



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

ANDREZA SILVA BARBOSA

**USO DE ÁGUA SALOBRA, ADUBAÇÃO FOSFATADA E *TRICHODERMA* NA
CULTURA DA BETERRABA NO MACIÇO DE BATURITÉ, CEARÁ**

FORTALEZA

2023

ANDREZA SILVA BARBOSA

USO DE ÁGUA SALOBRA, ADUBAÇÃO FOSFATADA E *TRICHODERMA* NA
CULTURA DA BETERRABA NO MACIÇO DE BATURITÉ, CEARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador (a): Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva

Coorientador (a): Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B195u Barbosa, Andreza Silva.
Uso de água salobra, adubação fosfatada e Trichoderma na cultura da beterraba no maciço de Baturité, Ceará / Andreza Silva Barbosa. – 2024.
76 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva .
Coorientação: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa .

1. Estresse salino. 2. Beta vulgaris, L. 3. Microrganismo. 4. Fósforo . I. Título.

CDD 630

ANDREZA SILVA BARBOSA

USO DE ÁGUA SALOBRA, ADUBAÇÃO FOSFATADA E TRICHODERMA NA
CULTURA DA BETERRABA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 21/11/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa (Coorientador)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Arthur Prudêncio de Araújo Pereira

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Fred Denilson Barbosa da Silva

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

A Deus.

Ao meu avô, Durval Bernardino da Silva e ao
meu tio José Estevão Freire *in memoriam*.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, pela oportunidade de ter chegado até aqui e por me fortalecer nos momentos difíceis.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Diante disso, agradeço a CAPES pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Aos meus familiares, por todo o apoio, incentivo e amor durante toda minha jornada, em especial a minha mãe Lucia Bernardino e minha avó Antônia Sinésio, que sempre estiveram ao meu lado e não mediram esforços para que eu tivesse uma boa educação.

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização deste curso, assim como todo o corpo docente pela contribuição aos meus conhecimentos.

À Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira e ao Laboratório de bromatologia, pelo suporte e espaço concedido para realização do meu experimento e avaliações.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva, pela orientação, amparo e acolhimento, além da paciência, dedicação e conhecimentos compartilhados.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa, pela orientação, paciência e por sempre me incentivar e acreditar no meu potencial. Agradeço a oportunidade de trabalhar ao seu lado desde da graduação.

Ao Grupo de Pesquisa em Fertilizantes e salinidade – Biosal e a toda a equipe que o compõe, pelo apoio intelectual e assistência na condução do experimento e desenvolvimento do trabalho.

Ao Henderson Castelo, Vanessa Pires e Márcio Freire por toda ajuda que me deram durante, e ao final do experimento.

Ao meu namorado Marcus Canutto Farias, por todo o amor, amparo e companheirismo em todas as etapas desta árdua jornada. Grata por cuidar de mim nos meus momentos de maior fragilidade e nunca me deixar desistir.

Aos meus colegas e amigos da pós-graduação, em especial a Rute Rocha, Fabio Lima, Thomas Sousa, José Marcelo, Gleyciane Lins, Hermeson Costa, Girma Oliveira, Geovana

Goes, Ingryd Nojosa, Murilo Sousa e Samuel Oliveira, que além do suporte nos trabalhos, me proporcionaram bons momentos em nossos convívios que levarei em memória.

Aos meus amigos da vida, em especial Pedro Vitor, Dayny Silva, Jaqueline Sousa, Thalia Uchôa e Moises Wilkson, pelo acolhimento, companheirismo e auxílio em todas as vezes que precisei, além da torcida pelo meu sucesso.

A todos que de uma forma, mesmo a mais simples que seja, contribuíram direta ou indiretamente para que eu conseguisse realizar essa pesquisa, o meu muito obrigada!

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação.”

(Simone de Beauvoir, 2009)

RESUMO

Por sua crescente exploração comercial, o estudo com beterrabas é de grande importância, principalmente no que diz respeito às suas necessidades hídricas e nutricionais, bem como as respostas aos estresses abióticos. No semiárido brasileiro, o aproveitamento de águas salobras para a irrigação, acaba por ser uma das únicas alternativas para assegurar as produções agrícolas durante épocas de estiagem, ocasionando o estresse salino, condição que pode afetar negativamente o crescimento e produtividade das culturas agrícolas. O convívio com esse problema em regiões semiáridas, ressalta a busca de estratégias de manejo que reduzam os impactos sobre as plantas e o ambiente. Neste sentido, a adubação fosfatada vem sendo testada para mitigar os efeitos da salinidade, bem como o uso de fungos do gênero *Trichoderma*, os quais aumentam a resistência aos estresses abióticos, e conseqüentemente, a produtividade das culturas. Portanto, objetivou-se avaliar o crescimento inicial, as trocas gasosas, produtividade e a qualidade da beterraba sob uso de água salobra, adubação fosfatada em solo com e sem *Trichoderma harzianum*. O experimento foi conduzido de agosto a novembro de 2022, na área experimental pertencente a Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção-CE. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2x2, referente a 3 doses de adubação fosfatada (D1 = 25, D2 = 50 e D3 = 100% da dose recomendada de fósforo), com e sem o uso de *Trichoderma harzianum* e dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (A1= 0,5 dSm⁻¹ e A2= 6,2 dSm⁻¹). Foram realizadas as seguintes avaliações: altura de planta (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), Taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) concentração interna de CO₂ (C_i), temperatura foliar (TL) e eficiência intrínseca do uso da água (EIUA) aos 37 dias após o transplantio (DAT). Aos 80 DAT, avaliou-se o diâmetro da raiz tuberosa (DRT), comprimento da raiz tuberosa (CRT), massa da raiz tuberosa (MRT), produtividade (PRO), massa seca da parte aérea (MSPA), pH da raiz tuberosa (pH) e teor de sólidos solúveis (°Brix). A adubação fosfatada nas doses de 50 e 100% da recomendação foi mais eficiente para a altura de plantas, número de folhas, área foliar, massa seca da parte aérea, massa da raiz tuberosa, comprimento e a produtividade da raiz tuberosa. A dose de 50% da recomendação de fósforo mitigou o estresse salino e proporcionou maior massa seca da parte aérea. O estresse salino reduziu negativamente a área foliar e a condutância estomática e elevou a temperatura foliar. A adubação com 25% da recomendação de fósforo, sob menor nível salino e ausência do *Trichoderma*, proporciona maior taxa fotossintética e transpiração. O estresse salino afeta a fotossíntese e a transpiração, porém com menor intensidade na dose de 25% da

recomendação de P, no solo com *Trichoderma*. A maior temperatura foliar foi na dose de 25% da recomendação de fósforo na presença do *Trichoderma* e na água de menor salinidade.

Palavras-chave: estresse salino; *Beta vulgaris, L*; microrganismo; fósforo.

ABSTRACT

Due to its increasing commercial exploitation, the study of beets is of great importance, especially with regard to their water and nutritional needs, as well as their responses to abiotic stresses. In the Brazilian semi-arid region, the use of brackish waters for irrigation turns out to be one of the only alternatives to ensure agricultural production during times of drought, causing saline stress, a condition that can negatively affect the growth and productivity of agricultural crops. Living with this problem in semi-arid regions highlights the search for management strategies that reduce impacts on plants and the environment. In this sense, phosphate fertilizer has been tested to mitigate the effects of salinity, as well as the use of fungi of the genus *Trichoderma*, which increase resistance to abiotic stresses, and consequently, crop productivity. Therefore, the objective was to evaluate the initial growth, gas exchange, productivity and quality of the drink under the use of brackish water and phosphate fertilizer in soil with and without *Trichoderma harzianum*. The experiment was conducted from August to November 2022, in the experimental area belonging to the University of International Integration of Afro-Brazilian Lusofonia (UNILAB), Redenção-CE. The experimental design used was randomized, in a 3x2x2 factorial scheme, referring to 3 doses of phosphate fertilizer (D1 = 25, D2 = 50 and D3 = 100% of the recommended dose of phosphorus), with and without the use of *Trichoderma harzianum* and two levels of electrical conductivity of the control water (A1= 0.5 dSm⁻¹ and A2= 6.2 dSm⁻¹). The following evaluations were carried out: plant height (AP), number of leaves (NF), leaf area (AF), net CO₂ assimilation rate (A), transpiration (E), stomatal conductance (gs) internal CO₂ concentration (Ci), leaf temperature (TL) and intrinsic water use efficiency (EIUA) at 37 days after transplanting (DAT). At 80 DAT, tuberous root diameter (DRT), tuberous root length (CRT), tuberous root mass (MRT), productivity (PRO), shoot dry mass (MSPA), tuberous root pH were evaluated. (pH) and soluble solids content (°Brix). Phosphate fertilizer at doses of 50 and 100% of the recommendation was more efficient for plant height, number of leaves, leaf area, dry mass of the aerial part, mass of the tuberous root, length and productivity of the tuberous root. A dose of 50% of the phosphorus recommendation mitigated saline stress and provided greater dry mass of the aerial part. Saline stress negatively reduced leaf area and stomatal conductance and increased leaf temperature. Fertilization with 25% of the recommended phosphorus, under lower saline levels and absence of *Trichoderma*, provides a higher photosynthetic rate and transpiration. Saline stress affects photosynthesis and transpiration, but with less intensity at a dose of 25% of the P recommendation, in soil with *Trichoderma*. The highest leaf temperature was at a dose of 25%

of the phosphorus recommendation in the presence of Trichoderma and in water with lower salinity.

Keywords: salt stress; *Beta vulgaris*, L; microorganism; phosphor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Mapa de localização da área experimental.....	32
Figura 2	– Temperatura máxima e mínima e umidade relativa durante o período experimental.....	33
Figura 3	– Vista parcial do ambiente utilizado para a condução do experimento.....	33
Figura 4	– Semeadura (A) e germinação (B) de sementes de beterraba.....	34
Figura 5	– Layout da área experimental.....	35
Figura 6	– Transplântio das mudas de beterraba.....	36
Figura 7	– Análise da altura de planta (A), número de folhas (B), área foliar (C) e biomassa seca da parte aérea (D).....	38
Figura 8	– Avaliação das trocas gasosas foliares da beterraba.....	39
Figura 9	– Colheita (A) e análises das variáveis diâmetro da raiz tuberosa (B) comprimento (C) e massa da raiz tuberosa (D).....	40
Figura 10	– Análise do pH da raiz tuberosa (A) e °Brix (B).....	41
Figura 11	– Altura de plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada aos 37 DAT.....	43
Figura 12	– Número de folhas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada aos 37 DAT.....	44
Figura 13	– Área foliar da beterraba submetida a doses de adubação fosfatada 37 DAT...	45
Figura 14	– Área foliar da beterraba em função da condutividade elétrica da água de irrigação aos 37 DAT ($A_1=0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $A_2= 6,2 \text{ dS m}^{-1}$).....	46
Figura 15	– Massa seca da parte aérea em plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada e uso de água de menor e maior salinidade aos 37 DAT ($A_1=0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $A_2= 6,2 \text{ dS m}^{-1}$).....	47
Figura 16	– Fotossíntese em plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada, uso de água de menor e maior salinidade ($A_1=0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $A_2= 6,2 \text{ dS m}^{-1}$) em solo com (CM) e sem (SM) Trichoderma aos 37 DAT.....	49

Figura 17	– Transpiração em plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada, uso de água de menor e maior salinidade ($A_1=0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $A_2=6,2 \text{ dS m}^{-1}$) em solo com (CM) e sem (SM) Trichoderma aos 37 DAT.....	50
Figura 18	– Condutância estomática de plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada aos 37 DAT.....	51
Figura 19	– Condutância estomática de plantas beterraba irrigada com água de menor e maior salinidade aos 37 DAT ($A_1=0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $A_2=6,2 \text{ dS m}^{-1}$).....	52
Figura 20	– Concentração interna de CO_2 em plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada e uso de água de menor e maior salinidade aos 37 DAT ($A_1=0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $A_2=6,2 \text{ dS m}^{-1}$).....	53
Figura 21	– Temperatura foliar da beterraba em plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada em solo com (CM) e sem (SM) Trichoderma aos 37 DAT.....	54
Figura 22	– Temperatura foliar da beterraba submetida a doses de adubação fosfatada e água de menor e maior salinidade aos 37 DAT ($A_1=0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $A_2=6,2 \text{ dS m}^{-1}$).....	55
Figura 23	– Temperatura foliar da beterraba sob uso de água de menor e maior salinidade ($A_1=0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $A_2=6,2 \text{ dS m}^{-1}$) em solo com (CM) e sem (SM) Trichoderma aos 37 DAT.....	56
Figura 24	– Eficiência do uso da água em plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada e uso de água de menor e maior salinidade aos 37 DAT ($A_1=0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $A_2=6,2 \text{ dS m}^{-1}$).....	57
Figura 25	– Massa da raiz tuberosa submetida a doses de adubação fosfatada aos 80 DAT.....	59
Figura 26	– Produtividade da raiz tuberosa submetida a doses de adubação fosfatada aos 80 DAT.....	60
Figura 27	– Diâmetro da raiz tuberosa submetida a doses de adubação fosfatada, uso de água salobra e Trichoderma aos 80 DAT.....	61
Figura 28	– Comprimento da raiz tuberosa da beterraba submetida a doses de adubação fosfatada aos 80 DAT.....	62

Figura 29 – pH da raiz tuberosa submetida a doses de adubação fosfatada, uso de Trichoderma aos 80 DAT.....	63
Figura 30 – pH da raiz tuberosa submetida a adubação fosfatada e uso de água salobra aos 80 DAT.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas do substrato.....	35
Tabela 2 – Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) em função da adubação fosfatada, condutividades elétricas da água e inoculante aos 35 DAT.....	42
Tabela 3 – Resumo da análise de variância para fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de CO ₂ (Ci), temperatura foliar (TL) e uso e eficiência da água (EUA) em função da adubação fosfatada, condutividades elétricas da água e inoculante aos 37 DAT.....	48
Tabela 4 – Resumo da análise de variância para massa da raiz tuberosa (MRT), produtividade (PRO), diâmetro da raiz tuberosa (DRT) comprimento da raiz tuberosa (CRT), sólidos solúveis (°BRIX) e pH da raiz tuberosa (pH) aos 80 DAT.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°BRIX	Sólidos solúveis
A	Fotossíntese
AF	Área foliar
AP	Altura de planta
Ci	Concentração interna de CO ₂
CRT	Comprimento da raiz tuberosa
DAS	Dias após a semeadura
DAT	Dias após transplântio
DRT	Diâmetro da raiz tuberosa
E	Transpiração
EUA	Eficiência do uso da água
gs	Condutância estomática
MRT	Massa da raiz tuberosa
MSP	Massa seca da parte aérea
NF	Número de folhas
pH	Potencial hidrogeniônico
PRO	Produtividade
TL	Temperatura foliar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	HIPÓTESE	21
3	OBJETIVOS	21
3.1	Objetivo geral	21
3.2	Objetivos específicos	21
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
4.1	Caracterização da espécie em estudo	22
4.1.1	<i>Aspectos gerais das hortaliças</i>	22
4.1.2	<i>Cultura da beterraba</i>	23
4.1.3	<i>Aspectos econômicos</i>	23
4.1.4	<i>Características botânicas e exigências edafoclimáticas</i>	23
4.2	Estresse salino e seus efeitos	25
4.3	Fósforo e suas funções	27
4.4	<i>Trichoderma</i> e seus efeitos das plantas e solo	29
5	MATERIAL E MÉTODOS	32
5.1	Localização da área experimental	32
5.2	Caracterização da área experimental	33
5.3	Produção de mudas	34
5.4	Delineamento experimental e tratamentos	34
5.5	Instalação e condução do experimento	35
5.6	Variáveis analisadas	37
5.6.1	<i>Crescimento e biomassa</i>	37
5.6.2	<i>Trocas gasosas</i>	38
5.6.3	<i>Componentes de produtividade</i>	39
5.6.4	<i>Pós-colheita</i>	40
5.7	Análise estatística	41
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
6.1	Crescimento e biomassa	42
6.2	Trocas gasosas	47
6.3	Produtividade	57
7	CONCLUSÕES	65

REFERÊNCIAS	66
--------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris*) é uma hortaliça que tem seu centro de origem no norte da África e algumas regiões Europeias, se adapta bem as regiões de clima temperado e contem cerca de 3 ou 4 fases produtivas possíveis, tendo em vista que o ciclo gira em torno de 60 a 120 dias (Oliveira et al. 2021). Por ser explorada comercialmente, o estudo com beterrabas é de grande importância, principalmente no que diz respeito às suas necessidades hídricas e nutricionais, bem como as respostas aos estresses abióticos. (Lacerda & Turco, 2015; Gadelha et al., 2021).

