos 150 DAT na mesma folha, por meio de um Fluorômetro de pulso modulado, modelo OS5p da Opti Science; com o protocolo Fv/Fm, para se chegar as variáveis de indução de fluorescência: fluorescência inicial (F_o), máxima (F_m) e variável ($F_v = F_m - F_o$) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) (Sá et al., 2015). Tal protocolo foi feito após adaptação das folhas ao escuro por um período de 30 min, com um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores estivessem oxidados, ou seja, com os centros de reação abertos.

Os pigmentos fotossintéticos (clorofila a clorofila b, clorofila total e carotenoides) foram estabelecidos conforme o método laboratorial desenvolvido por Arnon (1949). A partir dos extratos vegetais de amostras de discos do limbo da terceira folha madura foram encontradas as concentrações de clorofila e carotenoides nas soluções por meio de espectrofotômetro no comprimento de onda de absorbância (ABS) (470, 647 e 663), através das seguintes equações: 4, 5, 6, 7 e 8.

$$\text{Clorofila } a \text{ (Cl } a) = (12,25 \times \text{ABS}663) - (2,79 \times \text{ABS}647) \quad (4)$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (Cl } b) = (21,5 \times \text{ABS}647) - (5,10 \times \text{ABS}663) \quad (5)$$

$$\text{Clorofila total (Cl } t) = (7,15 \times \text{ABS}663) + (18,71 \times \text{ABS}647) \quad (6)$$

$$\text{Carotenóides (Car)} = ((1000 \times \text{ABS470}) - (1,82 \times \text{Cl } a) - (85,02 \times \text{Cl } b)) / 198 \quad (7)$$

Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenóides nas folhas foram expressos em $\mu\text{g mL}^{-1}$.

Aos 150 DAT foi determinado através de um paquímetro digital o diâmetro do caule a 5 cm do colo da planta, por meio dos dados é possível saber a taxa de crescimento relativo de acordo com Benincasa (2003), Eq. 8.

$$TCR = \frac{(\ln D_2 - \ln D_1)}{t_2 - t_1} \quad (\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}) \quad (8)$$

em que:

D_1 e D_2 - diâmetros obtidos em duas avaliações consecutivas (mm); e,

$t_2 - t_1$ - diferença de tempo entre as amostragens (dias).

A estrutura multivariada dos resultados foi avaliada por meio da análise de componentes principais (ACP), sintetizando-se a quantidade de informações relevantes contida no conjunto de dados originais em menor número de dimensões, resultantes de combinações lineares das variáveis originais geradas a partir dos autovalores ($\lambda \geq 1,0$) na matriz de correlação, explicando porcentagem maior que 10% da variância total (Govaerts et al., 2007). A partir da redução das dimensões, os dados originais das variáveis de cada componente foram submetidos à análise de variância multivariada (MANOVA) pelo teste de Hotelling (1947) a 0,05 de probabilidade para a condutividade elétrica da solução nutritiva e as concentrações de biofertilizante de manipueira, assim como para interação entre os mesmos. Apenas variáveis com coeficiente de correlação maior ou igual a 0,6 foram mantidas em cada componente principal (PC) (Hair et al., 2009). As que apresentaram coeficiente de correlação inferior a 0,6 foram analisadas por meio de análise univariada, a um nível de probabilidade de 0,05, e nos casos de significância foi realizada regressão linear e quadrática. Para as análises estatísticas utilizou-se o software Statistica v. 7.0 (Statsoft, 2004).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

O espaço multidimensional das variáveis originais foi reduzido para dois componentes principais (CP1 e CP2) com autovalores maiores que $\lambda \geq 1,0$, de acordo com Kaiser (1960). Os autovalores e a porcentagem de variação explicados por cada componente representaram conjuntamente 83,52% da variação total, sendo o CP1

explicado por 62,98% da variância e o CP2 por 20,54% da variância restante (Tabela 3). A interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e as doses de manuseio (CEa × DM) influenciou de forma significativa os dois componentes principais (CP1 e CP2) (Tabela 3).

Tabela 3. Autovalores, porcentagem de variância total explicada, análise de variância multivariada (MANOVA) entre as variáveis originais e os componentes principais.

	Componentes principais	
	CP ₁	CP ₂
Autovalores (λ)	8,82	2,87
Porcentagem de variância total ($S^2\%$)	62,98	20,54
Teste de Hotelling (T^2) para os níveis de condutividade elétrica da água (CEa)	0,01	0,01
Teste de Hotelling (T^2) para doses de manuseio (M)	0,01	0,01
Teste de Hotelling (T^2) para interação (CEa × M)	0,02	0,01

As variáveis que apresentaram coeficientes de correlação superiores a 0,7 ($r > 0,7$) foram consideradas relevantes. Assim, na Tabela 4, as variáveis que tiveram maior poder discriminatório no CP1 foram: teor relativo de água (TRA), porcentagem de extravasamento de eletrólitos (% EE), carotenoides (Car), fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (Fm), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), número de frutos por planta (NF), produção total por planta (PTP), peso médio de fruto (PMF), diâmetro polar (DP) e diâmetro equatorial (DE) dos frutos. No CP2, as variáveis com maior grau de correlação foram clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*) e clorofila *total* (Cl *t*). Além disso, as variáveis com o mesmo sinal atuam de forma diretamente proporcionais, ou seja, quando o valor de uma aumenta, o valor da outra aumenta, ou vice-versa; e as variáveis com sinais opostos agem de forma inversamente proporcionais, ou seja, quando o valor de uma aumenta, o valor da outra diminui (Veloso et al., 2023).

Tabela 4. Coeficientes de correlação (r) entre as variáveis originais e os componentes principais.

CPs	Coeficientes de correlação (r)													
	TRA	% EE	Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Cl <i>t</i>	Car	F_0	Fm	Fv/Fm	NF	PT	PMF	DE	DP
CP ₁	-0,76	0,80	-0,20	-0,11	-0,20	-0,92	0,92	-0,71	-0,96	-0,97	-0,98	-0,95	-0,90	-0,93
CP ₂	0,21	-0,06	0,95	0,88	0,96	-0,06	0,10	0,24	-0,08	-0,14	-0,08	0,04	-0,31	-0,18

CP₁ - componente principal 1; CP₂ - componente principal 2; TRA (Teor relativo de água - %); % EE (extravasamento de eletrólitos - %); Cl *a* (clorofila *a* - $\mu\text{g mL}^{-1}$); Cl *b* (clorofila *b* - $\mu\text{g mL}^{-1}$); Cl *t* (clorofila *total* - $\mu\text{g mL}^{-1}$); Car (carotenoides - $\mu\text{g mL}^{-1}$); F_0 (fluorescência inicial); Fm (fluorescência máxima); Fv/Fm (eficiência quântica do fotossistema II); NF (número de frutos por planta); PTP (produção total por planta - g por planta); PMF (peso médio de fruto - g por fruto); DE (diâmetro equatorial - mm); DF (diâmetro polar - mm).

As projeções bidimensionais dos efeitos dos tratamentos e das variáveis no primeiro e segundo componentes principais (CP1 e CP2) estão apresentadas nas Figura 3A e 3B. No primeiro componente principal (CP1), foi identificado um processo

caracterizado, possivelmente, pelo efeito da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e das doses de maniqueira, verificando-se correlação entre o TRA, % EE, Car, F_0 , fluorescência máxima (Fm), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), número de frutos por planta (NF), produção total por planta (PTP), peso médio de fruto (PMF), diâmetro polar (DP) e diâmetro equatorial (DE) dos frutos.