O semiárido brasileiro possui características climáticas na qual, as chuvas são mal distribuídas no tempo e espaço, além das taxas de evapotranspiração se sobressaírem as de precipitação. Em função disso, o aproveitamento de águas salobras para a irrigação, acaba por ser uma alternativa para assegurar as produções agrícolas durante épocas de estiagem (Holanda et al., 2016; Silva et al., 2022). Porém, as irrigações com águas contendo elevados teores de sais podem ocasionar o estresse salino, condição que pode restringir a absorção de água e de nutrientes minerais pelas plantas, afetar negativamente o metabolismo, crescimento e produtividade das culturas agrícolas (Dias et al., 2017; Oliveira et al., 2021; Sousa et al., 2023).

O estresse salino reduz o desenvolvimento e rendimentos de hortaliças, inicialmente por efeito osmótico, causando déficit hídrico e, posteriormente, por efeitos iônicos, dificultando a absorção de nutrientes essenciais (Sá et al., 2020). Em estudos com beterraba irrigada com água salina, Gadelha et al. (2021) concluíram que o aumento da concentração de sais na água de irrigação afetou negativamente o número de folhas, comprimento da raiz tuberosa e produtividade. Já Oliveira et al. (2022), constataram que a irrigação com água de maior salinidade afetou negativamente os índices fisiológicos da beterraba.

O convívio com esse problema em regiões semiáridas, ressalta a busca por emprego de estratégias de manejo que reduzam os impactos sobre as plantas e o ambiente (Lessa et al., 2022). Neste sentido, a adubação fosfatada vem sendo testada para reduzir os efeitos da salinidade. O fósforo atua na transferência de energia da célula na forma de adenosina trifosfato (ATP) e participa de diversos processos, tais como a respiração e a fotossíntese (Bouras et al., 2021; Taiz et al., 2017). Ribeiro et al. (2022) avaliando o estresse salino e a adubação fosfatada na cultura do feijão-caupi, evidenciaram efeito mitigador desse macronutriente nas trocas gasosas.

Outra alternativa de atenuar o estresse salino está no uso de fungos do gênero *Trichoderma*, que são de grande importância econômica para a agricultura e aumento a

resistência aos estresses abióticos, e conseqüentemente, da produtividade das culturas (Sood et al., 2020). Os microrganismos são os atores centrais no processo de liberação e reciclagem de nutrientes nas plantas (Jing et al., 2017). Estirpes do gênero *Trichoderma* além de proporcionar o controle biológico, também exercem papel bioestimulante devido a promoção de crescimento, por meio da disponibilidade de nutrientes e produção de fitohormônios (Ji et al., 2020). São fungos que se colonizam rapidamente, de forma invasiva, filamentosos, oportunistas, avirulentos e exibem uma relação simbiótica com as plantas (SOOD et al., 2020). Estudo realizado por Diniz et al. (2022), foi detectado que a utilização do *Trichoderma longibrachiatum* foi atenuante ao efeito deletério do estresse salino em cultivares de melancia Fair Fax e Crimson Sweet.

2 HIPÓTESE

- I. O uso do *Trichoderma* associado a adubação com 100% da recomendação de fósforo mitiga o estresse salino e maximizar a produtividade e a qualidade da raiz tuberosa da beterraba;
- II. O estresse salino afeta o crescimento, as trocas gasosas, a produtividade e a qualidade da raiz tuberosa da beterraba.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar o crescimento inicial, as trocas gasosas, produtividade e a qualidade da beterraba cultivada com água salobra, adubação fosfatada em solo com e sem *Trichoderma harzianum*.

3.2 Objetivos específicos

- I. Avaliar o efeito do estresse salino na altura de plantas, número de folhas, área foliar e massa seca da parte aérea da beterraba cultivada com água salobra, adubação fosfatada em solo com e sem *trichoderma harzianum*.
- II. Avaliar as trocas gasosas e a eficiência do uso da água da beterraba cultivada com água salobra, adubação fosfatada em solo com e sem *trichoderma harzianum*.
- III. Identificar a melhor, dentre as três doses de adubação fosfatada para a produtividade e qualidade da raiz tuberosa da cultura da beterraba cultivada com água salobra, adubação fosfatada em solo com e sem *trichoderma harzianum*.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Caracterização da espécie em estudo

4.1.1 Aspectos gerais das hortaliças

As hortaliças são espécies conhecidas por se apresentarem com hábito de crescimento herbáceo, possuindo partes comestíveis como: Folhas, hastes, frutos e raízes, sendo conhecidas como plantas olerícolas. Segundo Reis Filgueira (2012) hortaliças são plantas não lenhosas e de ciclo curto, com peculiaridades intensivas nos seus tratos, podendo ser cultivada em pequenas áreas, sem necessitar de grandes atenções no processo pós-colheita para alimentação humana.

As culturas olerícolas são comumente conhecidas como legumes e verduras, mas a sua extensão abrange muito mais do que esses dois termos, segundo Sociedade Brasileira de Olericultura do Brasil se pode dizer que culturas como: Morango, beterraba, batata-doce, inhame, salsa, melão, rabanete e entre outras espécies, fazem parte dessas hortaliças.

Essas espécies podem ser divididas em 3 tipos, sendo eles: Hortaliças tuberosas – cuja parte na qual se consome, desenvolve-se dentro do solo, podendo ser tubérculos (Batata, Cará...), rizomas (gengibre), bulbos (Cebola e alho) e raízes tuberosas (Cenoura, beterraba...). Hortaliças herbáceas – diferentemente das tuberosas, a parte comestível se desenvolve na parte superior do solo, sendo: Folhas, talos e hastes (Alface, repolho...), flores e inflorescência (couve brócolis, pepino). E por fim, as hortaliças fruto, onde se pode comer o próprio fruto maduro ou não, cita-se: pimentão, quiabo, melancia, tomate e entre outros (OLIVEIRA, 2020).

Uma das principais vantagens dessa espécie é no que se refere a saúde humana, pois as hortaliças possuem substâncias capazes de nutrir o corpo humano, sendo benéfica e contribuindo diretamente para prevenção e controle de doenças crônicas e até mesmo na sintomatologia de hipovitaminoses (CALLOU, et al. 2021). As hortaliças apresentam grande expansão no Brasil, sendo amplamente produzida e comercializada. Segundo a Associação Brasileira de Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM) este meio de produção, rende cerca de 55 bilhões de reais por ano, com produção de 20 toneladas em 18 espécies diferentes de olerícolas, total de 820 mil hectares (ABCSEM, 2016).

Além de sua importância comercial, dados trazidos pelo SEBRAE estimam que as áreas que comportam essa produção, tem grande geração de empregos, tendo em vista que essas culturas são bastante expressivas na agricultura familiar, a cada hectare plantado com espécies

oleráceas se tem uma aferição de 3 a 6 empregos (SEBRAE, 2016). Porém, para manutenção dessas áreas e das altas produtividades, é necessária disponibilidade de recurso hídrico, tendo em vista que esse é um fator limitante no desempenho delas.

4.1.2 Cultura da beterraba

A beterraba apresenta seu centro de origem em regiões européias e norte-africanas de clima temperado. Os biótipos de maior importância encontrados nas produções de beterraba são três: a açucareira, forrageira e hortícola. O mais encontrado no Brasil é o biótipo hortícola, que é voltado para alimentação humana, também chamada de beterraba de mesa, em que sua parte de valor econômico é a raiz tuberosa que se desenvolve de forma subterrânea e geralmente são arredondadas armazenando ali energia, água e nutrientes (TIVELLI et al. 2011).

Essa espécie possui grande importância alimentícia devido ao seu valor nutricional, tornando-a muito utilizada na prevenção de doenças. Sua coloração vermelho-arroxeadado é característico da presença de betalaínas, pigmento que tem função antioxidante no organismo humano, além de ser utilizado como corante natural aumentando a demanda dessa espécie, e trazendo ganhos econômicos importantes tornando assim, uma das dez hortaliças mais cultivadas no Brasil (SILVA LIMA et al. 2021).

4.1.3 Aspectos econômicos

No Brasil essa espécie vem ganhando cada vez mais espaço no mercado industrial, especialmente por sua riqueza alimentar e propriedades medicinais. Segundo um senso agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) existiam 24.870 estabelecimentos agrícolas que produziram 134.969 toneladas de beterraba em 2017 no país, onde as maiores produções foram dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná respectivamente. Para o Ceará, a produção total é de 220 toneladas, sendo Brejo Santo a cidade com maior nível de produção no Estado em 2017.

4.1.4 Características botânicas e exigências edafoclimáticas

A espécie *Beta vulgaris* pertence à família Quenopodiaceae. A planta desenvolve raiz principal do tipo tuberosa púrpura, pelo intumescimento do hipocótilo (caule localizado logo

abaixo dos cotilédones), possui sistema radicular do tipo pivotante podendo atingir até 60 cm de profundidade com poucas ramificações laterais, e suas sementes na verdade são frutos botânicos denominados de glomérulos ou sementes multigêrmicas, na qual contêm de dois a seis embriões, que podem originar mais de uma plântula por glomérulo (TIVELLI et al. 2011).

Essa cultura se adapta bem as regiões de clima temperado e geralmente é produzida durante todo o ano, cerca de 3 ou 4 fases produtivas possíveis, tendo em vista que o ciclo gira em torno de 60 a 120 dias variando com a espécie e as condições na qual foram expostas (OLIVEIRA PACHECO et al. 2021). A cultivar Katrina possui o formato da raiz do tipo globular, com o seu tamanho variando de 8 a 10 cm de diâmetro e colheita iniciando entre 60 e 70 dias (TIVELLI et al. 2011).

A beterraba é composta em sua grande parte por sacarose, tornando-a uma opção na produção de açúcar, assim como a cana. Porém, as temperaturas elevadas e a baixa disponibilidade de água podem afetar pontualmente o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) na raiz tuberosa da beterraba, reduzindo assim a sua qualidade e conseqüentemente o seu valor comercial (CRESTANA, FOSCHINI, FERREIRA 2017).

Além das condições climáticas, é necessário se atentar ao tipo de solo em que se utiliza para produzir essas espécies. A beterraba caracteriza-se pelo melhor desenvolvimento em solos ricos em matéria orgânica e pH variando de 6,0-6,8 (TIVELLI et al. 2011). Também deve apresentar boa permeabilidade, disponibilidade de água e nutrientes, além de ser leve e poroso, caso necessário é importante realizar-se uma aração e/ou gradagem, tornando a área de crescimento das raízes bem arejadas (CRESTANA, FOSCHINI, FERREIRA 2017).

Devido a demanda por este produto, é necessário a utilização de técnicas que possam garantir e aumentar cada vez mais a qualidade e com isso, elevar os preços de prateleiras, tornando essencial um ciclo de produção mais rigoroso com objetivo de atender os interesses do consumidor (FERREIRA et al. 2021).

A utilização de estratégias como o uso de bioestimulantes (Monteiro et al., 2019), e melhor disponibilidade nutricional para mitigação de estresses, como estudos revelados por (Bargaz et al., 2016) em que apontam efeitos promissores com adubação fosfatada em ambientes salinos, podem ser um diferencial na produção da beterraba, elevando a qualidade e potencializando as etapas da cadeia produtiva.

A beterraba é uma hortaliça que surge como alternativa para locais que são afetados por problemas com salinidade, pois, é considerada como tolerante e adaptativa (MAAS, 1986). Diferente de outras culturas habitualmente exploradas, a beterraba pode chegar a produtividades

aceitáveis mesmo quando não é possível manter os níveis de sais adequados, diferente de outras culturas mais sensíveis.

4.2 Estresse salino e seus efeitos

As mudanças climáticas globais vêm trazendo inúmeros problemas para produção agrícola e agricultura mundial. O resultado dessa ameaça ambiental é a geração dos estresses abióticos, que são responsáveis por um declínio no rendimento agrícola em diversas plantas cultivadas (ANDERSON et al., 2020). Estresses abióticos como salinidade, seca, inundação, elevadas temperaturas e geadas são fatores abióticos que afetam adversamente o crescimento e desenvolvimento das plantas (RASTOGI et al., 2019), que conseqüentemente, irá impactar diretamente na segurança alimentar da população.

As regiões áridas e semiáridas do mundo, como a região Nordeste do Brasil, enfrentam essas ameaças ambientais, principalmente a seca e a salinidade somadas com as práticas agrícolas incorretas, dificultando o aumento de produção das culturas (SHAHID et al., 2018). A busca por uma produção com segurança nas regiões áridas e semiáridas obrigou aos agricultores a utilizar a irrigação, porém, a grande maioria das fontes hídricas disponíveis nesses locais apresentam um alto teor de sais (DIAS et al., 2021). Segundo Freire et al. (2021), a qualidade da água pode variar no tempo e no espaço, o que é muito comum no semiárido do Brasil.

O uso de água salina na agricultura e culturas agrícolas em ambientes salinos modifica significativamente os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, resultando na redução do crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas (MUHAMMAD et al., 2021). O estresse salino apresenta duas fases principais, denominadas de fase osmótica e tóxica (ISAYENKOV; MAATHUIS, 2019). A primeira fase é representada pelo efeito osmótico, sendo caracterizada por o acúmulo de sais solúveis no solo que irá promover uma diminuição do potencial osmótico, conseqüentemente, as plantas irão diminuir absorção de água (LIMA et al., 2018), gerando uma perda na expansão foliar e uma baixa abertura estomática (MUNNS; TESTER, 2008).

A fase tóxica ou como literatura caracteriza como “efeitos iônicos/toxidade iônica” (MUNNS; TESTER, 2008; SHRIVASTAVA; KUMAR 2015), corresponde ao acúmulo de íons de Na^+ e Cl^- nas células vegetais, como nos cloroplastos, gerando distúrbios fisiológicos e bioquímicos (FREIRE et al., 2013; TAIZ et al., 2017); e inibição na absorção de nutrientes (GUPTA; HUANG, 2014).

A comunidade científica vem buscando estratégias de manejo que possam ser utilizadas no cultivo em ambientes salinos ou no uso de água com qualidade inferior. As estratégias específicas (uso de tolerantes e culturas moderadamente, pré-tratamento de sementes e uso cíclico da água) e não específicas (aplicação de fertilizantes e matéria orgânica e uso de microrganismos) visam a possibilidade das culturas crescerem, desenvolver e produzir nesses ambientes (LACERDA et al., 2021).

Ressalta-se que, a sensibilidade e a tolerância das culturas aos efeitos da salinidade podem variar entre espécies e entre cultivares de uma mesma espécie, como também dependem das condições climáticas da região, do tipo de solo e do método de irrigação. Além disso, diferenças interespecíficas entre as fases de desenvolvimento da cultura (MAAS; HOFFMAN, 1977) como na emergência (FREIRE et al., 2018), e no crescimento inicial (GOES et al., 2019).

Quando submetidas a algum tipo de estresse, especialmente o salino, as plantas tendem a aumentar a produção de substâncias (normalmente açúcares e carboidratos) que as auxiliem na regulação osmótica, uma vez que o excesso de sais causa um desbalanço osmótico, como alguns tipos de solutos, podendo serem eles orgânicos e inorgânicos, tais como prolina e cloretos, respectivamente (TAIZ et al., 2017). Para Dias et al. (2016), a tolerância das culturas ao estresse salino resulta de diversos fatores que devem ser considerados, desde a comparação da produção de fitomassa da cultura em solo salino e não salino até seu rendimento (produtividade) ao se desenvolver em ambientes expostos à salinidade.

Essas respostas evidenciam um estado ótimo em que a cultura responde ao estresse salino, a salinidade limiar. Conforme Maas (1986) a beterraba é considerada uma cultura moderadamente tolerante ao estresse salino com salinidade limiar $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, o que significa que até esta faixa de condutividade elétrica a cultura pode produzir bem, mesmo sendo exposta ao estresse abiótico, neste caso, o salino.

Em estudos avaliando a respostas fisiológicas da cultura da beterraba sob ambiental salino, Oliveira et al. (2022) concluíram que a irrigação com água de maior salinidade afetou negativamente a condutância estomática, fotossíntese, temperatura foliar e eficiência instantânea do uso da água em plantas de beterraba sacarina cultivada a pleno sol. Já Gadelha et al. (2021), obtiveram resultados em que o aumento da concentração de sais na água de irrigação afetou negativamente o número de folhas, comprimento da raiz tuberosa e produção. E de forma similar, Bouras et al. (2021) também revelaram que o aumento da salinidade da água de irrigação levou reduções significativas no crescimento, rendimento, peso da raiz e rendimento de açúcar branco da beterraba sacarina.

4.3 Fósforo e suas funções

O fósforo (P) desempenha um papel insubstituível no crescimento das plantas, servindo como elemento fundamental necessário para a síntese de moléculas cruciais como DNA, RNA, ATP, NADPH e fosfolipídios de membrana em todos os organismos vivos. (BUCHER et al., 2018). As plantas contêm o fósforo nas formas orgânicas e inorgânicas, sendo componente essencial das células, atua diretamente na fotossíntese, metabolismo vegetal (respiração e armazenamento de energia) alongamento e divisão celular (MELO PRADO, 2021; BRUNETTO et al., 2019; MAATHUIS, 2009).

Depois do N, o P é o macronutriente que mais limita o crescimento das plantas, devido a sua dinâmica no solo, que é governada principalmente pelo crescimento e funcionalidade das raízes das plantas e está intimamente ligada aos atributos físicos e químicos do solo (Shen et al., 2011). Em solos ácidos, a disponibilidade de fósforo pode ser limitada uma vez que, o fósforo tende a se ligar principalmente a óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro, como gibbista, hematita e goethita. As altas áreas superficiais específicas dos argilominerais e dos óxidos de Fe/Al oferecem numerosos locais para adsorção, tornando o P menos acessível às plantas (Arai & Sparks, 2007; Parfitt, 1989).

Desta forma, a dinâmica complexa do fósforo no solo, principalmente regiões tropicais, torna-se um desafio para agricultura, sendo necessário estratégias de gestão e fertilização para garantir o fornecimento adequado de fósforo para as culturas. Segundo Shen et al. (2011) uma melhor compreensão da dinâmica do P no continuum solo/rizosfera-planta fornece uma base importante para otimizar o manejo do P para melhorar a eficiência do uso do P na produção agrícola.

O P também desempenha papel no metabolismo, e de mediador da síntese de carboidratos, além de atuar na ativação e inativação de enzimas, o que estimula a germinação, floração, formação de sementes e o crescimento das raízes (Malhotra et al., 2018). E visualmente, as deficiências de P podem ser observadas pelo aspecto raquítico das plantas, torção das folhas e em casos severos, ocorre aparição de partes mortas em folhas, frutos e caule, além de uma coloração avermelhada ou arroxeada nas folhas (Novais, 2007).

A adubação com fósforo (P) nas hortaliças melhora o desenvolvimento do sistema radicular o que reflete no aumento da produtividade dos produtos colhidos (Avalhaes et al., 2009). Nascimento et al. (2017) avaliando a adubação fosfatada no cultivo de hortaliças produtoras de raízes, concluíram que as doses de fósforo incrementaram os atributos

morfológicos e a produtividade da cultura da beterraba. O P sempre foi caracterizado como um elemento-chave para melhorar o desenvolvimento da raiz. Luz et al. (2013) descrevem que o P é essencial para o desenvolvimento do tubérculo, por maximizar os processos metabólicos das plantas, tais como a translocação de fotoassimilados.

Em alguns trabalhos, verificou-se que a fertilização com P melhorou a resistência das raízes das plantas, crescimento e desenvolvimento em condições de seca. Com isso, podemos relacionar que o mesmo efeito no desenvolvimento das raízes pode melhorar a tolerância e o crescimento das culturas em condições salinas, como apontam Bargaz et al. (2016) em estudos que revelam efeitos promissores com adubação fosfatada em ambientes salinos. Em estudo com fertilização fosfatada com o objetivo de aliviar o efeito da salinidade na produtividade da beterraba, Bouras et al. (2021) concluíram que a fertilização com fósforo demonstrou melhorar a produção, conteúdo de açúcar, bem como a condutância estomática, além de reduzir os efeitos adversos da alta salinidade no crescimento das plantas e no desenvolvimento fisiológico.

Desta forma, é sabido que o fósforo desempenha um papel significativo na prevenção de danos causados pelo estresse salino, fortalecendo o metabolismo das plantas. No presente estudo, além de testar a funcionalidade da adubação fosfatada nos efeitos deletérios do estresse salino, foi pertinente adicionarmos mais um fator, no caso a inoculação com o *Trichoderma harzianum*, para obtermos uma possível resposta de interação entre esses fatores, que favorecesse a cultura da beterraba quando exposta a essas condições adversas.

O *Trichoderma* atua de diversas formas, incluindo a solubilização do fósforo (P) e sua disponibilização para as raízes. Isso ocorre devido à capacidade que este fungo tem de se agregar à estrutura das raízes e modificá-las. Além disso, o *Trichoderma* também libera fitohormônios que influenciam no crescimento e desenvolvimento das raízes (Contreras-Cornejo et al., 2016). A capacidade de disponibilizar nutrientes insolúveis, incluindo o fósforo, é suportada pela produção de diferentes ácidos orgânicos. Além disso, enzimas fosfatase secretadas pelo fungo atuam diretamente na dissolução do material fosfatado ou na quelação dos cátions, posteriormente liberando o P na solução (Gravel et al., 2007; Barder et al., 2020).

4.4 *Trichoderma* e seus efeitos nas plantas e solo

Estima-se que a população mundial atingirá a marca de 9,1 bilhões de pessoas até o ano de 2050 (MUNIR et al., 2022). Com esse aumento populacional, será necessária uma elevação da produção de alimentos, para que a agricultura consiga suprir as necessidades de segurança alimentar da humanidade. Problemas como o aquecimento global, a poluição ambiental e a explosão populacional acometeram as plantas a vários tipos de estresses bióticos e abióticos que correspondem pela perda de rendimento em grande medida e é uma questão de grande preocupação para o bem-estar das gerações futuras (SOOD et al., 2020).

Os patógenos fúngicos são os limitantes mais severos para a produção agrícola em todo o mundo, e conseqüentemente, os fungicidas químicos ainda são aplicados de forma imprudente como principal meio de controle de doenças. Estes produtos químicos além de caros, sua utilização resulta no acúmulo de níveis nocivos de toxinas nos seres humanos e em nosso ecossistema (ATREYA; SITAULA; BAJRACHARYA, 2012). Setores agrônômicos e comerciais vêm buscando e desenvolvendo estratégias ecologicamente corretas e econômicas para o manejo de doenças e aumento da produtividade das plantas (PANTH; HASSLER; BAYSAL-GUREL, 2020).

Neste contexto, a preferência pelo controle biológico de doenças de plantas vem crescendo nos anos recentes no Brasil, fruto de investimentos em pesquisa e inovação por parte de diferentes instituições públicas e privadas. No que se refere aos biopesticidas, o mercado brasileiro para os biofungicidas apresentou um incremento de 148% em 2018, dados que começaram a demonstrar o interesse de maior adoção dessa tecnologia por parte do agricultor (MEYER; MAZARO; SILVA, 2019).

Para tratar microrganismos patogênicos, cerca de 90% dos agentes de biocontrole fúngicos referem-se a diferentes cepas de *Trichoderma* (HERMOSA et al., 2012). Os biofungicidas registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa) são à base de *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma koningiopsis* e *Trichoderma stromaticum*, além de biofungicidas à base de *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus licheniformis* e *Bacillus methylotrophicus* (BETTIOL; SILVA, CASTRO 2019).

No Brasil, o *Trichoderma* revolucionou o cenário de controle de doenças em plantas. O primeiro produto disponibilizado no mercado para uso no país, à base de *Trichoderma*, foi em 1987, mas somente em 2006 foi registrado o primeiro produto a base dessa cepa (BETTIOL et al., 2014). Os biofungicidas à base de *Trichoderma* são utilizados no Brasil para as culturas

da soja, algodão, milho, feijão, morango, citros, cana-de-açúcar, café, tabaco, hortaliças, ornamentais, frutíferas e espécies florestais.

Trichoderma não é apenas um agente de controle biológico, também é capaz de colaborar com outras finalidades para a agricultura. Possui ação no aumento da eficiência no uso do nitrogênio, promove o desenvolvimento das plantas, eleva a produtividade, contribui na produção de enzimas e pode atenuar os impactos do estresse salino (MEYER; MAZARO; SILVA, 2019).

O fungo do gênero *Trichoderma* pertence à classe Sordariomycetes do filo Ascomycota. São fungos de vida livre encontrados em variados ambientes que em sua fase sexuada apresentam formação de corpos de frutificação do tipo peritécio, formados em estromas de coloração verde, amarelada, creme ou marrom, produzidos sobre o substrato colonizado (ABREU; PFENNING, 2019). Esses fungos são colonizadores rápidos, invasivos, filamentosos, oportunistas, avirulentos e exibem uma relação simbiótica com as plantas (SOOD et al., 2020).

Trichoderma harzianum é a espécie clássica mais comumente utilizada no controle biológico de doenças de plantas no mundo (WOO et al., 2014). Contudo, a concepção desta espécie, engloba uma diversidade de espécies filogenéticas, algumas bem adaptativo e várias com distribuição mais restrita, que compõem o clado *Harzianum* (CHAVERRI et al., 2015). Expressivo em levantamentos de diversidade de espécies do solo, também podendo ser encontrado em restos vegetais em várias regiões geográficas, descoberta feita a partir do trabalho pioneiro de Evans et al. (2003).

Nos dias atuais, é crescente a busca por alimentos livres de agroquímicos, onde é mais recorrente no setor de hortaliças, pelo fato dos produtos serem consumidos *in natura*. Diversos produtos à base de *Trichoderma* spp. são comercializados no Brasil classificados como fungicidas microbiológicos, que estão sendo amplamente utilizados no cultivo de hortaliças, no qual vem sendo aplicados tanto no sistema orgânico quanto no convencional, tendo como principal objetivo o manejo de patógenos habitantes de solo (STEILMANN; MAZON; VARGAS, 2019).

Os estudos descrevendo que *Trichoderma* promove o crescimento das plantas e a germinação de sementes, que estimula sistemicamente as defesas das plantas frente aos patógenos e também frente a estresses ambientais são mais comumente vistos (MONTE; BETTIOL; HERMOSA, 2019). Chagas et al. (2017) estudando a utilização de *Trichoderma* sp e *Bacillus subtilis* em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz concluíram que o uso de

Bacillus e/ou *Trichoderma* apresentaram resultados superiores quanto ao acúmulo de biomassa, demonstrando seu potencial como promotores de crescimento nas culturas avaliadas.

Para a cultura da beterraba, estudos feitos por Sousa, Echer (2023), apontam que a utilização de microorganismos promotores de crescimento permitem o maior desenvolvimento de raízes tuberosas de beterraba Tall Top Early Wonder, e se mostra uma tecnologia viável para sua produção. Já Silva et al. (2019), concluíram que a utilização do *Trichoderma asperelloides* ameniza os efeitos adversos do estresse salino no feijão-caupi.

No que se refere a utilização do *Trichoderma* como atuante na solubilização de nutrientes, Chagas et al. (2017) estudando a cultura do arroz sob influência do *Trichoderma* spp. e adubação fosfatada, obtiveram resultados que demonstraram que o *trichoderma* se mostrou eficiente no uso de fósforo pelas plantas. De modo similar, Chagas et al. (2016) avaliando a eficiência de *trichoderma* spp. como promotor de crescimento do feijão-caupi e análise da solubilização de fósforo e síntese de ácido indol acético, concluíram que os isolados de *trichoderma* apresentaram maior capacidade de solubilização de fosfato.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido de agosto a novembro de 2022, na área experimental pertencente a Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Campus Auroras, município de Redenção- Ceará (Figura 1), com coordenadas de latitude 4° 13' 33"; e longitude 38° 43' 39" e altitude de 88 m.

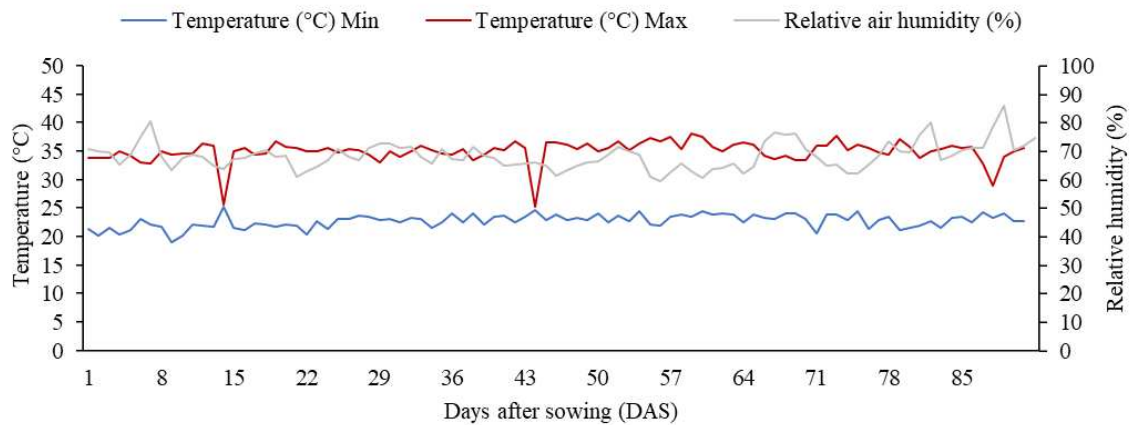
Figura 1 - Mapa de localização da área experimental



Fonte: Autoria própria, 2023

O clima da região de acordo com o sistema de classificação de Köppen (1923) é do tipo Aw', sendo caracterizado como tropical chuvoso, muito quente, com chuvas predominantes nas estações de verão e outono. A temperatura do ar (máximo e mínimo) e umidade relativa registrada durante o experimento são apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Temperatura máxima e mínima e umidade relativa durante o período experimental



Fonte: Adaptado da fundação cearense de meteorologia e recursos hídricos, 2022

5.2 Caracterização da área experimental

O experimento foi instalado em um ambiente coberto por uma tela de sombreamento de coloração preta com 50% de sombreamento, e aberto nas laterais. (Figura 3).