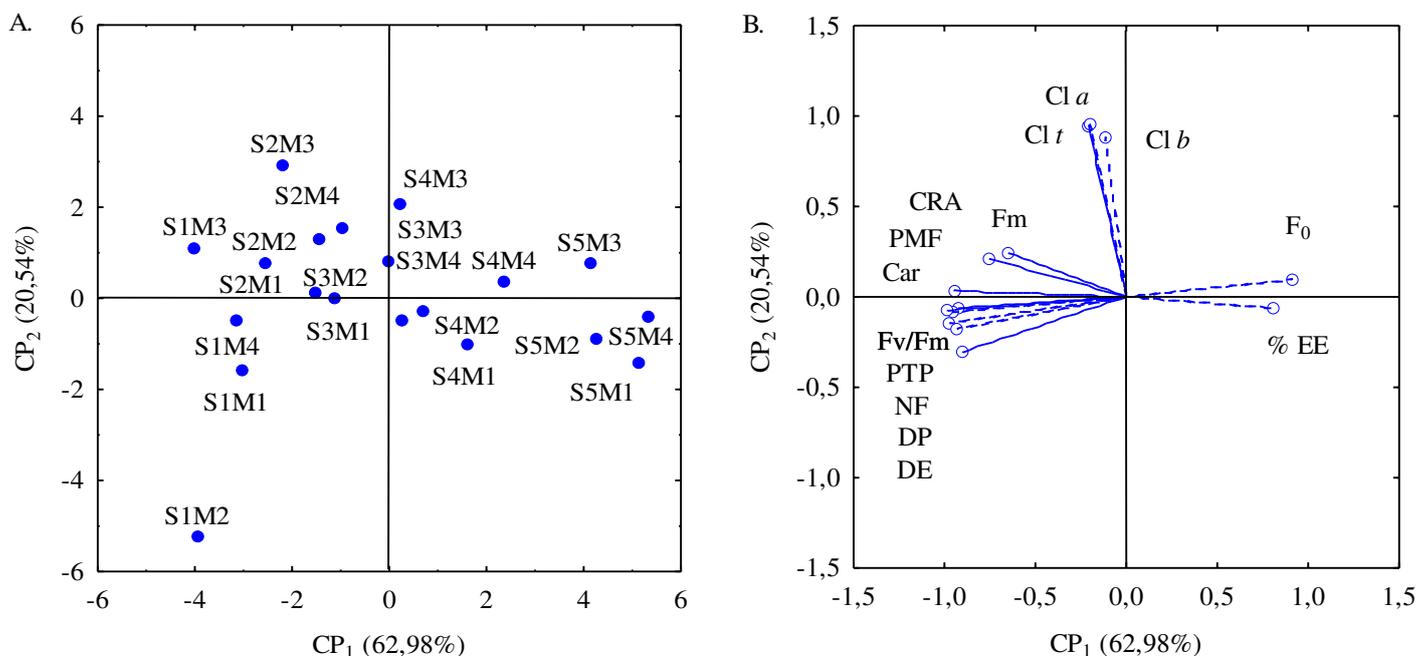


Figura 3. Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais para os fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e doses de maniqueira (M) (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (CP₁ e CP₂).

No componente principal 1, nota-se que as plantas de maracujá cultivadas sob CEa de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$ e adubadas com a dose de 75% de maniqueira (S1M3) se destacaram em comparação aos demais tratamentos, havendo maiores valores em CRA (80,5%), Car ($212,4 \mu\text{g mL}^{-1}$), Fm (2322,0), Fv/Fm (0,80), NF (21,3 unidade por planta), PTP (5246,8 g por planta), PMF (247,7 g por planta), DE (94,8 mm) e DP (119,1 mm) (Tabela 5). Além disso, as plantas submetidas ao tratamento S1M3 apresentaram menores valores de extravasamento de eletrólitos (10,9%) e menor F_0 (639,0).

Ao comparar os resultados obtidos nas plantas do tratamento S1M3 com as que receberam irrigação com CEa de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$ e adubadas com a dose de 100% de maniqueira (S1M4), houve incremento de 5,37, 3,16, 1,89, 2,44, 7,58, 6,42, 10,19, 3,16 e 2,50% no CRA, Car, Fm, Fv/Fm, NF, PTP, PMF, DE e DP, respectivamente,

demonstrando efeito benéfico do biofertilizante de maniveira na dose de 75% da recomendação de potássio.

Tabela 5. Valores médios das variáveis analisadas por tratamento.

	Valores médios													
	TRA	% EE	Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Cl <i>t</i>	Car	F ₀	F _m	F _v /F _m	NF	PT	PMF	DE	DP
S1M1	77,4	13,5	403,0	78,5	481,5	203,6	649,3	2296,0	0,791	18,0	4509,5	235,8	88,7	106,2
S1M2	78,8	12,5	440,7	80,9	521,6	206,1	647,0	2282,0	0,792	19,2	4746,4	245,5	89,5	111,5
S1M3	80,5	10,9	532,1	97,1	629,3	212,4	639,0	2322,0	0,799	21,3	5246,8	247,7	94,8	119,1
S1M4	76,4	14,1	426,2	95,6	521,8	205,9	641,7	2279,0	0,780	19,8	4930,2	224,8	91,9	116,2
S2M1	78,3	17,6	443,2	92,6	535,9	183,6	656,0	2240,4	0,776	15,8	4362,2	210,7	84,8	110,4
S2M2	78,1	16,5	489,1	97,0	586,2	185,5	659,3	2235,7	0,775	18,5	4721,8	240,0	87,9	113,5
S2M3	79,8	15,5	605,9	106,9	712,8	191,2	664,0	2224,3	0,774	16,3	4272,1	236,1	86,1	105,5
S2M4	78,5	18,8	504,5	98,4	602,9	187,4	650,0	2222,6	0,768	15,8	4058,5	235,4	84,0	100,9
S3M1	76,7	17,6	394,9	88,9	483,8	154,2	672,7	2124,8	0,750	13,4	3489,7	226,1	84,8	104,9
S3M2	77,7	16,5	435,8	93,2	528,9	157,7	672,0	2168,9	0,773	15,7	3777,4	234,5	89,2	107,9
S3M3	78,5	15,5	493,1	102,6	595,7	162,5	663,0	2213,0	0,776	13,8	3417,7	222,2	86,6	100,2
S3M4	77,8	18,8	470,3	94,4	564,7	159,3	670,0	2257,1	0,773	13,4	3246,8	202,9	84,8	95,8
S4M1	68,5	16,0	363,3	87,1	450,4	139,5	678,3	2123,5	0,753	10,7	2420,2	203,5	85,3	100,7
S4M2	70,5	13,2	400,9	91,3	492,2	149,8	684,7	2170,4	0,760	12,6	2940,1	211,1	84,7	103,6
S4M3	71,5	11,3	496,6	100,6	597,2	154,4	675,7	2626,4	0,753	11,1	2460,7	200,0	82,3	96,2
S4M4	69,4	18,3	432,6	92,6	525,2	151,3	683,0	2120,7	0,750	10,7	2166,5	182,6	80,6	92,0
S5M1	67,1	25,0	324,8	85,4	410,2	132,2	689,7	2007,7	0,730	7,5	1185,9	142,5	78,0	83,9
S5M2	69,1	22,9	350,8	89,5	414,2	134,8	685,0	2046,0	0,733	8,8	1440,6	147,7	82,0	86,3
S5M3	70,1	19,8	402,3	98,6	500,8	139,0	679,6	2066,6	0,740	7,7	1205,8	140,0	79,7	80,2
S5M4	68,0	28,3	294,4	83,7	378,1	131,2	698,0	1938,1	0,736	7,2	1061,6	127,8	78,0	76,7

S - CEa, S1 (0,9 dS m⁻¹); S2 (1,8 dS m⁻¹); S3 (2,7 dS m⁻¹); S4 (3,6 dS m⁻¹); S5 (4,5 dS m⁻¹); M - Maniveira, M1 (25%); M2 (50%); M3 (75%); M4 (100%); TRA (Teor relativo de água - %); % EE (extravasamento de eletrólitos - %); Cl *a* (clorofila *a* - µg mL⁻¹); Cl *b* (clorofila *b* - µg mL⁻¹); Cl *t* (clorofila *total* - µg mL⁻¹); Car (carotenoides - µg mL⁻¹); F₀ (fluorescência inicial); F_m (fluorescência máxima); F_v/F_m (eficiência quântica do fotossistema II); NF (número de frutos por planta); PTP (produção total por planta - g por planta); PMF (peso médio de fruto - g por fruto); DE (diâmetro equatorial - mm); DF (diâmetro polar - mm).

Ainda no componente principal 1, é possível observar que a utilização do biofertilizante de maniveira na dose de 100% de maniveira, intensificou os efeitos do estresse salino em todas as variáveis analisadas (Tabela 5), com os menores valores de TRA (68,0%), Car (132,2 µg mL⁻¹), F_m (1938,1), F_v/F_m (0,736), NF (7,2 unidade por planta), PTP (1061,6 g por planta), PMF (127,8 g por planta), DE (78,0 mm) e DP (76,7 mm), obtidos nas plantas irrigadas com CEa de 4,5 dS m⁻¹ (S5M4). E também, as plantas submetidas ao tratamento S5M4, tiveram os maiores valores de extravasamento de eletrólitos (28,3%) e de fluorescência inicial (698,0).

Com base no componente principal 2 (PC2), as plantas cultivadas sob CEa de 1,8 dS m⁻¹ e adubadas com a dose de 75% de maniveira (S2M3), alcançaram o maior valor para de Cl *a* (605,9 µg mL⁻¹), Cl *b* (106,9 µg mL⁻¹) e Cl *t* (712,8 µg mL⁻¹) e, ao comparar com as plantas do tratamento S1M4, nota-se incrementos de 20,1% (101,4 µg mL⁻¹) na Cl *a*, 8,64% (8,5 µg mL⁻¹) na Cl *b* e 18,23% (109,9 µg mL⁻¹) na Cl *t*. Por outro lado, os menores valores de Cl *a* (294,4 µg mL⁻¹), Cl *b* (83,7 µg mL⁻¹) e Cl *t* (378,1 µg mL⁻¹)

foram registrados nas plantas irrigadas com CEa de 4,5 dS m⁻¹ e adubadas com a dose de 100% de manipueira.

A aplicação de resíduos da agroindústria como fontes alternativas de fertilizantes influencia diretamente nas características químicas dos solos e pode alterar o pH, a condutividade elétrica, a concentração de nutrientes, entre outros, permitindo o aumento da produtividade (Bezerra et al., 2019). Entretanto, conforme descrito por Ramos et al. (2020) a manipueira, pode ser usada como um biofertilizante orgânico em substituição à adubação mineral, desde que não seja aplicada em excesso.

No estudo aqui apresentado, os resultados revelam que o uso de biofertilizante de manipueira em doses maiores que 75% da recomendação de potássio, associado ao aumento dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, intensificaram os efeitos do estresse salino sobre a fisiologia, o crescimento e os componentes de produção do maracujazeiro-azedo. O baixo valor do pH das amostras (pH variando de 3,19 a 3,81), pode ter afetado negativamente a absorção de nutrientes e, assim, limitado o crescimento e o desenvolvimento do maracujazeiro, tendo em vista que, a faixa de pH ideal para a cultura do maracujazeiro é de 5,0 a 6,0. Além disso, as doses de biofertilizante de manipueira possuíam condutividade elétrica variando de 2,1 a 5,5 dS m⁻¹.

O teor relativo de água de água foliar é um fator determinante para os processos fisiológicos e sobrevivência das plantas, refletindo diretamente no seu estado hídrico, e sua diminuição (Tabela 5) indica que o estresse salino resultou em déficit hídrico nas plantas, pois o excesso de sais na solução do solo causa diminuição do potencial osmótico, inibindo absorção de água e nutrientes (Behdad et al., 2021; Lima et al., 2023). Entretanto, é possível observar (Tabela 5), que a aplicação da dose de 75% de manipueira como fonte de potássio foi capaz de aumentar o TRA, mesmo nas plantas irrigadas com CEa de 4,5 dS m⁻¹.

A fertilização com potássio, por sua vez, pode mitigar os efeitos deletérios do estresse salino nas plantas (Silva et al., 2022), sendo o segundo nutriente mais exigido pelo maracujá (Silva Júnior et al., 2013). Ele está envolvido na translocação e manutenção do equilíbrio hídrico e participa de diversas funções bioquímicas e fisiológicas, como movimento estomático, ativação enzimática, síntese de proteínas, fotossíntese, osmorregulação e redução da absorção excessiva de íons como o Na⁺ (Ahanger et al., 2017).

O excesso de sais presentes na água de irrigação favorece o desequilíbrio entre a produção e a eliminação de espécies reativas de oxigênio (EROs) como superóxido

radicais, radicais hidroxila e peróxido de hidrogênio (Sachdev et al., 2021), podendo causar danos foto-oxidativos aos fotossistemas e peroxidação da membrana celular (Yudina et al., 2020; Zhai et al., 2023), gerando aumento na porcentagem de extravasamento de eletrólitos, conforme observado no presente estudo (Tabela 5). Vale ressaltar que, o aumento não causou lesões aos tecidos foliares, pois de acordo com Sullivan (1971) a célula é considerada injuriada quando o percentual de dano ultrapassa 50%.

Os teores de pigmentos fotossintéticos frequentemente são utilizados como um parâmetro de tolerância das plantas a estresses abióticos (Mimma et al., 2023). O estudo atual também mostrou que o estresse salino reduziu os teores de clorofila e carotenoides do maracujazeiro-azedo (Tabela 5). As reduções nos teores de clorofila podem ser consideradas um sintoma típico do estresse oxidativo e podem ser atribuídas à inibição da síntese ou degradação pela enzima clorofilase (Soares et al., 2021). Que pode ocorrer em razão da síntese lenta ou degradação rápida, sendo um indício de que houve um mecanismo de fotoproteção por meio da redução da absorvância de luz, diminuindo os teores de clorofila (Taïbi et al., 2016).

As reduções nos teores de pigmentos fotossintéticos em função do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação também foram apontadas por Souza et al. (2023) em maracujazeiro-azedo sob estresse salino (CEa variando de 0,3 a 3,5 dS m⁻¹), os autores constataram reduções de 40,41% na clorofila *a* e 41,13% na clorofila *b*, ao comparar as plantas irrigadas com CEa de 3,5 dS m⁻¹ em relação as cultivadas sob menor salinidade (0,3 dS m⁻¹).

Entretanto, a manipueira na dose de 75% da recomendação de potássio, foi capaz de amenizar os efeitos do estresse salino sobre os pigmentos fotossintéticos, mesmo nas plantas irrigadas com CEa de 4,5 dS m⁻¹. Vale destacar que, as clorofilas desempenham um papel importante na atividade fotossintética, através da coleta de luz e transferência de energia (Liang et al., 2022), seu aumento conforme observado nas plantas adubadas com a dose de 75% de manipueira pode influenciar de forma positiva a produção do maracujazeiro.