Figura 3 - Vista parcial do ambiente utilizado para a condução do experimento



Fonte: Autoria própria, 2023.

5.3 Produção de mudas

Utilizou-se sementes de beterraba (*Beta vulgaris* L.) cultivar Katrina da marca Feltrin 50g. As mudas foram produzidas em casa de vegetação com 50% de sombreamento, semeadas em bandejas de cultivo e o substrato utilizado foi composto por solo + areia + esterco na proporção 1:1:1 (Figura 4). As mudas permaneceram na estufa por 12 dias após a semeadura (DAS), sendo irrigadas diariamente com água de condutividade elétrica de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, mantendo a umidade adequada para a emergência das plântulas e desenvolvimento inicial das mudas.

Figura 4 - Semeadura (A) e germinação (B) de sementes de beterraba

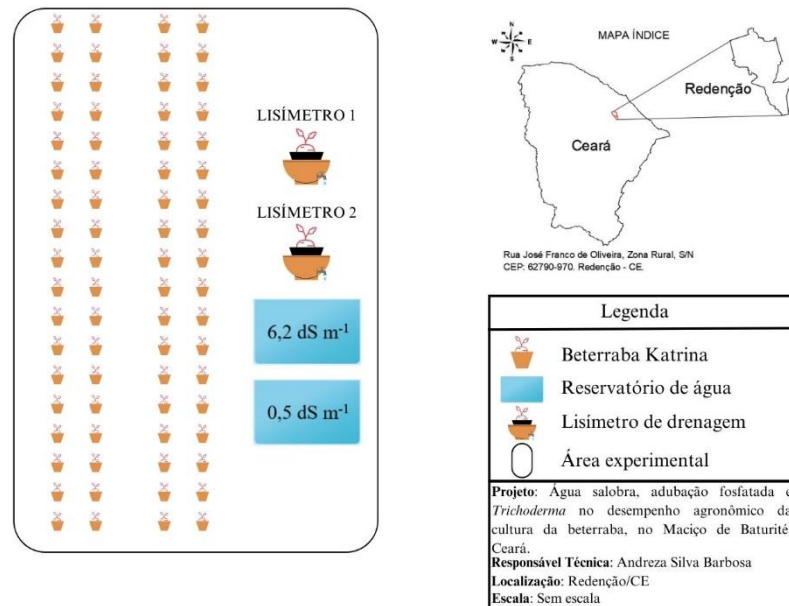


Fonte: Autoria própria, 2023

5.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial $3 \times 2 \times 2$, referente a 3 doses de adubação fosfatada ($D1 = 25$, $D2 = 50$ e $D3 = 100\%$ da dose recomendada de P_2O_5), com e sem o uso de *Trichoderma* e dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) ($A1 = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $A2 = 6,2 \text{ dS m}^{-1}$), com seis repetições. O layout da disposição do experimento na área está representado na Figura 5 a seguir.

Figura 5 - Layout da área experimental



Fonte: Autoria própria, 2023

5.5 Instalação e condução do experimento

Aos 12 DAS, as mudas foram selecionadas uniformemente e transplantadas para vasos plásticos de polietileno, com volume de 8 litros, preenchidos com um substrato a partir da mistura de solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (Embrapa, 2018), areia e esterco na proporção 3:4:1 respectivamente, na qual uma amostra foi recolhida e enviada ao Laboratório de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo/UFC para efetuar-se uma análise das condições químicas do substrato, no qual apresentou os seguintes atributos químicos conforme a Tabela 1. Vale ressaltar ainda que, a partir dos resultados da análise nota-se que o valor de pH não se encontra tão satisfatório, visto que a maior disponibilidade de fósforo ocorre na faixa de 6,5 e a disponibilidade de P não é eficiente para uma boa fertilidade, pois de acordo com a literatura o P estando ($< 6 \text{ mg/dm}^3$) se caracteriza como muito baixo.

Tabela 1 - Características químicas do substrato

Características Químicas															
M.O	N	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	SB	CTC	P	pH	V	PST	CEes	
(g kg ⁻¹)						(cmol _c dm ⁻³)				(mg kg ⁻¹)	(H ₂ O)		(%)	(dS m ⁻¹)	
4,86	0,29	1	0,24	1,1	0,1	1,98	0,2	2,34	4,32	1,00	5,8	55	2	0,29	

M.O – Matéria Orgânica; SB – Soma de Bases; PST – Percentagem de Sódio Trocável; V – Percentagem de saturação por base; CTC – Capacidade de Troca Catiônica; CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo

O transplântio foi realizado estando as mudas com duas folhas, ao final da tarde (Figura 6), de modo a minimizar fatores que poderiam causar estresse, como luz e alta temperatura. As mudas foram irrigadas por 9 dias com água de condutividade elétrica de 0,5 dS m⁻¹, para que seu estabelecimento não fosse comprometido.

Figura 6 - Transplântio das mudas de beterraba



Fonte: Autoria própria, 2023

A irrigação foi realizada manualmente, com lâmina de lixiviação de 15% de acordo com Ayers e Westcot (1999), fazendo uso de uma frequência diária, calculada de acordo com o princípio do lisímetro de drenagem (Bernardo et al., 2019), afim de manter o solo com a umidade na capacidade de campo. O volume de água aplicado às plantas foi determinado por (Eq. 1):

$$VI = \frac{(Vp - Vd)}{(1 - LF)}$$

Onde: VI = é o volume de água a ser aplicado na irrigação (mL);

Vp = volume de água aplicado na irrigação anterior (mL);

Vd = Volume de água drenada (mL);

LF = fração de lixiviação de 0,15.

Após o estabelecimento das mudas, fez-se o desbaste manual, deixando uma planta mais vigorosa por vaso. Já os tratamentos de irrigação com água salobra, deu-se a partir de 21

dias após o transplante (DAT). A água de irrigação foi preparada diluindo-se os sais NaCl, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, na proporção equivalente de 7:2:1 entre Na, Ca e Mg, obedecendo a relação entre CEA e a sua concentração ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1} = \text{CE} \times 10$), conforme metodologia contida em Rhoades (2000).

A adubação mineral seguiu a proposta para a cultura da beterraba (60 kg ha^{-1} de N; 210 kg ha^{-1} de P_2O_5 ; 120 kg ha^{-1} de K_2O) seguindo recomendação de Resende e Cordeiro (2007). A adubação com N, foi de $6,0 \text{ g planta}^{-1}$ através da fonte ureia (45% de N), K com 12 g planta^{-1} com cloreto de potássio (58% de K_2O) e o fósforo com o superfosfato simples (18% de P_2O_5) utilizando 88 g vaso^{-1} para o tratamento com 100%, 44 g vaso^{-1} para 50%, e 22 g vaso^{-1} para o de 25% da dose recomendada.

A aplicação do *Trichoderma* foi feita na dosagem recomendada pelo fabricante de 2 kg ha^{-1} . Entretanto, fez-se uma adaptação para condição de vaso, situação do presente estudo. Descobriu-se a área do vaso que era de $0,045 \text{ m}^2$, posteriormente calculou-se a partir de uma regra de três simples o valor que deveria ser aplicado para vaso chegando no resultado de $0,027 \text{ g}$. Para perceber a interação entre os fatores fósforo e microrganismo, a aplicação do *Trichoderma* ocorria nos mesmos dias da adubação fosfatada, onde a inoculação era feita a partir da pesagem do produto em uma balança de precisão, e logo após diluía-se em água, formando uma calda para ser aplicada no substrato de cada vaso.

Como a adubação fosfatada foi parcelada em três aplicações, a inoculação da calda foi dividida da mesma forma, chegando em um resultado de $0,009 \text{ g}$ a ser aplicada por vaso, seguindo o calendário de adubação. O produto utilizado para a inoculação foi o trichodermil, correspondente a estirpe *Trichoerma harzianum* (CEPA ESALQ 1306) que tem como concentração $2,0 \times 10^9$ conídios viáveis/ml. Vale ressaltar que, na literatura essa estirpe aparece sendo mais utilizada para a função de biocontrole.

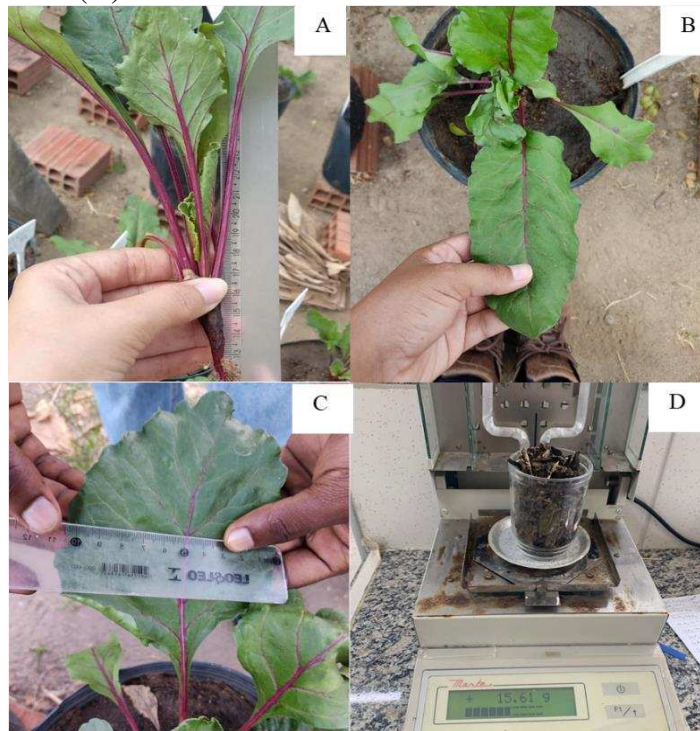
5.6 Variáveis analisadas

5.6.1 Crescimento e biomassa

Aos 37 DAT e quinze dias de estresse, foram realizadas as seguintes avaliações de crescimento: altura de planta (AP cm planta^{-1}) utilizando-se de uma régua graduada para medir a partir do colo da planta até a extremidade da haste principal, número de folhas (NF planta^{-1}) por contagem direta de folhas inteiras de forma manual e a área foliar (AF cm^2), foi estimada usando a seguinte equação: $\text{LA} = \text{LL} \times \text{LW}$ indicada para beterraba de acordo com a

metodologia proposta por Marrocos et al. (2010) (Figura 7). Já a massa seca da parte aérea (MSPA), foi obtida após as amostras serem submetidas a secagem em estufa, em temperatura constante de 65 °C com circulação de ar forçado, durante 72 horas até atingirem peso constante, determinada em balança de precisão com resultado expresso em gramas (g planta^{-1}).

Figura 7 - Análise da altura de planta (A), número de folhas (B), área foliar (C) e biomassa seca da parte aérea (D)



Fonte: Autoria própria, 2023

5.6.2 Trocas gasosas

Aos 37 DAT, foram avaliadas, em folhas totalmente expandidas as trocas gasosas: taxa de assimilação líquida de CO_2 ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática ($gs - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) concentração interna de CO_2 ($C_i - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), e temperatura foliar ($TL - ^\circ\text{C}$), utilizando-se um analisador de gás infravermelho (IRGA, LI-6400XT, LI-COR, Inc., Lincoln, Nebraska, EUA) equipado com uma fonte de radiação artificial com intensidade ajustada para $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 8). As medições foram realizadas entre 8 e 11 h. Usando os dados de trocas gasosas, foi avaliado a eficiência intrínseca do uso da água (EUA, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), pela relação da fotossíntese e transpiração (A/E).

Figura 8 - Avaliação das trocas gasosas foliares da beterraba



Fonte: Autoria própria, 2023

5.6.3 Componentes de produtividade

Aos 80 DAT, as plantas foram colhidas e realizadas as seguintes avaliações: diâmetro da raiz tuberosa (DRT, mm), comprimento da raiz tuberosa (CRT, mm), com base nos diâmetros transversal e longitudinal, respectivamente, usando um paquímetro digital. Massa da raiz tuberosa (MRT, g planta⁻¹) e produtividade (PRO, g planta⁻¹), realizada em uma balança analítica com precisão de 0,0001 g (Figura 9).

Figura 9 - Colheita (A) e análises das variáveis diâmetro da raiz tuberosa (B), comprimento (C) e massa da raiz tuberosa (D)

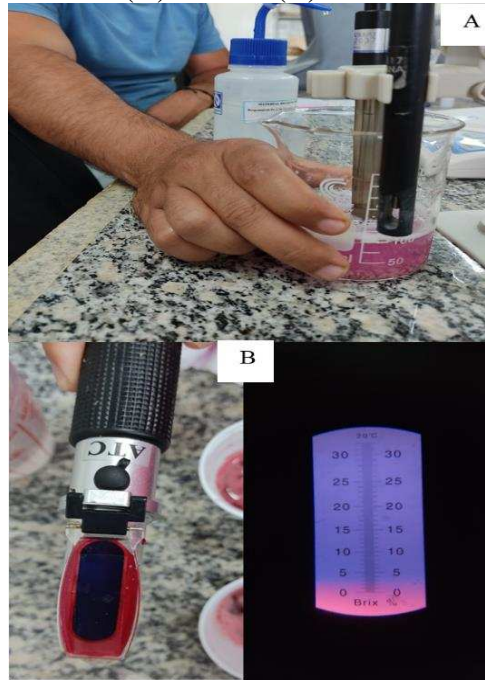


Fonte: Autoria própria, 2023

5.6.4 Pós-colheita

Para a avaliação do pH da raiz tuberosa (pH), as beterrabas colhidas foram separadas e maceradas em liquidificador, para extração do suco e determinação do pH com o auxílio de um peagômetro de bancada. Para o teor de sólidos solúveis, expressos em (°Brix), utilizou-se um refratômetro manual (Figura 10).

Figura 10 - Análise do pH da raiz tuberosa (A) e °Brix (B)



Fonte: Autoria própria, 2023

5.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov ($p \leq 0,05$) para avaliação de normalidade. Após verificação da normalidade, foram submetidos à análise variância, pelo teste F e, quando significativos, foram submetidos ao teste de Tukey a $p \leq 0.01$ e $p \leq 0.05$ de significância, por meio do programa computacional Assisat 7.7 Beta (Silva & Azevedo, 2016).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Crescimento e biomassa

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 2), pode-se constatar efeito significativo, isoladamente para o fator doses de fósforo sob as variáveis altura de planta (AP), e área foliar (AF) a ($p < 0,01$) e número de folhas a ($p < 0,05$). Já para o fator água, verificou-se resposta significativa para a área foliar (AF) a ($p < 0,05$), e interação entre os fatores doses de fósforo e água, para massa seca da parte aérea (MSPA) a ($p < 0,05$).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) em função da adubação fosfatada, condutividades elétricas da água e inoculante aos 37 DAT

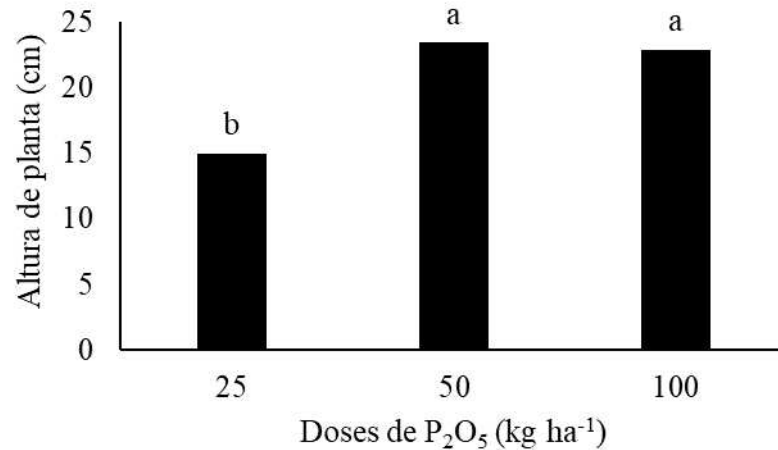
Quadrados médios					
FV	GL	AP	NF	AF	MSPA
Doses - D	2	19,1556**	4,6411*	14,5094**	4,7904 ^{ns}
Águas - A	1	3,0910 ^{ns}	1,1216 ^{ns}	4,0535*	2,6982 ^{ns}
Inoculante - I	1	0,2804 ^{ns}	0,6032 ^{ns}	1,0641 ^{ns}	0,0012 ^{ns}
D x A	2	1,5163 ^{ns}	1,9890 ^{ns}	2,8658 ^{ns}	10,8139*
D x I	2	0,7334 ^{ns}	2,6072 ^{ns}	0,9479 ^{ns}	1,3841 ^{ns}
A x I	1	0,5673 ^{ns}	0,4038 ^{ns}	0,0143 ^{ns}	0,4317 ^{ns}
D x A x I	2	1,0031 ^{ns}	0,5533 ^{ns}	0,5239 ^{ns}	1,1728 ^{ns}
Tratamentos	11				
Resíduo	60				
Total	71				
CV (%)		25,8	31,38	45,31	31,78
MG		20,42516	5,31944	15,33859	6,83042

FV – Fonte de variação; GL – Grau de liberdade; CV- Coeficiente de variação; MG – Média geral; ** ($p < 0.01$); * ($.01 < p < .05$); ns- não significativo ($p \geq 0.05$).

As doses de P_2O_5 apresentados na (Figura 11), revelam que o tratamento de 25% da recomendação de fósforo diferiu estatisticamente ($p < 0,01$) do de 50% e 100% na variável AP, obtendo o menor valor. Esse resultado reflete na exigência de P pela cultura, afetando o seu desenvolvimento pleno. Esse macronutriente atua na transferência de energia da célula na

forma de adenosina trifosfato (ATP) e sua deficiência nas plantas, leva ao crescimento reduzido e caules delgados (TAIZ et al., 2017), como consta nos resultados.

Figura 11 - Altura de plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada aos 37 DAT

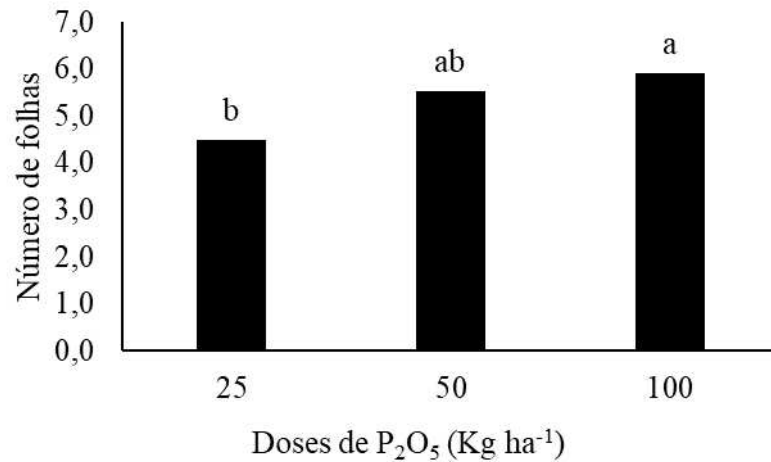


Fonte: Autoria própria, 2023. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Resultados similares foram encontrados por Silva et al. (2019), avaliando cultivares de beterraba em função da adubação fosfatada, onde o tratamento controle (sem aplicação de P), mostraram uma redução em altura de plantas. Nunes et al. (2014), ao analisarem a altura de plantas de rabanete sob adubação fosfatada, também registraram redução similar ao deste estudo.

A dose recomendada de 50 e 100% de P₂O₅ foram superiores estatisticamente à de 25% para o número de folhas, na cultura da beterraba (Figura 12). Essa menor resposta pela dosagem pode ser explicada pela característica de adsorção do P pelos colóides do solo, no qual o torna pouco disponível para as plantas, o que pode ter impedido a total absorção do nutriente. Por isso, é esperado que, altas dosagens de adubos fosfatados supram as necessidades das plantas (Vieira et al., 2021).

Figura 12 - Número de folhas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada aos 37 DAT

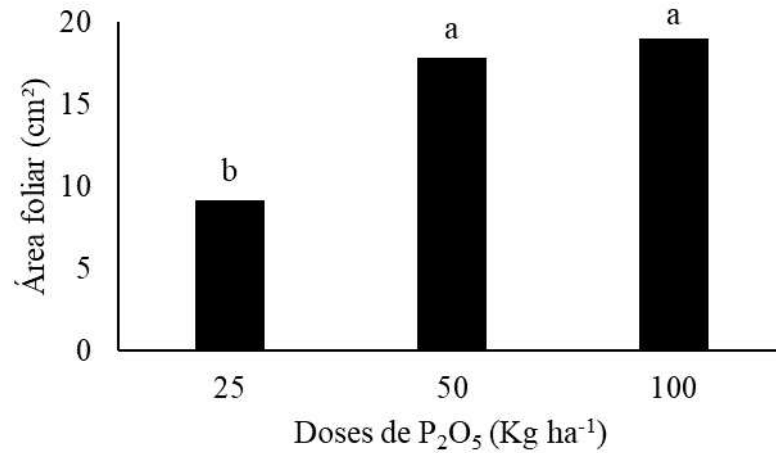


Fonte: Autoria própria, 2023. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Corroborando com este estudo, Bonfim-Silva et al. (2021) obtiveram maior número de folhas nos tratamentos com maiores doses de fósforo no cultivo do rabanete. Contrariando os resultados deste estudo, Nascimento et al. (2017) concluíram que as doses crescentes de fósforo não aumentaram o número de folhas da cultura da beterraba.

Para área foliar, a dose recomendada de 50 e 100% de P₂O₅ (Figura 13) foram superiores estatisticamente ao tratamento de 25% da recomendação de P, obtendo os maiores valores. O fósforo é o segundo macronutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das culturas, sendo um elemento crucial para a formação e desenvolvimento do sistema radicular vigoroso e conseqüentemente maior emissão de folhas, refletindo numa maior área foliar (Bechtaoui et al., 2021).

Figura 13 - Área foliar da beterraba submetida a doses de adubação fosfatada aos 37 DAT

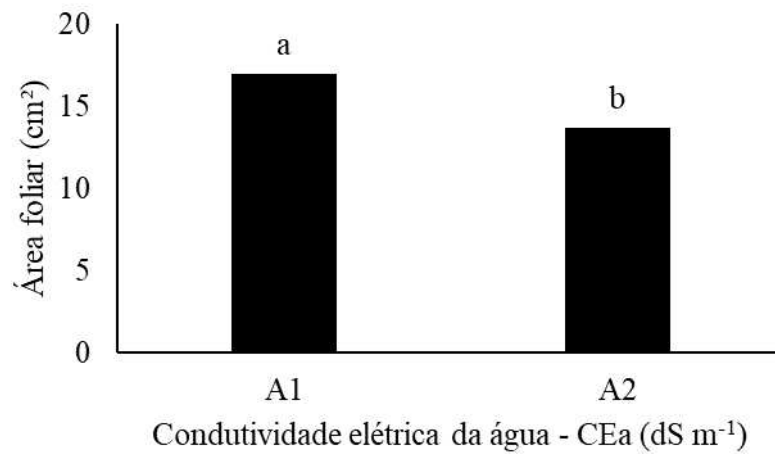


Fonte: Autora (2023). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Logo, menores doses de P₂O₅ induzindo a redução do sistema radicular, proporciona uma menor absorção do nutriente pelas plantas e por consequência diminuição dos outros órgãos, como as folhas. Similarmente, Avalhaes et al. (2009) obtiveram máxima área foliar em maiores aplicações de fósforo na cultura da beterraba. Resultado contrário ao deste estudo foi relatado por Gadelha et al. (2021) na cultura da beterraba. Esses mesmos autores adubando com 100% da dose recomendada de fósforo, verificaram maior área foliar (118 cm²).

A utilização da água de menor salinidade (0,5 dS m⁻¹), proporcionou maiores valores de área foliar, diferindo estatisticamente do tratamento com água de maior salinidade (6,2 dS m⁻¹), como mostra a Figura 14. A salinidade reduz o potencial osmótico, ocasionando a diminuição da absorção de água pelas plantas, que tende a fechar os estômatos, evitando a perda de água ao meio ambiente e reduzindo a dissipação de calor latente associada à vaporização da água nos tecidos foliares (Taiz et al., 2017; Ribeiro et al., 2022).

Figura 14 - Área foliar da beterraba em função das condutividades elétricas da água de irrigação (A1=0,5 dS m⁻¹ e A2= 6,2 dS m⁻¹) aos 37 DAT

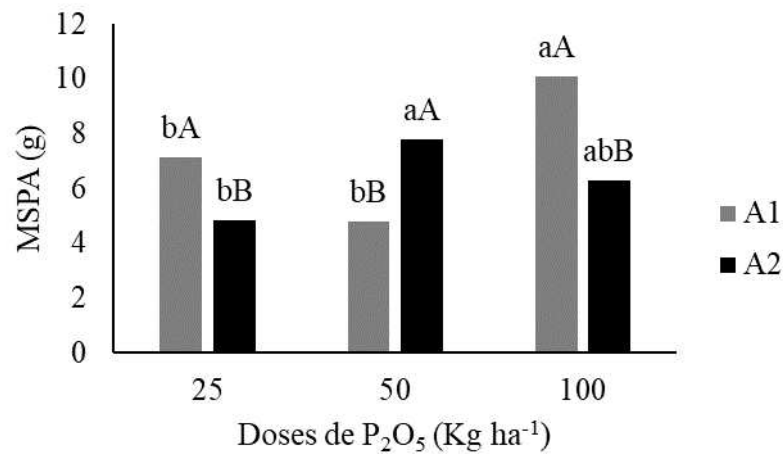


Fonte: Autora (2023). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Gadelha et al. (2021) trabalhando em condições de vasos com água salobra de 5,8 dS m⁻¹ na cultura da beterraba, também constataram redução da área foliar. Similarmente, Silva et al. (2019) concluíram que o estresse salino diminuiu a área foliar da beterraba. De forma similar, Santos et al. (2016) também observaram redução na área foliar como resposta ao estresse salino, onde a máxima produção foi obtida com a salinidade de 2,85 dS m⁻¹.

A dose recomendada de 25 e 100% de P₂O₅ associadas a água de menor salinidade promoveram maior massa seca parte aérea (Figura 15). Cordeiro et al. (2023) destacam que o fósforo é um nutriente essencial necessário para o crescimento e produção das culturas devido ao seu papel na síntese de ATP, no crescimento das raízes e biomassa da planta.

Figura 15 - Massa seca da parte aérea da beterraba submetida a doses de adubação fosfatada e duas condutividades elétricas da água (A1=0,5 dS m⁻¹ e A2= 6,2 dS m⁻¹) aos 37 DAT



Fonte: Autora (2023). As letras minúsculas comparam os valores médios das doses de P₂O₅ dentro das condutividades elétricas da água, já as maiúsculas comparam a mesma condutividade elétrica dentro das doses de P₂O₅.

Essa resposta na redução da massa seca da parte aérea pode ser devido a menor disponibilidade de fósforo que é intensificada pela salinidade (DEY et al., 2021). Em conformidade com o presente estudo, Santos et al. (2016) trabalhando com diferentes níveis salinos na cultura da beterraba adubada com 100% da dose recomendada de fósforo, também observaram redução significativa para massa seca da parte aérea

A dose recomendada de 50% de fósforo associada a água de maior salinidade, apresentou maior massa seca parte aérea (Figura 15). Esse resultado, demonstra que parte do fósforo presente na solução do solo ficou disponível de forma mais rápida, possivelmente pelo contato íon-raiz, visto que o presente estudo foi feito em condição de vaso, e com isso os nutrientes ficam mais concentrados no substrato e próximo ao sistema radicular. Tendência divergente ao deste estudo foi registrado por Sá et al. (2018) na cultura do feijão-caupi. Esses mesmos autores não observaram aumento da massa seca da parte aérea ao utilizarem 50% da adubação fosfatada em solo irrigado com água salobra.

6.2 Trocas Gasosas

De acordo com a análise de variância (Tabela 3), pode-se constatar efeito significativo isoladamente a ($p < 0,01$), para os fatores doses de fósforo e água, sob a variável condutância estomática (gs). Houve interações para os fatores doses de fósforo e água nas variáveis concentração interna de CO₂ (Ci), temperatura foliar (TL) e eficiência intrínseca do

uso da água (EUA) a ($p < 0,01$ e $< 0,05$) e para os fatores doses de fósforo e microrganismo, água e microrganismo na variável temperatura foliar (TF) a $p < 0,01$. Já para interações entre todos fatores estudados, houve efeito significativo nas variáveis fotossíntese (A) e transpiração (E) a ($p < 0,01$ e $< 0,05$).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de CO₂ (Ci), temperatura foliar (TL) e uso e eficiência da água (EUA) em função da adubação fosfatada, condutividades elétricas da água e inoculante aos 37 DAT

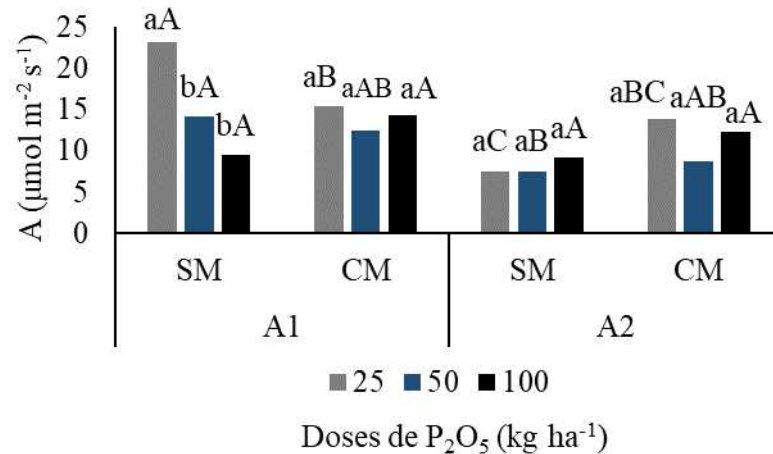
Quadrados médios							
FV	GL	A	E	gs	Ci	TF	EUA
Doses - D	2	7,3539**	11,9426**	9,0021**	0,4968 ^{ns}	111,8156**	0,1940 ^{ns}
Água - A	1	25,4585**	22,4801**	17,2475**	0,0856 ^{ns}	1,7193 ^{ns}	3,8141 ^{ns}
Microrganismo							
- M	1	0,9285 ^{ns}	8,1310**	1,8596 ^{ns}	0,9240 ^{ns}	31,5789**	1,3844 ^{ns}
D x A	2	4,8148*	0,1094 ^{ns}	0,3288 ^{ns}	5,1102*	32,6405**	7,3036**
D x I	2	2,2854 ^{ns}	0,4389 ^{ns}	1,3958 ^{ns}	1,1812 ^{ns}	36,6581**	1,8543 ^{ns}
A x I	1	6,6086*	6,4680*	1,6944 ^{ns}	0,2698 ^{ns}	4,2456*	0,3463 ^{ns}
D x A x I	2	5,5218**	3,8545*	2,1010 ^{ns}	0,6703 ^{ns}	0,9561 ^{ns}	1,9865 ^{ns}
Tratamentos	11						
Resíduo	36						
Total	47						
CV (%)		27,65	20,12	39,08	15,57	0,60	18,22
MG		12,35056	2,85472	0,15889	206,97222	34,13333	4,27036

FV – Fonte de variação; GL – Graus de liberdade; CV- Coeficiente de variação; MG – Média geral; ** ($p < 0,01$); * ($0,01 < p < 0,05$); ns- não significativo ($p \geq 0,05$).