A fluorescência inicial (F_0) do maracujazeiro-azedo aumentou em função do incremento da condutividade elétrica da água de irrigação e das doses de manipueira (Tabela 5). O aumento na F_0 é um indicativo de dano ao aparelho fotossintético ocasionado pelo o estresse salino, uma vez que, a variável indica a perda de energia

luminosa, situação que ocorre em estado de oxidação da quinona no centro de reação (P680), dificultando a transferência de energia do fotossistema II (Dias et al., 2021).

A fluorescência máxima e a fluorescência variável foram reduzidas pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Tabela 5). Esses resultados podem estar relacionados com a baixa eficiência na fotorredução de quinonas e no fluxo de elétrons entre os fotossistemas, o que resulta em baixa atividade do PSII na membrana do tilacóide, afetando diretamente no fluxo de elétrons entre os fotossistemas (Galvão Sobrinho et al., 2023). E também com a degradação dos pigmentos fotossintéticos observados no presente estudo.

A eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) também foi reduzida pelo aumento da CEa (Tabela 5). No entanto, é possível inferir que a integridade do aparato fotossintético foi comprometido apenas nas plantas irrigadas com CEa de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, pois as plantas apresentaram valores de F_v/F_m abaixo de 0,75, que é um indicativo de dificuldade na fixação de CO_2 no tecido foliar, sendo um excelente indicador de estresse da planta (Peripolli et al., 2021).

Os resultados desta pesquisa revelam que, o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação afetou negativamente todas as variáveis de componentes de produção do maracujazeiro-azedo e que os efeitos foram mais graves nas plantas adubadas com a dose de 100% de manipueira (CEa de $5,5 \text{ dS m}^{-1}$) como fonte de potássio. Reduções nos componentes de produção do maracujazeiro em função do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação foram observadas em diversas pesquisas como por exemplo, Paiva et al. (2021), Souto et al. (2022), Lima et al. (2022) e Pinheiro et al. (2022).

Segundo Oliveira et al. (2017), com o aumento da concentração de sais no solo, as plantas têm maior dificuldade em absorver água e nutrientes, acionando o fechamento estomático para evitar a perda excessiva de água para o ambiente e, com isso, diminui a entrada de CO_2 na câmara subestomática, comprometendo assim, os componentes de produção.

Além disso, as reduções nos componentes de produção foram intensificadas pela aplicação da dose de 100% de manipueira como fonte de potássio. De acordo com Trankner et al. (2018), quando as plantas absorvem K em quantidade superior à necessária, isso resulta em 'consumo de luxo', sendo que o excesso de potássio pode interferir na absorção de outros elementos, que competem pelos mesmos sítios de absorção, principalmente, Ca^{2+} e Mg^{2+} .

Outro ponto que precisa ser levado em consideração é que maracujazeiro se desenvolve bem em solos que apresentam faixa de pH variando entre 5,0 a 6,0, mas o pH da manipueira na dose de 100% possuía pH de 3,19, fato que pode ter limitado a absorção de nutrientes e como consequência prejudicou a fisiologia e a produção do maracujazeiro-azedo.

Conforme recomendação de Hair et al. (2009), o crescimento em diâmetro de caule, o rendimento de polpa e espessura da casca (Tabela 6) e as variáveis de pós-colheita da polpa do maracujazeiro (Tabela 7) foram removidas do banco de dados da análise multivariada e analisadas por meio da análise univariada, pois apresentaram coeficiente de correlação inferior a 0,6.

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 6), a interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e as doses de manipueira (CEa×DM), não influenciaram significativamente ($p>0,05$) nenhuma das variáveis analisadas. Já os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação analisados de forma isolada, afetaram bastante ($p\leq 0,01$) o diâmetro de caule aos 150 e 250 dias após o transplante (DC150 e DC250), o rendimento de polpa (RP) e espessura da casca (EC) dos frutos do maracujazeiro azedo. Já as doses de manipueira atuaram de forma significativa o DC150 e DC180.

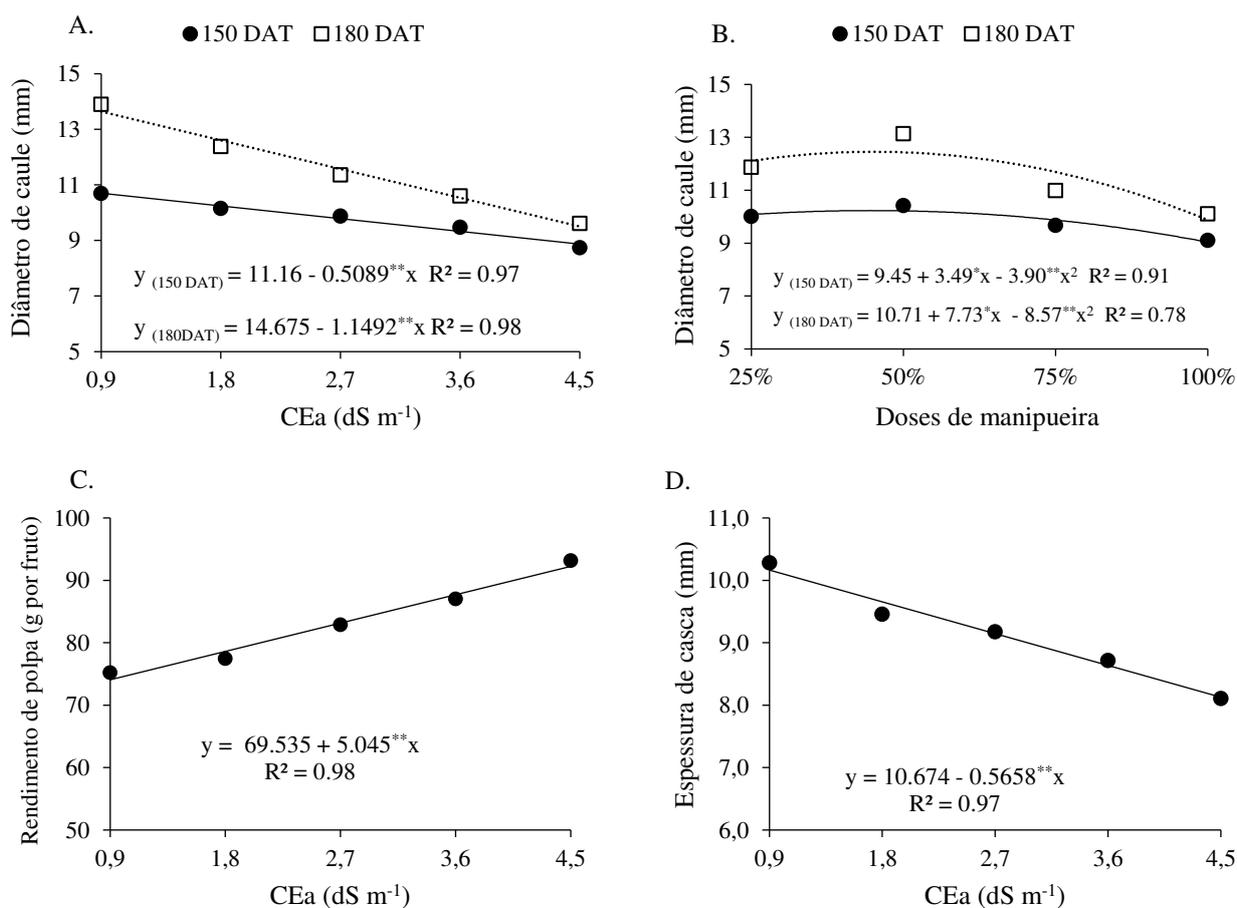
Tabela 6. Resumo da análise de variância referente ao diâmetro de caule aos 150 e 180 dias após transplante (DC150 e DC180), rendimento de polpa (RP) e espessura de casca (AA) e dos frutos do maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas e submetido a doses de manipueira.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		DC150	DC180	RP	EC
Condutividade elétrica da água de irrigação (CEa)	4	2,74**	14,15**	4,34**	16,56**
Regressão linear	1	10,82**	55,06**	17,33**	63,90**
Regressão quadrática	1	0,01 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,05 ^{ns}	2,31 ^{ns}
Resíduo 1	8	$1,17 \times 10^{-4}$	0,19	0,002	0,001
Doses de manipueira (DM)	3	0,15**	0,44**	0,06 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Regressão linear	1	3,14 ^{ns}	7,21 ^{ns}	-	-
Regressão quadrática	1	27,2**	47,54**	-	-
Interação (CEa × DM)	12	$6,64 \times 10^{-4}$ ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Resíduo 2	32	$2,47 \times 10^{-3}$	0,27	0,005	0,02
CV 1 (%)		12,40	13,09	4,40	8,18
CV 2 (%)		13,88	13,70	6,02	9,88

ns, *, ** respectivamente não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$. CV: Coeficiente de variação, GL: Grau de liberdade.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação afetou de forma negativa o diâmetro de caule - DC (Figura 4A), aos 150 e 180 DAT, com declínios de 4,56 e 7,83% por aumento unitário da CEa, respectivamente. Diminuição no crescimento em diâmetro de caule do maracujazeiro-azedo em função do incremento da salinidade da água de irrigação, também foi observado por Andrade et al. (2019), no qual os autores constataram reduções de 6,58, 4,85 e 9,35% por incremento unitários da CEa aos 35, 73 e 105 dias após o transplantio.

A diminuição do diâmetro do caule reflete o efeito do potencial osmótico da solução do solo causado pelas altas concentrações de sais, que dificulta a absorção de água e nutrientes pelas plantas e causa perda de pressão de turgor nas células, o que compromete o crescimento das plantas (Lima et al., 2021; Silva et al., 2024).



** significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste F.

Figura 4. Diâmetro de caule - DC (A), rendimento de polpa - RP (C) e espessura de casca – EC (D) do maracujazeiro-azedo em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e diâmetro de caule em função das doses de manipueira (B) aos 150 e 180 dias após o transplantio.

O diâmetro de caule do maracujazeiro também foi afetado pelas doses de manipueira (150 e 180 DAT) e, nota-se através das equações de regressão (Figura 4B) que as plantas submetidas à adubação de 50% da dose de manipueira se destacaram com os maiores DC (10,23 mm e 12,45 mm). O efeito benéfico da aplicação de manipueira como fonte de potássio na dose de 50%, pode estar relacionado ao fato do potássio desempenhar funções fisiológicas no metabolismo, como controle da regulação osmótica e manutenção da homeostase iônica (Lima et al., 2019), contribuindo com a divisão celular e assim, com maior crescimento.

Por outro lado, em doses maiores que 50% o resultado não foi bom, pois, reduziu o DC tanto aos 150 como aos 180 DAT (Figura 4B). De acordo Costa et al. (2020), a manipueira quando aplicada em excesso pode desequilibrar as concentrações de nutrientes e sais e diminuir o pH do solo, o que inibe a absorção de água e nutrientes, provocando sérios distúrbios as plantas.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação proporcionou efeito linear crescente no rendimento de polpa dos frutos do maracujazeiro-azedo (Figura 4C), com incremento de 7,25% por acréscimo unitário da CEa. As plantas irrigadas com CEa de 4,5 dS m⁻¹ tiveram aumento de 24,48% (18,16 g por fruto), em relação as cultivadas com CEa de 0,9 dS m⁻¹. Corroborando com o presente estudo, Ramos et al. (2022) avaliando a produção e a qualidade pós-colheita de frutos de maracujazeiro-azedo sob estresse salino (CEa variando de 0,6 a 3,0 dS m⁻¹), verificaram aumento no rendimento de polpa de 24,53 g por fruto nas plantas irrigadas com maior nível salino (3,0 dS m⁻¹) em relação as cultivadas sob CEa de 0,6 dS m⁻¹.

O aumento no rendimento de polpa observado em função do incremento da CEa pode estar associado ao acúmulo de osmoprotetores, como prolina e glicina betaína, como mecanismo aclimatação, utilizado para ajustar o potencial osmótico (Dantas et al., 2022).

Diferente do efeito no rendimento de polpa (Figura 4C), a espessura de casca foi menor com incremento da CEa (Figura 4D). As plantas cultivadas com CEa de 4,5 dS m⁻¹ tiveram redução de 20,06% (2,04 mm), em relação as cultivadas com CEa de 0,9 dS m⁻¹. De acordo com Andrade et al. (2019), o excesso de sais presente na água de irrigação

limita a absorção de água e nutrientes pelas plantas, devido a redução do potencial osmótico do solo, fato que pode estar relacionado com as reduções na espessura de casca.

A espessura da casca do maracujá está inversamente relacionada ao rendimento da polpa, pois frutos com casca fina possuem cavidade interna com maior volume e totalmente preenchida (Campos et al., 2013). No entanto, frutas com maior espessura da casca são mais adequadas para o transporte por longas distâncias, pois reduzem as perdas pós-colheita devido aos danos físicos (Suassuna et al., 2011; Dias et al., 2017).

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 7), as variáveis: potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), ácido ascórbico (AA) e acidez titulável (AT) dos frutos de maracujá, foram afetadas significativamente ($p \leq 0,01$) apenas pelos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

Tabela 7. Resumo da análise de variância referente ao potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), ácido ascórbico (AA) e acidez titulável (AT) da polpa do maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas e submetido a doses de manipueira.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		pH	SS	AA	AT
Condutividade elétrica da água de irrigação (CEa)	4	2,02**	10,20**	4,79**	18,26**
Regressão linear	1	10,82**	55,06**	17,33**	63,90**
Regressão quadrática	1	0,01 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,05 ^{ns}	2,31 ^{ns}
Resíduo 1	8	0,001	0,14	0,06	0,001
Doses de manipueira (DM)	3	0,11 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Interação (CEa × DM)	12	0,0001 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Resíduo 2	32	0,007	0,19	0,005	0,02
CV 1 (%)		2,92	3,09	4,47	2,28
CV 2 (%)		4,78	3,70	5,82	3,88

^{ns}, *, ** respectivamente não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$. CV: Coeficiente de variação, GL: Grau de liberdade.

O pH (Figura 5A) e os teores de ácido ascórbico (Figura 5B) dos frutos de maracujá foram reduzidos pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, com decréscimo de 8,06% (pH), e 9,09% (AA) por incremento unitário da CEa. As plantas irrigadas com CEa de 4,5 dS m⁻¹ diminuíram em 31,33% (1,04) o pH e 35,56% (1,60 mg 100 g⁻¹ de polpa) o teor de ácido ascórbico. O pH dos frutos de maracujazeiro irrigados com CEa até 3,0 dS m⁻¹, estão de acordo com os dados estabelecidos pelos padrões de identidade e qualidade do Ministério da Agricultura e Pecuária para polpa de

maracujá (*Passiflora edulis* Sims.), que recomenda valor mínimo de pH de 2,70 e máximo de 3,80 (BRASIL, 2000). Por outro lado, a irrigação com CEa acima de 3,0 dS m⁻¹ afetou negativamente o pH dos frutos, já que os valores foram inferiores a 2,70.