Para a variável fotossíntese (A) (Figura 16) a dose de 25% da recomendação de fósforo na ausência do *Trichoderma* na água de menor salinidade (0,5 dSm⁻¹), diferiu estaticamente ($p < 0,01$) sendo superior as doses de 50% e 100% da adubação de P₂O₅, enquanto na presença de *Trichoderma* não houve diferença estatística. Esse resultado sinaliza que a participação do microrganismo não influenciou a solubilização do adubo fosfatado da solução do solo até as raízes da beterraba e conseqüentemente melhor distribuição de fotoassimilados na folha e maior fotossíntese. Resultados concordantes foram obtidos por Chagas et al. (2017b), estudando a influência do *Trichoderma* no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-

caupi, milho e arroz, no qual, os autores concluíram que o uso do *Trichoderma* apresentou resultados superiores quanto ao acúmulo de biomassa, demonstrando seu potencial como promotores de crescimento nas culturas avaliadas.

Figura 16 - Fotossíntese em plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada, uso de água de menor e maior salinidade (A1=0,5 dS m⁻¹ e A2= 6,2 dS m⁻¹) em solo com (CM) e sem (SM) *Trichoderma*, aos 37 DAT



Fonte: Autora (2023). As letras minúsculas comparam os valores médios entre doses de adubação na ausência e presença do microrganismo em cada condutividade elétrica da água e as maiúsculas comparam os valores médios dentro de uma mesma dose de adubação na ausência e presença do microrganismo em cada condutividade elétrica da água.

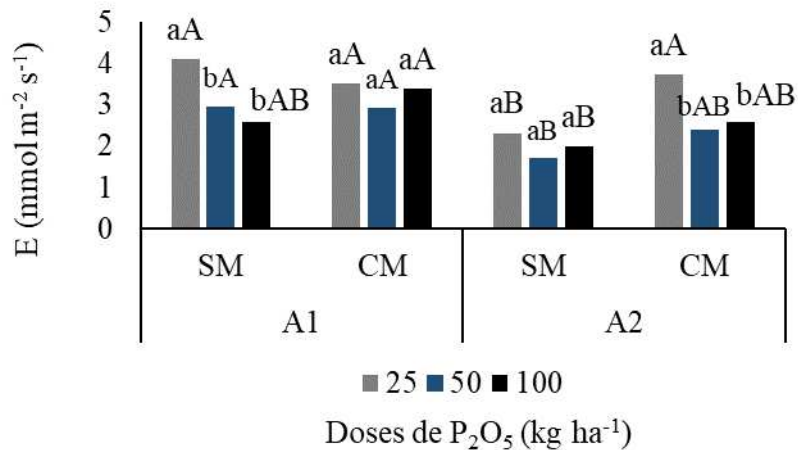
Quando irrigado com água de maior salinidade (6,2 dS m⁻¹) não houve diferença significativa entre as doses de fósforo na presença e ausência de microrganismo, porém, entre o tratamento com e sem microrganismo, a fotossíntese foi maior na dose de 25% da adubação com fósforo no tratamento com microrganismo. Tal comportamento, revela o efeito benéfico do microrganismo que interage, aliviando os efeitos adversos do estresse salino, mesmo numa condição de menor aporte nutricional pelo fósforo aos 45 dias após a semeadura, através da aclimação fisiológica, aliviando parcialmente o estresse térmico e o excesso de luz (Mupambi et al., 2018; Silva et al. 2019a).

Ribeiro et al. (2022) adubando a cultura do feijão-caupi com 50% da adubação fosfatada com água salobra, não constataram efeito mitigador para a fotossíntese aos 45 dias após a semeadura. No entanto, tendência similar para a cultura da beterraba foi relatada por Oliveira et al. (2022), ao usar 100% da adubação fosfatada em um ambiente salino.

De acordo com os dados de transpiração (*E*) (Figura 17), quando se compara as doses de fósforo associados a ausência do *Trichoderma* e água de menor salinidade (0,5 dS m⁻¹

¹⁾, a recomendação de adubação fosfatada em 25%, difere dos níveis de 50% e 100%, obtendo-se o maior valor, enquanto na presença não houve diferença significativa. A maior transpiração na da dose de 25% pode ser relacionada com os resultados de área foliar, o qual apresentou menor área, sob a menor dose aplicada. Como o P é um macronutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento dos órgãos das plantas, a menor aplicação leva a menor absorção e por consequência folhas raquíticas e um crescimento reduzido. Com isso, compreende-se que a planta precise transpirar mais para compensar a menor área foliar.

Figura 17 - Transpiração em plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada, uso de água de menor e maior salinidade (A1=0,5 dS m⁻¹ e A2= 6,2 dS m⁻¹) em solo com (CM) e sem (SM) *Trichoderma*, aos 37 DAT



Fonte: Autora (2023). As letras minúsculas comparam os valores médios entre doses de adubação na ausência e presença do microrganismo em cada condutividade elétrica da água e as maiúsculas comparam os valores médios dentro de uma mesma dose de adubação na ausência e presença do microrganismo em cada condutividade elétrica da água.

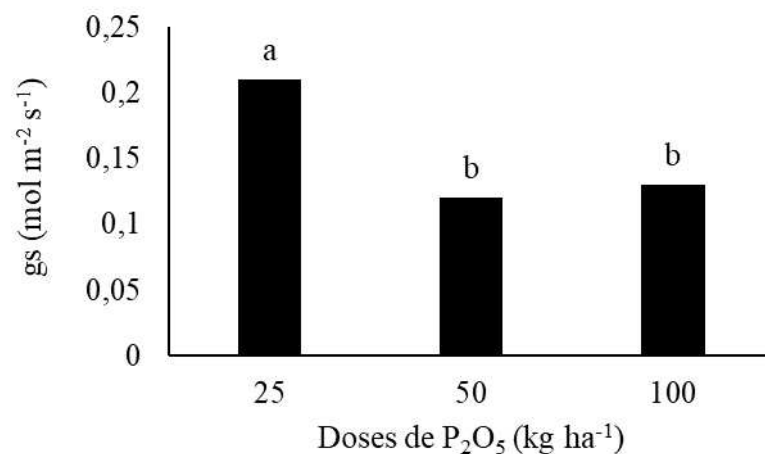
Comparando a adubação fosfatada, na presença do *Trichoderma* e água de maior salinidade (6,2 dS m⁻¹), houve uma diferença estatística entre as doses de 25% da recomendação de fósforo para com os de 50% e 100%, alcançando os maiores valores na presença do microrganismo. Quando se eleva a concentração de sais no solo, ocorre a diminuição do potencial osmótico fazendo com que as plantas como forma estratégica, diminuam a perda de água para o meio reduzindo a área foliar, pois a taxa de transpiração é maior do que absorção (Oliveira et al., 2022).

Logo, uma menor área foliar impulsiona a planta a transpirar mais, para se obter uma compensação pela menor expansão e desenvolvimento das folhas, causado tanto pelo

estresse salino, quanto pela menor dose de P_2O_5 aplicada. Essa estratégia de reduzir a perda de água para o ambiente, diminui a transpiração em ambientes salinos, bem como a absorção de sais e conseqüentemente, ocorre a translocação para a parte aérea (Pinho et al., 2022), contribuindo assim para a diminuição dos seus efeitos deletérios dos sais (Ahmad et al., 2015).

Para condutância estomática (gs), apresentada na Figura 18, os dados revelam que o tratamento de 25% da recomendação de fósforo diferiu estatisticamente de 50% e 100%, obtendo maiores valores. Esse resultado pode estar relacionado com uma possível adaptação da planta em condições de vaso, onde a mesma pode ter absorvido o fósforo da forma lábil via fluxo de massa através de um transporte unidirecional, ou seja, facilitando de forma mais rápida a entrada do K na célula guarda.

Figura 18 - Condutância estomática de plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada aos 37 DAT



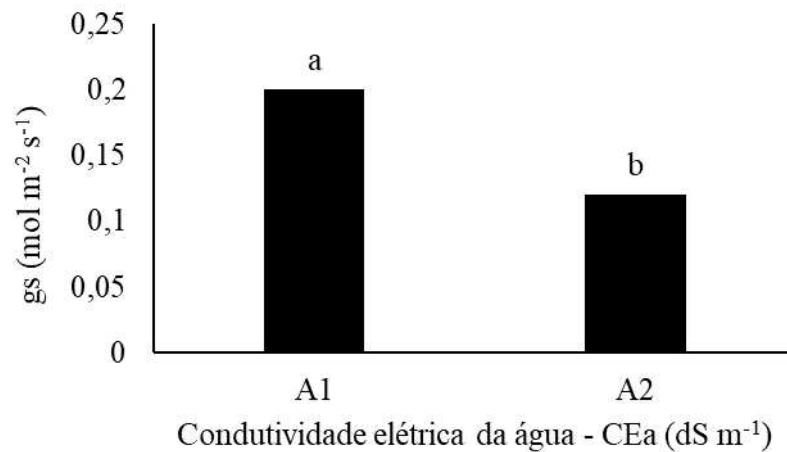
Fonte: Autora (2023). As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,01$).

Salienta-se ainda que esse resultado demonstrar que fósforo atua na transferência de energia da célula na forma de adenosina trifosfato (ATP), auxiliando em diversos processos de trocas gasosas (Taiz et al., 2017). O presente estudo diverge dos resultados obtidos por Sá et al. (2018), onde concluíram que as doses elevadas de fósforo resultaram em maior condutância estomática na cultura do feijão caupí.

Os maiores valores de condutância estomática (gs) em função das CEa de irrigação, foram obtidos com a utilização da água de menor salinidade ($0,5\ dS\ m^{-1}$), diferindo estatisticamente do tratamento com água de maior salinidade ($6,2\ dS\ m^{-1}$) (Figura 19). Esse resultado demonstra que o estresse salino proporcionou menor condutância estomática,

indicando a ocorrência de maior acúmulo de sais no solo e maior limitação estomática ao processo de assimilação de carbono (Taiz et al., 2017).

Figura 19 - Condutância estomática de plantas beterraba irrigada com água de menor e maior salinidade (A1=0,5 dS m⁻¹ e A2= 6,2 dS m⁻¹) aos 37 DAT

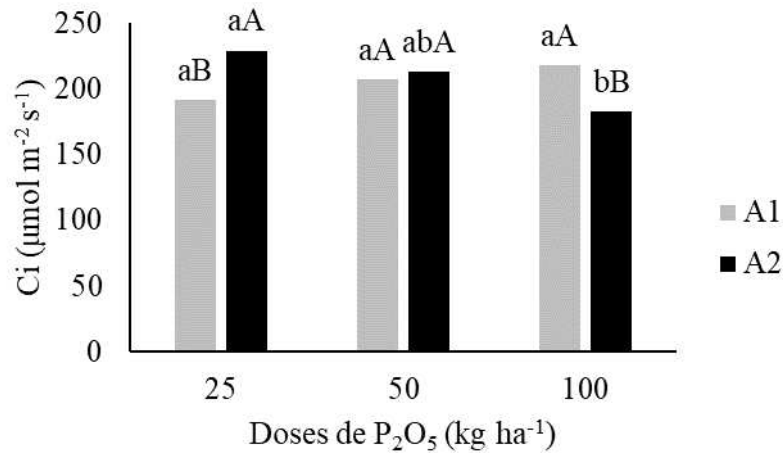


Fonte: Autora (2023). As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,01$).

O estresse salino favorece a redução de área foliar pelos seus efeitos deletérios. Logo, tendo uma área foliar reduzida, ocorre a diminuição da área fotossintetizante e consequentemente da condutância estomática (Rodrigues et al., 2021). Oliveira et al. (2022), avaliando o efeito do estresse salino na cultura da beterraba, concluíram que o aumento da condutividade elétrica da água também reduziu a condutância estomática.

De acordo com a Figura 20, a água de menor salinidade associada com a dose de 100% da recomendação de fósforo, elevou a concentração interna de CO₂ (C_i), sofrendo redução com a água de CEa de 6,2 dS m⁻¹, não sendo verificada diferença estatística para as doses de 25 e 50% da dose recomenda de fósforo na maior e menor CEa.

Figura 20 - Concentração interna de CO₂ em plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada e uso de água de menor e maior salinidade (A1=0,5 dS m⁻¹ e A2=6,2 dS m⁻¹) aos 37 DAT

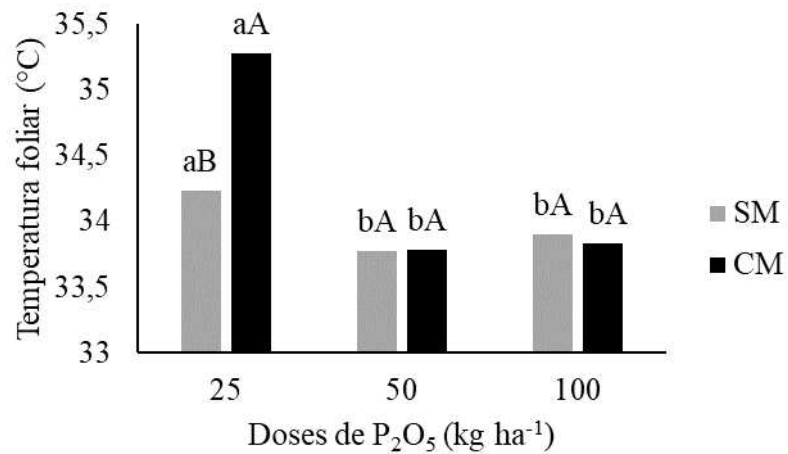


Fonte: Autora (2023). As letras minúsculas comparam os valores médios das condutividades elétricas da água dentro de uma mesma recomendação de P₂O₅, já as maiúsculas comparam a mesma condutividade elétrica dentro das doses de adubação fosfatada.

O resultado demonstra um maior controle estomático durante o período de estresse, aumentando assim o acúmulo de CO₂ no mesófilo foliar (TAIZ et al., 2017), diferentemente do observado nesse estudo, revelando que houve uma resistência estomática sob condições de estresse salino na dose de 25%. Oliveira et al. (2022) estudando a cultura da beterraba adubada com a dose de 100% da recomendação de fósforo sob estresse salino, verificaram redução da concentração interna de CO₂. Sá et al. (2018), registraram resultado oposto ao deste estudo na cultura do feijão-caupi irrigada com água salobra adubada fosfatada, onde não evidenciaram efeito mitigador da adubação fosfatada sob água de maior salinidade.

A temperatura foliar reduziu com o aumento das doses de P₂O₅ aplicadas, em relação à dose de 25%, que obteve as maiores temperaturas, sendo esta mais expressiva quando na presença do *Trichoderma* (Figura 21).