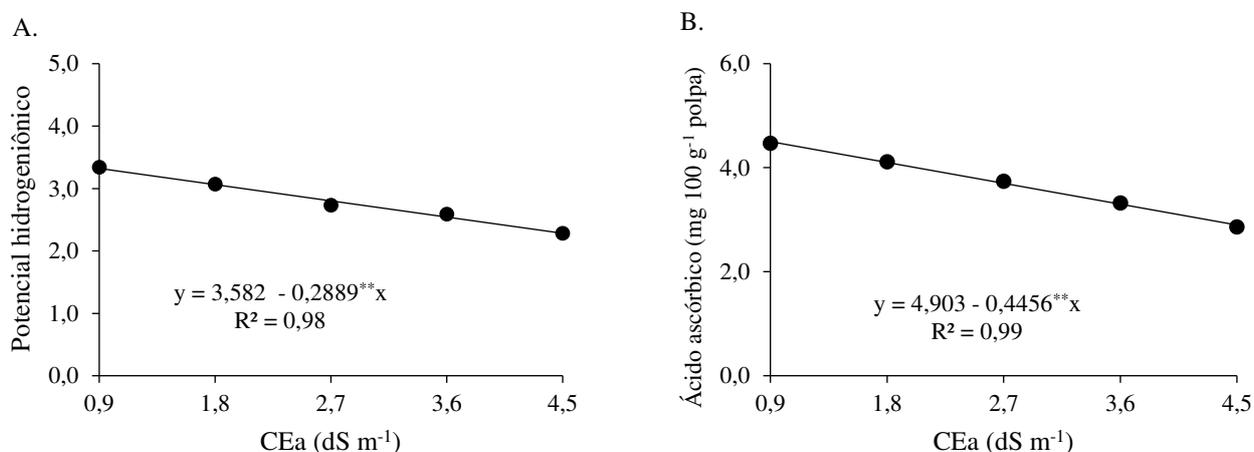


Figura 5. Potencial hidrogeniônico - pH (A) e ácido ascórbico – AA (B) da polpa do maracujazeiro-azedo em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa).

O ácido ascórbico é uma vitamina hidrossolúvel que possui grande importância nutricional, por sua atuação como cofator em diversos processos fisiológicos e antioxidantes (Cunha et al., 2014). Os resultados obtidos nesta pesquisa (Figura 5B) revelam que a irrigação com CEa acima de 0,9 dS m⁻¹ diminuiu os teores de ácido ascórbico, afetando a qualidade dos frutos. Galvão Sobrinho et al. (2023), avaliando a qualidade das polpas de maracujazeiro em função do estresse salino (CEa variando de 0,8 a 4,0 dS m⁻¹), constataram redução nos teores de ácido ascórbico de 10,2% por incremento unitário da CEa.

Diferente do efeito observado no pH e AA (Figura 5A e B), os sólidos solúveis (Figura 6A) e acidez titulável (Figura 4B) aumentaram em função do incremento da condutividade elétrica da água de irrigação, com acréscimos de 6,25% (SS) e 17,53%(AT), por incremento unitário da CEa. As plantas irrigadas com CEa de 4,5 dS m⁻¹ tiveram aumento de 21,36% (2,30 °Brix) nos sólidos solúveis e 54,62% na acidez titulável, em relação às cultivadas com CEa de 0,9 dS m⁻¹.

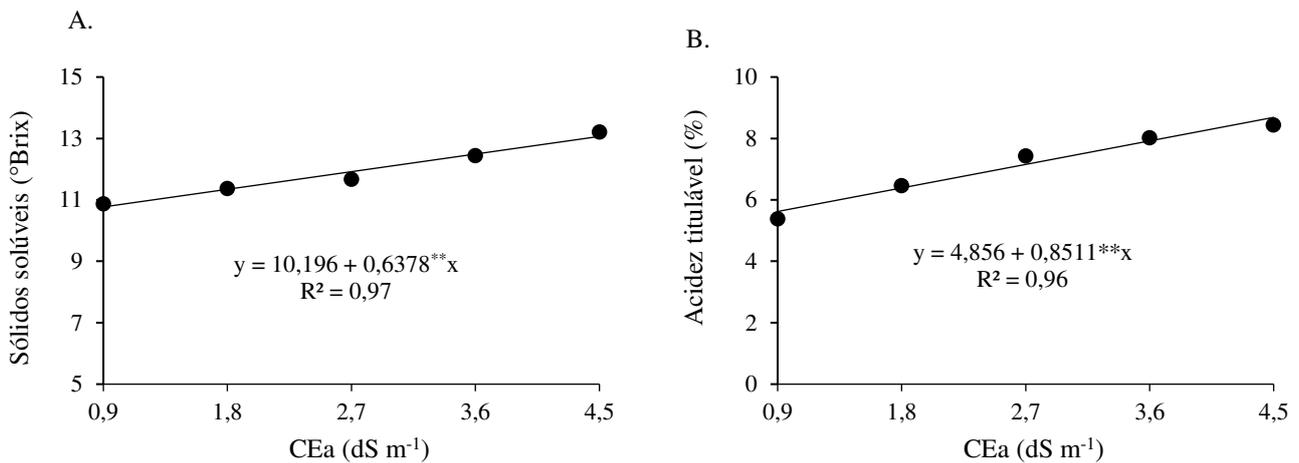


Figura 6. Potencial hidrogeniônico - pH (A), ácido ascórbico – AA (B), sólidos solúveis - SS (C) e acidez titulável – AT (D) da polpa do maracujazeiro-azedo em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa).

Para a indústria e também para o mercado de frutas frescas, o teor de SS deve ser alto e a acidez titulável elevada para garantir a vida útil pós-colheita (Pacheco et al., 2018; Jesus et al., 2018). Por exemplo, quanto maior o valor de SS da fruta, menor a quantidade de frutas para a concentração de suco (Negreiros et al., 2008). De acordo com a Instrução Normativa nº 01, de 07 de janeiro de 2000, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2000), o teor mínimo de sólidos solúveis totais estabelecido para comercialização de polpa de maracujá deve ser maior que 11 °Brix e acidez titulável acima de 2,50%, o que indica que os valores obtidos em plantas irrigadas com CEa até 4,5 dS m⁻¹ estão de acordo com o regulamento técnico para definição dos padrões de identidade e qualidade para a polpa de maracujá.

4 CONCLUSÕES

A irrigação com água de condutividade elétrica acima de 0,9 dS m⁻¹ afetou negativamente os índices fisiológicos, o crescimento e os componentes de produção do maracujazeiro-azedo. Entretanto, a dose de 75% da recomendação de potássio, amenizou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação, com os melhores resultados obtidos nas plantas irrigadas com CEa de 0,9 e 1,8 dS m⁻¹.

O uso de manipueira em doses maiores que 75% da recomendação de potássio, intensifica os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre a morfofisiologia e os componentes de produção do maracujazeiro.

A irrigação com CEa acima de 3,0 dS m⁻¹ afetou negativamente o pH e reduziu os teores de ácido ascórbico da polpa do maracujá-azedo.

O uso de biofertilizante com a dose de 100% da recomendação de potássio é excessiva para o maracujazeiro-azedo sob condições de estresse salino. Entretanto, a dose de 75% pode ser uma substituição da adubação química.