Figura 21 - Temperatura foliar da beterraba em plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada em solo com (CM) e sem (SM) *Trichoderma* aos 37 DAT

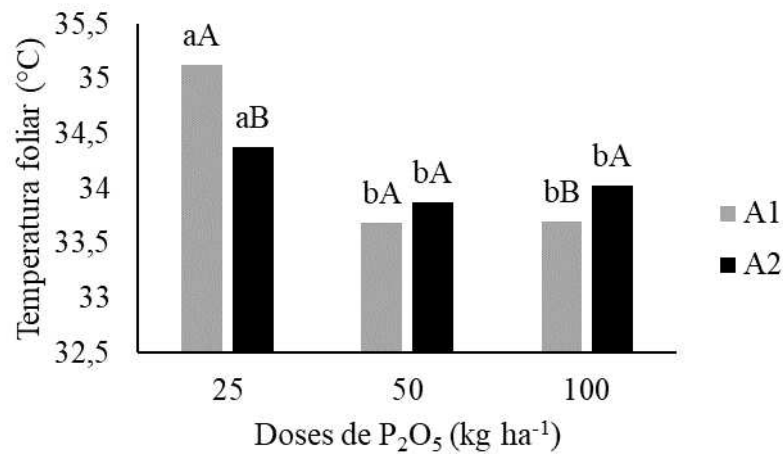


Fonte: Autora (2023). As letras minúsculas comparam os valores médios com e sem microrganismo de uma mesma recomendação de P₂O₅, já as maiúsculas comparam a ausência e presença do microrganismo dentro das doses de adubação fosfatada.

A baixa oferta de fósforo na dose de 25% pode ter proporcionado baixas atividades enzimáticas no solo, aos quais são responsáveis pela regulação da temperatura foliar (RAZAQ et al., 2017), e uma vez que a baixa oferta de nutrientes ocorreu nesse tratamento, pode ter ocasionado um estresse nutricional na planta, elevando a temperatura em virtude da proporção de fósforo disponível, o que não se verifica em doses maiores de fósforo aplicadas (Masrahi et al., 2023). Corroborando com esse resultado onde o microrganismo não atuou de forma eficiente, estudos desenvolvidos por Frasca et al. (2020), concluíram que não houve influência dos bioestimulantes como o *Trichoderma* na temperatura foliar de plantas de feijão.

Observa-se na Figura 22 que a dose de 25% da recomendação de P₂O₅ proporcionou as maiores temperaturas foliares em relação as demais doses, diferindo-se estatisticamente das demais doses utilizadas. O fósforo, além de funções energéticas, está relacionado diretamente com a síntese de moléculas e ativação enzimática, o que reflete diretamente nas trocas gasosas foliares e na dissipação de calor latente da superfície foliar por meio da abertura dos estômatos e respiração celular (RAZAQ et al., 2017; TAIZ et al., 2017; LIMA et al., 2020).

Figura 22 - Temperatura foliar da beterraba submetida a doses de adubação fosfatada e água de menor e maior salinidade (A1=0,5 dS m⁻¹ e A2= 6,2 dS m⁻¹) aos 37 DAT

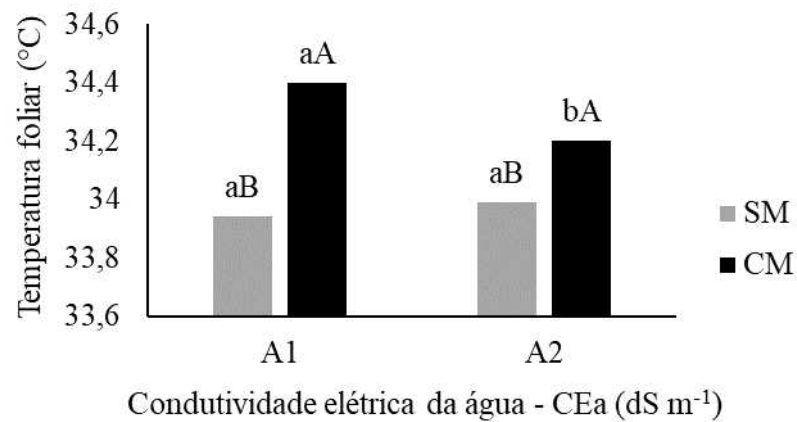


Fonte: Autora (2023). As letras minúsculas comparam os valores médios das condutividades elétricas da água dentro de uma mesma recomendação de P₂O₅, já as maiúsculas comparam a mesma condutividade elétrica dentro das doses de adubação fosfatada.

Contrariando o presente estudo, Ribeiro et al. (2022) avaliando estratégias de irrigação com água salobra e adubação fosfatada na cultura do feijão caupi, verificaram que na dose de 100% de fósforo aumentaram a temperatura foliar da cultura. Por sua vez, Sousa et al. (2012) não verificaram significância da adubação fosfatada na temperatura foliar de plantas de pinhão-manso.

Observa-se na Figura 23 que a temperatura foliar de plantas que receberam *Trichoderma* foi superior às plantas que não receberam o microrganismo, para ambas as águas utilizadas, sendo esse efeito mais destacado na água de menor salinidade.

Figura 23 - Temperatura foliar da beterraba sob uso de água de menor e maior salinidade (A1=0,5 dS m⁻¹ e A2= 6,2 dS m⁻¹) em solo com (CM) e sem (SM) *Trichoderma*, aos 37 DAT

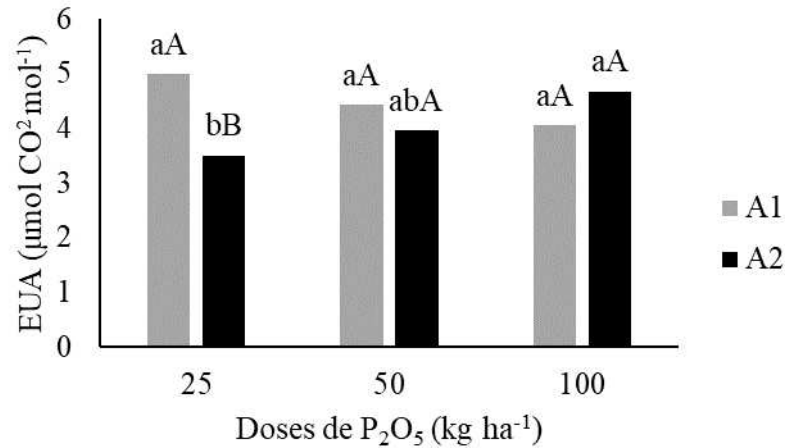


Fonte: Autora (2023). As letras minúsculas comparam os valores médios da ausência e presença de microrganismo dentro de uma mesma condutividade elétrica da água, já as maiúsculas comparam a mesma condutividade elétrica dentro das doses de adubação fosfatada.

O *Trichoderma* auxilia a planta como um bioestimulante, o que pode acarretar diversos processos metabólicos ativados conjuntamente, elevando a temperatura foliar e, sob condições de estresse abiótico, como o salino, o microrganismo atua atenuando o efeito do estresse causado (MENDOZA et al., 2018). Contrariando o presente estudo, Lima et al. (2021) verificaram que a temperatura foliar de plantas de amendoim sob estresse salino aumentou com o incremento da CEa. Esses mesmos autores verificaram que plantas de amendoim inoculadas tiveram uma temperatura foliar menor que a de plantas não inoculadas.

Para a eficiência intrínseca no uso da água das plantas de beterraba (Figura 24) apenas na dose 25% da recomendação de P₂O₅ juntamente com a água de CEa de 0,5 dS m⁻¹ foi superior estatisticamente a água de CEa de 6,2 dS m⁻¹. Sob condições de estresse, as plantas tendem a desenvolver mecanismos que evitem a perda de água excessiva para o meio, como pela redução da transpiração sob condições de salinidade e/ou melhoria na absorção de água, e como o fósforo está envolvido em processos fotossintéticos, as maiores doses de P₂O₅ acabam atenuando esse efeito deletério dos sais sobre a fotossíntese, fazendo com que as plantas tenham um maior aproveitamento da água absorvida, uma vez que a fotossíntese é maior que a transpiração (TAIZ et al., 2017; PRADO, 2020; PINHO et al., 2022).

Figura 24 - Eficiência do uso da água em plantas de beterraba submetida a doses de adubação fosfatada e uso de água de menor e maior salinidade (A1=0,5 dS m⁻¹ e A2= 6,2 dS m⁻¹) aos 37 DAT



Fonte: Autora (2023). As letras minúsculas comparam os valores médios das condutividades elétricas da água dentro de uma mesma recomendação de P₂O₅, já as maiúsculas comparam a mesma condutividade elétrica dentro das doses de adubação fosfatada.

Fátima et al. (2018) não verificaram efeito da adubação fosfatada na eficiência do uso da água de plantas de alface cultivada sob regimes hídricos e adubação fosfatada.

6.3 Produtividade

De acordo com a análise de variância (Tabela 4), pode-se constatar efeito significativo isoladamente para o fator doses de fósforo, sob as variáveis massa da raiz tuberosa (MRT), produtividade (PRO) a ($p < 0,05$), e comprimento da raiz tuberosa (CRT) a ($p < 0,01$). Já para interação tripla entre os fatores estudados, houve efeito significativo ($p < 0,05$) na variável diâmetro da raiz tuberosa (DRT). Houve interações duplas para os fatores doses de fósforo e águas ($p < 0,01$), e doses de fósforo e microrganismo ($p < 0,05$) na variável pH da raiz tuberosa (pH). Não houve efeito significativo para a variável sólidos solúveis (°BRIX).

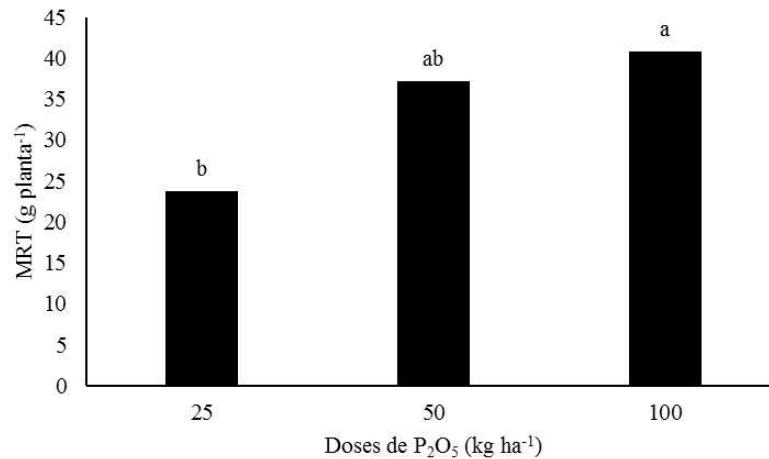
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para massa da raiz tuberosa (MRT), produtividade (PRO), diâmetro da raiz tuberosa (DRT) comprimento da raiz tuberosa (CRT), sólidos solúveis (°BRIX) e pH da raiz tuberosa (pH) aos 80 DAT

Quadrado médio							
FV	GL	MRT	PRO	DRT	CRT	°BRIX	pHRT
Doses - D	2	5,2064*	5,2064*	4,3043*	5,2746**	1,9528 ^{ns}	178,6896**
Águas - A	1	1,8959 ^{ns}	1,8959 ^{ns}	2,1453 ^{ns}	0,7942 ^{ns}	0,0196 ^{ns}	34,4705**
Microrganismo - M	1	0,2946 ^{ns}	0,2946 ^{ns}	0,5125 ^{ns}	0,5805 ^{ns}	0,5818 ^{ns}	12,7840**
D x A	2	0,3422 ^{ns}	0,3422 ^{ns}	1,8221 ^{ns}	0,3966 ^{ns}	0,1577 ^{ns}	22,0982**
D x M	2	3,1136 ^{ns}	3,1136 ^{ns}	1,7582 ^{ns}	1,2701 ^{ns}	2,5779 ^{ns}	5,1356*
A x M	1	0,2685 ^{ns}	0,2685 ^{ns}	0,2407 ^{ns}	0,8729 ^{ns}	0,0700 ^{ns}	0,0720 ^{ns}
D x A x M	2	1,0202 ^{ns}	1,0202 ^{ns}	5,7425**	1,1188 ^{ns}	0,8914 ^{ns}	2,4745 ^{ns}
Tratamentos	11						
Resíduo	36						
Total	47						
CV (%)		46,29	46,29	23,31	22,15	37,62	1,97
MG		33,89549	753,23302	39,4173	33,2729	2,46458	5,55632

FV – Fonte de variação; GL – Graus de liberdade; CV- Coeficiente de variação; MG – Média geral; ** (p < 0.01); * (.01=< p < 0.05); ns- não significativo (p >= 0.05).

A dose de 25% de P₂O₅ foi a que proporcionou menores MRT (23,27 g planta⁻¹), diferindo-se estatisticamente da dose de 100% (Figura 25), com valores de (40,74 g planta⁻¹). Esse resultado demonstra que a deficiência de P pode acarretar menor desenvolvimento das características morfológicas das plantas.

Figura 25 - Massa da raiz tuberosa submetida a doses de adubação fosfatada aos 80 DAT

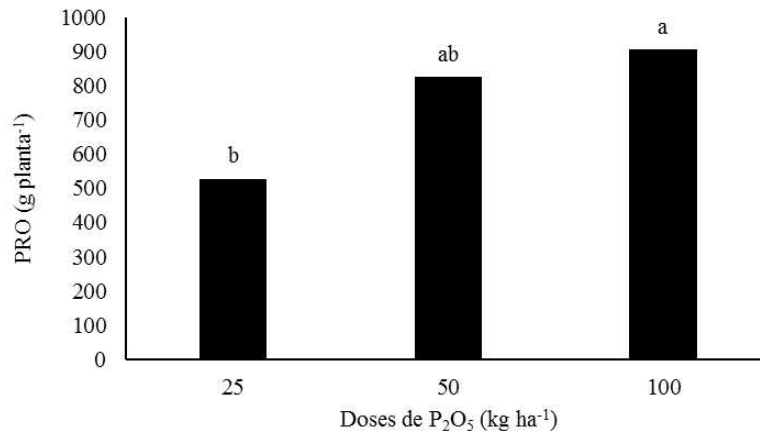


Fonte: Autora (2023). As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,05$).

Luz et al. (2013), descrevem que o fósforo é importante para o desenvolvimento do tubérculo, potencializando os processos metabólicos das plantas, tais como a translocação de fotoassimilados. Resultados similares foram encontrados por Gashash et al. (2022), onde estudando os efeitos da fertilização com diferentes níveis de fósforo sobre as características botânicas da beterraba de mesa, concluíram que aumento nas doses de fósforo elevou significativamente a massa da raiz tuberosa da beterraba. Corroborando, Oliveira et al. (2016) também observaram aumento na massa da raiz tuberosa da beterraba com a aplicação da dose de 235 mg⁻³ dm de fósforo.

Para a produtividade (PRO) em função das doses de P₂O₅ (Figura 26), o tratamento de 25% da recomendação, diferiu estatisticamente do de 100%, obtendo valores de produtividade da beterraba em (528, 24 g planta⁻¹) e (905, 54 g planta⁻¹) respectivamente. Esse resultado demonstra o efeito positivo do fósforo no metabolismo da cultura da beterraba, melhorando todo o crescimento vegetativo e conteúdo de clorofila, levando a um aumento na síntese de carboidratos, conseqüentemente aumentando a produção total de raízes tuberosas da planta (Gashash et al., 2022). Portanto, uma menor dose de adubação fosfatada como demonstrado no tratamento de 25% de P₂O₅, proporciona menores valores de produtividade como visto nos resultados do presente estudo.

Figura 26 - Produtividade da raiz tuberosa submetida a doses de adubação fosfatada aos 80 DAT

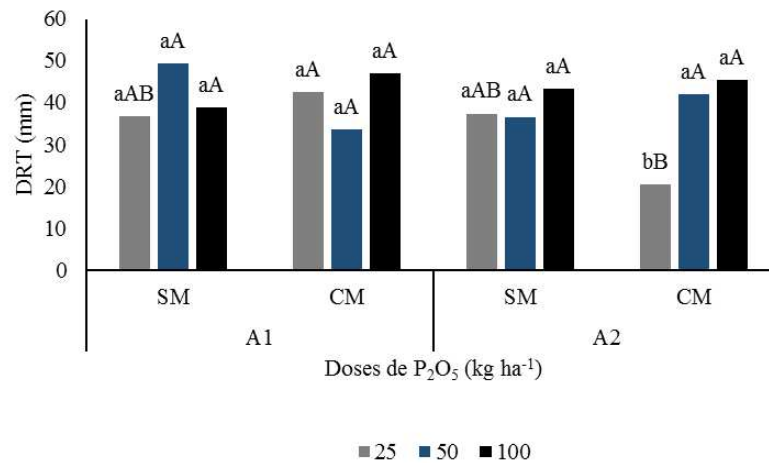


Fonte: Autora (2023). As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,05$).