5 REFERÊNCIAS

- Ahanger, M. A.; Tomar, N. S.; Tittal, M.; Argal, S.; Agarwal, R. M. Plant growth under water/salt stress: ROS production; antioxidants and significance of added potassium under such conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, v.23, p.731-744, 2017.
- Andrade, E. M.; Lima, G. S. de; Lima, V. L. A.; Silva, S. S. da; Gheyi, H. R.; Silva, A. A. R. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H₂O₂ application. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, n. 12, p. 945-951. 2019.
- Araújo, N. C., Oliveira, S. J. C., Ferreira, T. C., Lima, V. L. A., Queiroz, A. J. P., & Araújo, F. A. C. Crescimento e produtividade de milho fertilizado com manipueira como fonte alternativa de nutrientes. *Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária*, v. 9, n. 2, p. 31-35, 2015.
- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant physiology*, v. 24, n. 1, p. 1, 1949.
- Azevedo, L. C., Martins, I. C. S., Silva, V. L., Ribeiro, C. S. Salinidade do solo em ambiente protegido. *Revista Campo Digital*, v. 13, n. 1, 2018.
- Behdad, A.; Mohsenzadeh, S.; Azizi, M. Growth, leaf gas exchange and physiological parameters of two *Glycyrrhiza glabra* L. populations subjected to salt stress condition. *Rhizosphere*, v.17, p.1-11, 2021.
- Bezerra, M. G. D. S., da Silva, G. G., Difante, G. D. S., Emerenciano, J. V., Oliveira, E. M., & Morais, É. G. Chemical attributes of soil under cassava wastewater application in Marandugrass cultivation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v. 23, n. 8, p. 579-585, 2019.
- Brasil. Regulamento Técnico Geral para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Fruta. Instrução Normativa nº 1, de 07 de janeiro de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 jan. 2000, Seção I, p.259.

- Campos, V.B.; Fogaça T. S.; Almeida W. L.; Barbosa J. A.; Oliveira M. R. T.; Gondim S.C.; Cavalcante L. F. Caracterização física e química de frutos de maracujá-amarelo comercializados em Macapá, Amapá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.15, n.1, p.27-33, 2013.
- Coelho, D. S., Silva, J. A. B., Nascimento, R. L., Souza Costa, J. D., & Seabra, T. X. Germinação e crescimento inicial de variedades de feijão caupi submetidas a diferentes concentrações salinas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 12, n. 2, p. 261-266, 2017.
- Costa, A. G.; Cova, A. M. W.; Souza, L. D. S.; Xavier, F. A. D. S.; Correia, M. R. S.; Gonçalves, D. R.; Almeida, W. F. D. Use of cassava wastewater in *Capsicum chinense* production, *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 50, 2020.
- Dantas, M. V.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Silva, L. de A.; Silva, P. C. C.; Soares, L. A. dos A.; Lopes, I. A. P.; Roque, I. A. Hydrogen peroxide and saline nutrient solution in hydroponic zucchini culture. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 42, n. 3, p. 1167-1186, 2022.
- Dias, A. S., Lima, G. S. de; Gheyi, H. R., Furtado, G. de F., Soares, L. A. dos A.; Nobre, R. G., Fernandes, P. D. Chloroplast pigments and photochemical efficiency of West Indian cherry under salt stress and potassium-phosphorus fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, v.42, p.87-104, 2021.
- Dias, D. G., Pegoraro, R., Maia, V., Medeiros, A. C. (2017). Production and postharvest quality of irrigated passion fruit after NK fertilization. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017553>
- Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V. (Ed.). *Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 341 p.
- Ferreira, W. D. A., Botelho, S. M., Cardoso, E. M., Poltronieri, M. C. *Manipueira: um adubo orgânico em potencial*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 25 p.
- Galvão Sobrinho, T., da Silva, A. A. R., de Lima, G. S., de Lima, V. L. A., Borges, V. E., Nunes, K. G., ... & de Azevedo, C. A. V. (2023). Foliar Applications of Salicylic Acid on Boosting Salt Stress Tolerance in Sour Passion Fruit in Two Cropping Cycles. *Plants*, 12(10), 2023.
- Gontijo, G.M. *Cultivo do maracujá: informações básicas*. –Brasília: EMATER-DF, 2017. 21p.

- Govaerts, B., Sayre, K. D., Lichter, K., Dendooven, L., & Deckers, J. (2007). Influence of permanent raised bed planting and residue management on physical and chemical soil quality in rain fed maize/wheat systems. *Plant and Soil*, 291, 39–54.
- Hair, F. J., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R.L. (2009). *Análise multivariada de dados*. 6. ed. Tradução Adonai Schlup Sant’Anna. Porto Alegre: Bookman. 688p.
- Hotelling, H., Eisenhart, C., Hastay, M. W., & Wallis, W. A. (1947). *Multivariate quality control. Techniques of statistical analysis*. New York: John Wiley e Sons. 1947. 73p.
- Instituto de Geografia e Estatística - IBGE. *Produção Agrícola Municipal Lavouras Permanentes 2021*. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613> >. Acesso em: 05 junho de 2023.
- Jesus, C. A. S. D., Carvalho, E. V. D., Girardi, E. A., Rosa, R. C. C., & Jesus, O. N. D. (2018). Fruit quality and production of yellow and sweet passion fruits in northern state of São Paulo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40.
- Kaiser, H.F. 1960. The Application of Electronic Computers to Factor Analysis. *Educational and Psychological Measurement*. vol. 20, no. 1 pp. 141-151.
- Liang, H.; Shi, Q.; Li, X.; Gao, P.; Feng, D.; Zhang, X.; Ma, W. Synergistic effects of carbon cycle metabolism and photosynthesis in Chinese cabbage under salt stress. *Horticultural Plant Journal*. 2022, <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2022.09.003>
- Lima, G. S. D., Pinheiro, F. W., Gheyi, H. R., Soares, L. A. D. A., Sousa, P. F. D. N., & Fernandes, P. D. (2022). Saline water irrigation strategies and potassium fertilization on physiology and fruit production of yellow passion fruit. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 26, 180-189.
- Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W., de Souza, W. B., Soares, L. A. D. A., Gheyi, H. R., Nobre, R. G.; Fernandes, P. D. (2023). Physiological indices of sour passion fruit under brackish water irrigation strategies and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 27, 383-392.
- Lima, G.S., Soares, M.G.S., SOARES, L.A.A., GHEYI, H.R., PINHEIRO, F.W.A. and SILVA, J.B., 2021. Potassium and irrigation water salinity on the formation of sour passion fruit seedlings. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 25, no. 6, pp. 393-401.
- 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*. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 1992, 173p.

- Mimma, A. A.; Haque, M. A.; Hossain, M. M.; Ghosh, T. K.; Zinan, N.; Chowdhury, M. Z. H.; Islam, S. M. N. Seed priming with *Beauveria bassiana* improves growth and salt stress response in rice. *Environmental and Experimental Botany*, v. 6, n. 1, e105427, 2023.
- Negreiros, J.R.S.; Araújo Neto, S.E.; Álvares, V.S.; Lima, V.A.; Oliveira, T.K. Caracterização de frutos de progênies de meios-irmãos de maracujazeiro-amarelo em Rio Branco - Acre. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.30, n.2, p.431-437, 2008.
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. (ed.) *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa-SEA p. 189-253, 1991.
- Pacheco, A. L. V., Pagliarini, M. F., Freitas, G. B. D., & Vieira, G. (2018). Yellow passion fruit postharvest conservation and quality according to organic and mineral fertilizer. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40.
- Paiva, F. J. S., Lima, G. S. de; Lima, V. L. A.; Gomes Nunes, K. G.; Fernandes, P. D. Gas exchange and production of passion fruit as affected by cationic nature of irrigation water. *Revista Caatinga*, 34 (4), 2021.
- Peripolli, M.; Dornelles, S. H.; Lopes, S. J.; Tabaldi, L. A.; Trivisiol, V. S.; Rubert, J. Application of biostimulants in tomato subjected to water deficit: Physiological, enzymatic and production responses. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2021, 25, 90-95.
- Pinheiro, F. W. A., Lima, G. S. D., Gheyi, H. R., Soares, L. A. D. A., Oliveira, S. G. D., & Silva, F. A. D. (2021). Gas exchange and yellow passion fruit production under irrigation strategies using brackish water and potassium. *Revista Ciência Agronômica*, 53, e20217816.
- Pinheiro, F. W. A.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Oliveira, S. G. de; Silva, F. A. da. Gas exchange and yellow passion fruit production under irrigation strategies using brackish water and potassium. *Revista Ciência Agronômica*, v.53, p.1-11, 2022.
- Pinheiro, FWA; Lima, GSd; Gheyi, RH; Soares, LAdA; Nobre, RG; Fernandes, PD Estratégias de irrigação com água salobra e adubação potássica no cultivo do maracujá-amarelo. *Ciênc. Agrotec.* 2022, 46, e022621.
- Ramos, J. G.; Lima, V. L. A. de.; Sales, E. S.; Medeiros, G. O. de.; Pereira, M. de O.; Guimarães, R. F.; Ramos, G. G. Growth of fertilized maize via fertirrigation and

- foundation with treated human urine and cassava wastewater. *Journal of Agricultural Science*, v. 10, n. 5, p. 188-197, 2018.
- Ramos, J. G.; Lima, V. L. A. de; Lima, G. S. de; Nunes, K. G.; Pereira, M. O.; Paiva, F. J. da S. Produção e qualidade pós-colheita do maracujazeiro-azedo irrigado com águas salinas e aplicação exógena de H₂O₂. *Irriga*, v27. n.3, p. 540-556, 2022.
- Ramos, J. G.; Lima, V. L. A. de; Pereira, M. de O.; Nascimento, M. T. C. C. do; Araújo, N. C. de; Pereira, M. C. de A. Cultivo de milho híbrido com macronutrientes, urina humana e manipueira aplicados via fundação e fertirrigação. *Irriga*, v. 25, n. 2, p. 420-431, 2020.
- Richards, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: U.S, Department of Agriculture, 1954.
- Sá, F. V. da S.; Brito, M. E. B.; Silva, L. A.; Moreira, R. C. L.; Fernandes, P. D.; Figueiredo, L. C. de. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira - Sunki Comum sob solução hidropônica salinizada. *Comunicata Scientiae*, v. 6, p.463-470, 2015.
- Sachdev, S.; Ansari, S.A.; Ansari, M.I.; Fujita, M.; Hasanuzzaman, M. Abiotic stress and reactive oxygen species: Generation, signaling, and defense mechanisms. *Antioxidants*, v. 10, e277, 2021.
- São José, A. R.; Rebouças, T. N. H.; Pieres, M. M.; Angel, D. N.; Sousa, I. V. B.; Bonfim, M. P. *Maracujá: Práticas de cultivo e comercialização*. 1. ed. Vitória da Conquista: UESB/DFZ, 2000. 316p.
- Scotti-Campos, P.; Pham-Thi, Anh-Thu; Semedo, J. N.; Pais, I. P.; Ramalho, J. C.; Matos, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v. 25, p. 1002-1013, 2013.
- Silva Júnior, G. B.; Cavalcante, I. H. L.; Albano, F. G.; Osajima, J. A. Estado nutricional e clorofila foliar do maracujazeiro-amarelo em função de biofertilizantes, calagem e adubação com N e K. *Revista de Ciências Agrárias*, v.36, p.163-173, 2013.
- Silva, A. A. R., Capitulino, J. D., Lima, G. S., Azevedo, C. A. V., Arruda, T. F. L., Souza, A. R., ... & Soares, L. A. A. Hydrogen peroxide in attenuation of salt stress effects on physiological indicators and growth of soursop. *Brazilian Journal of Biology*, v. 84, 2022.
- Silva, A. A., Lima, G. S. D., de Azevedo, C. A., Gheyi, H. R., Soares, L. A. D. A., Veloso, L. L. O ácido salicílico melhora os indicadores fisiológicos de gravioleira irrigada com

- águas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, p. 412-419, 2022.
- Silva, C., Souza, T., Oliveira, E. Produtividade do milho sob uso de manipueira. In: VI Congresso Latino-Americano, X Congresso Brasileiro e V Seminário do DF e Entorno. Brasília-DF. v. 13, n. 1, 2018.
- Soares, L. A. D. A., Oliveira, S. G. D., Lima, G. S. D., Fernandes, P. D., Araújo, R. H., & Fernandes, E. A. Physiological changes of pomegranate seedlings under salt stress and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. p. 25, 453-459, 2021.
- Souto, A. G. D. L., Cavalcante, L. F., Melo, E. N. D., Cavalcante, Í. H., Oliveira, C. J., da Silva, R. Í., ... & Mendonça, R. Gas exchange and yield of grafted yellow passion fruit under salt stress and plastic mulching. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, p. 823-830, 2022.
- Souza, W. B. B. D., Lima, G. S. D., Paiva, F. J. D. S., Soares, L. A. D. A., Fátima, R. T. D., Silva, A. A. R. D., ... & Fernandes, P. D. Potassium fertilization as salt stress attenuator in sour passion fruit. *Ciência Rural*, v. 53, n. 9, e20210769, 2023.
- Statsoft, I. N. C. (2004). Programa computacional Statistica 7.0. E. A. U.
- Suassuna, J.F.; Melo, A.S.; Ferraz, R.L.S.; Pereira, V.M.; Souza, M.S.S. Rendimento e qualidade da produção de híbrido de maracujazeiro-amarelo ‘IAC 273/277’ sob diferentes níveis de irrigação. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.24, n.4, p.115-122, 2011.
- Sullivan, C.Y. Mechanisms of heat drought resistance in grain sorghum and methods of measurement. In *Sorghum in Seventies*; Rao, N.G.P., House, L.R., Eds.; Oxford and IBH Publication: New Delhi, India, 1971; v1, 247p.
- Taïbi, K.; Taïbi, F.; Abderrahim, L. A.; Ennajah, A.; Belkhodja, M.; Mulet, J. M. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. *South African Journal of Botany*, 105, 306-312, 2016.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017.
- Veloso, L. L. D. S. A., Azevedo, C. A. V. D., Nobre, R. G., Lima, G. S. D., Bezerra, J. R. C., Silva, A. A. R. D., ... & Chaves, L. H. G. (2023). Production and Fiber Characteristics of Colored Cotton Cultivares under Salt Stress and H₂O₂. *Plants*, 12(11), 2090.

- Weatherley, PjE. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *New Phytologist*, p. 81-97, 1950.
- Yudina, L.; Sukhova, E.; Gromova, E.; Nerush, V.; Vodeneev, V.; Sukhov, V. A light-induced decrease in the photochemical reflectance index (PRI) can be used to estimate the energy-dependent component of non-photochemical quenching under heat stress and soil drought in pea, wheat, and pumpkin. *Photosynthesis Research*, v. 146, p. 175-187, 2020.
- Zhai, J.; Liang, Y.; Zeng, S.; Yan, J.; Li, K.; Xu, H. Overexpression of tomato glutathione reductase (SlGR) in transgenic tobacco enhances salt tolerance involving the S-nitrosylation of GR. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 196, p. 497-506, 2023.