De forma similar, Fernandes et al. (2015) observaram resultados significativos na produção comercial de raízes de batata com o incremento da adição de fósforo. Corroborando com este estudo Silva et al. (2019) também observaram aumento da produtividade total de raízes de beterraba a partir do aumento da adubação fosfatada, onde as doses que maximizaram as cultivares estudadas foram entre 170 a 270 kg ha⁻¹ de fósforo.

Para o DRT, não houve diferença significativa para a água de menor condutividade elétrica, adubação fosfatada, presença e ausência de *Trichoderma*. Já para água de maior salinidade, a dose de 50 e 100% de P₂O₅ foram superiores estatisticamente a dose de 25%, na presença do *Trichoderma* (Figura 27). Ressalta-se ainda que, os efeitos do excesso de sais solúveis na solução do solo provocam desequilíbrio nutricional em função do efeito da redução do potencial osmótico diminuindo a absorção de nutrientes e água (Freire et al., 2020).

Figura 27 - Diâmetro da raiz tuberosa submetida a doses de adubação fosfatada, uso de água salobra e *Trichoderma* aos 80 DAT

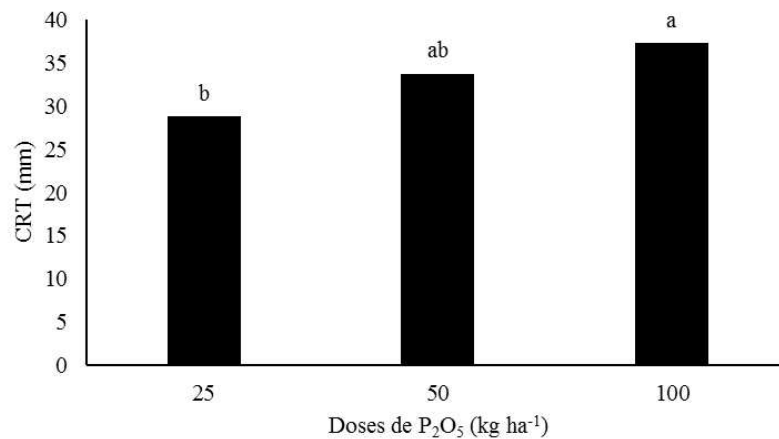


Fonte: Autora (2023). As letras minúsculas comparam os valores médios entre doses de adubação na ausência e presença do microrganismo em cada condutividade elétrica da água e as maiúsculas comparam os valores médios dentro de uma mesma dose de adubação na ausência e presença do microrganismo em cada condutividade elétrica da água.

Tendência similar aos dados deste estudo foi reportado por Gadelha et al. (2021), ao investigarem o uso de água salobra na cultura da beterraba em solo adubado com 100% da adubação fosfatada sem microrganismo. Esses mesmos autores concluíram que a salinidade da água de irrigação de 5,8 dS m⁻¹ reduziu o diâmetro da raiz tuberosa cultivada em condições de vaso.

A dose de 25% de P₂O₅, diferiu estatisticamente das doses de 50 e 100% (Figura 28). Esse resultado pode estar atrelado as funções do P, na qual é eficaz na geração de energia, síntese do ácido nucléico, fotossíntese, glicólise, respiração, metabolismo de carboidratos e consequentemente maior desenvolvimento inicial das raízes da beterraba (Ghaly et al., 2019).

Figura 28 - Comprimento da raiz tuberosa da beterraba submetida a doses de adubação fosfatada aos 80 DAT

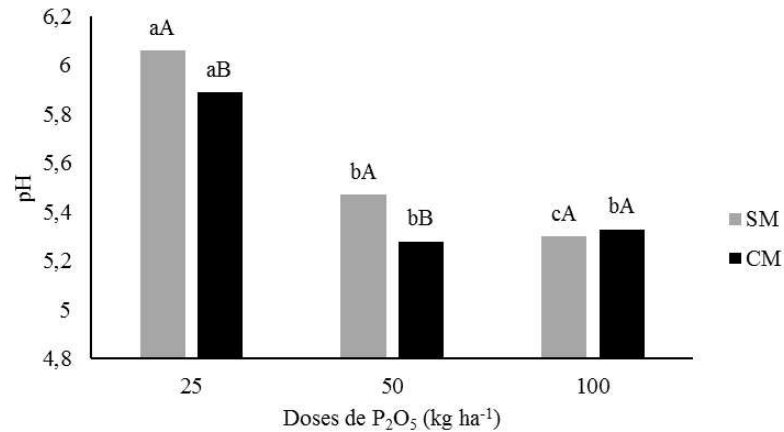


Fonte: Autora (2023). As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,05$).

De forma similar, Silva et al. (2019) observaram nos tratamentos sem a aplicação de P, que plantas de beterraba apresentaram sintomas visuais de deficiência como; redução no tamanho e número de raízes por planta. Diferindo desse estudo, Nascimento et al. (2017) constataram que para o comprimento das raízes reduziu com o aumento da adubação fosfatada.

O pH foi influenciado pela interação entre os fatores estudados (Figura 29), sofrendo redução com aumento das doses de P₂O₅ aplicadas, e essa tendência foi observada tanto na presença como na ausência do microrganismo no solo. Apesar da variação do pH com aplicação dos tratamentos, os valores encontrados no presente estudo, estão dentro da faixa considerada excelente (pH 4 e 5 na ausência de oxigênio, e entre pH 5 e 6 e presença de oxigênio) para a estabilidade das betalainas, substância responsável pela cor e função antioxidante (SANTOS et al., 2020).

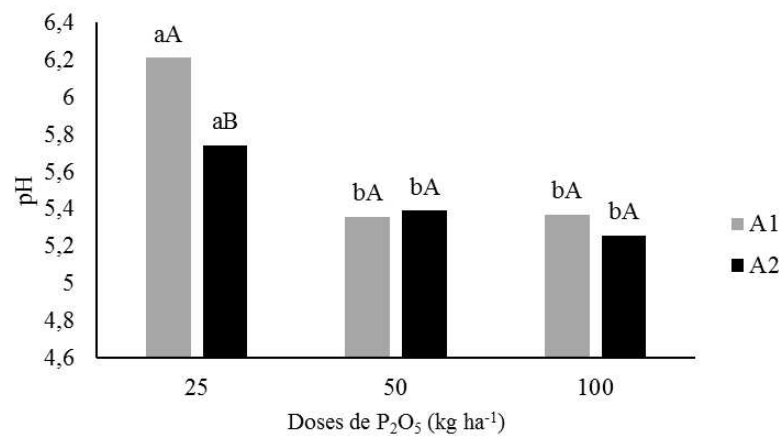
Figura 29 - pH da raiz tuberosa submetida a doses de adubação fosfatada, uso de *Trichoderma* aos 80 DAT



Fonte: Autora (2023). As letras minúsculas comparam os valores médios com e sem microrganismo de uma mesma recomendação de P₂O₅, já as maiúsculas comparam a ausência e presença do microrganismo dentro das doses de adubação fosfatada.

Os valores médios apresentados na Figura 30, revela que apenas na dose de 25% de fósforo houve diferença significativa, sendo que a água de menor salinidade foi estatisticamente superior a água de maior salinidade. O estresse salino provocado pelo adubo fosfatado que possui índice de salinidade de 34%, pode contribuir para reduzir o potencial osmótico, dificultando a absorção de água e nutrientes pelas plantas, afetando a qualidade pós-colheita de frutos ou raízes.

Figura 30 - pH da raiz tuberosa submetida a adubação fosfatada e uso de água salobra aos 80 DAT



Fonte: Autora (2023). As letras minúsculas comparam os valores médios das condutividades elétricas da água dentro de uma mesma recomendação de P₂O₅, já as maiúsculas comparam a mesma condutividade elétrica dentro das doses de adubação fosfatada.

Silva et al. (2020) ao avaliarem a qualidade de frutos de melancia irrigada com água salobra, verificaram tendência semelhante ao presente estudo, com pH variando de 5,5 a 6,1. Contrariando o presente estudo, Paiva et al. (2018) não verificaram alterações do pH de frutos de tomateiro cultivado em ambiente protegido e utilizando água de diversas condutividades elétricas.

7 CONCLUSÕES

O estresse salino afetou negativamente a área foliar da beterraba. A massa seca da parte foi reduzida com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, sendo mais expressiva no tratamento com dose de 25% do P_2O_5 .

O estresse salino reduziu a fotossíntese, em maior nível sob a dose de 25% do P_2O_5 e ausência do *Trichoderma harzianum*, condutância estomática e a concentração interna de CO_2 , de forma mais significativa na dose de 100% da recomendação. O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação elevou transpiração e a temperatura foliar, sob a dose de 25% de P_2O_5 , e presença do *Trichoderma harzianum*. A dose de 25% de P_2O_5 , aumentou a condutância estomática da beterraba. A água de maior condutividade elétrica da água de irrigação afetou negativamente a eficiência do uso da água, de forma mais expressiva na dose de 25% de P_2O_5 .

As doses de 50% e 100% de P_2O_5 foram mais eficientes para elevar a produtividade e qualidade da beterraba, sendo para o diâmetro da raiz tuberosa em maior nível, sob a menor condutividade elétrica da água e ausência do *Trichoderma harzianum*. O pH foi elevado sob menor condutividade elétrica da água, com dose de 25% de P_2O_5 e ausência do *Trichoderma harzianum*.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. M.; PFENNING, L. H. O gênero *Trichoderma*. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S.M.; SILVA, J. C. **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília: Embrapa, p. 163. 2019.
- AHMAD, P.; HASHEM, A.; ABD-ALLAH, E. F.; ALQARAWI, A. A.; JOHN, R.; EGAMBERDIEVA, D.; GUCEL, S. Papel de *Trichoderma harzianum* na mitigação do estresse por NaCl em mostarda-da-índia (*Brassica juncea* L) por meio do sistema de defesa antioxidante. **Fronteiras na ciência vegetal**, v. 6, p. 868, 2015.
- ANDERSON, R., BAYER, P. E., & EDWARDS, D. Climate change and the need for agricultural adaptation. **Current opinion in plant biology**, v. 56, p. 197-202, 2020.
- Arai, Y., & Sparks, D. L. Phosphate reaction dynamics in soils and soil components: A multiscale approach. **Advances in agronomy**, 94, 135-179.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS (ABCSEM). Disponível em: <http://www.abcsem.com.br/>. Acesso em: 13 de set. 2023.
- ATREYA, K.; SITAULA, B.K.; BAJRACHARYA, R.M. Pesticide use in agriculture: The philosophy, complexities and opportunities. **Sci. Res. Essays**, 7, 2168–2173. 2012.
- AVALHAES, C. C., DE MELLO PRADO, R., DE OLIVEIRA GONDIM, A. R., ALVES, A. U., & CORREIA, M. A. R. Rendimento e crescimento da beterraba em função da adubação com fósforo. **Scientia Agrária**, v. 10, n. 1, p. 075-080, 2009.
- AVALHAES, C.C; PRADO, R.M; GONDIM, A.R.O; ALVES, A.U; CORREIA, M.A.R. Rendimento e crescimento da beterraba em função da adubação com fósforo. **Scientia Agrária** 10: 75-80, 2009.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BADER, A. N., SALERNO, G. L., COVACEVICH, F., & CONSOLO, V. F. Native *Trichoderma harzianum* strains from Argentina produce indole-3 acetic acid and phosphorus solubilization, promote growth and control wilt disease on tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of King Saud University-Science**, v. 32, n. 1, p. 867-873, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.04.002>
- BARGAZ, A.; NASSAR, R. M. A.; RADY, M. M.; GABALLAH, M. S.; THOMPSON, S. M.; BRESTIC, M.; SCHMIDHALTER, U.; ABDELHAMID, M. T. Melhor tolerância à salinidade por fertilizante de fósforo em duas linhagens puras recombinante *Phaseolus vulgaris* contrastando em sua eficiência P. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 202, n.6, p. 497-507, 2016.
- BECHTAOUI, N., RABIU, MK, RAKLAMI, A., OUFDOU, K., HAFIDI, M., & JEMO, M. Regulação do crescimento dependente de fosfato e manejo de estresses em plantas. **Fronteiras em Plant Science**, v. 12, p. 679916, 2021.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D. SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9.ed. Viçosa: Editora UFV, 2019. 545p.

BETTIOL, W.; MAFFIA, L. A.; CASTRO, M. L. M. P. Control biológico de enfermedades de plantas en Brasil. In: BETTIOL, W.; RIVERA, M. C.; MONDINO, P.; MONTEALEGRE, J. R.; COLMENÁREZ, Y. C. **Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe**. [Montevideú]: Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica, 2014. p. 91-137, 2014, p. 91-137.

BETTIOL, W.; SILVA, J. C.; CASTRO, M. L. M. B. Uso atual e perspectivas do *Trichoderma* no Brasil. In MEYER, M. C; MAZARO, S.M; SILVA, J. C. *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília: **Embrapa**, p. 163. 2019.

BONFIM-SILVA, E. M., SILVA, I. D. F., RIBEIRO, J. M., DE SOUZA FERNANDES, W., & NONATO, J. J. Calagem e adubação fosfatada no cultivo rabanete em Latossolo Vermelho Liming and phosphate fertilization for rabanette cultivated in Red Oxisol. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 78970-78986, 2021.

BOURAS, H.; BOUAZIZ, A.; BOUAZZAMA, B.; HIRICH, A.; CHOUKR-ALLAH, R. How phosphorus fertilization alleviates the effect of salinity on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) productivity and quality. **Agronomy**, v. 11, n. 8, p. 1491, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Mercado de biodefensivos cresce mais de 70% no Brasil em um ano**. [2019]. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/feffmercado-de-biodefensivos-cresce-em-mais-de-50-no-brasil>. Acesso em: 20 de ago. 2023.

BRUNETTO, G., ROSA, D. J., AMBROSINI, V. G., HEINZEN, J., FERREIRA, P. A., CERETTA, C. A., TIECHER, T. L. Use of phosphorus fertilization and mycorrhization as strategies for reducing copper toxicity in young grapevines. **Scientia Horticulturae**, v. 248, p. 176-183, 2019.

BUCHER, C.A; BUCHER, C.P.C; ARAUJO, A.P; SPERANDIO, M.V.L. Fósforo. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S.R; SANTOS, L.A; (Ed.2). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; p.401-419, 2018.

CALLOU, M. A. M., CALLOU, R. C. M., COELHO, J. L. G., SAMPAIO, J. R. F., ROCHA, E. M. B., DE MENEZES, R. N., JUNIOR, J. G. S., SILVA, S. E. T. & DE SANTANA, W. J. Impacto da intervenção para o consumo de frutas e hortaliças em escolas públicas no Brasil: revisão sistemática com meta-análise e metarregressão. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 37921-37932, 2021.

CHAGAS, L. F. B., MARTINS, A. L. L., DE CARVALHO FILHO, M. R., DE OLIVEIRA MILLER, L., DE OLIVEIRA, J. C., & JUNIOR, A. F. C. *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. **Agri-environmental sciences**, v. 3, n. 2, p. 10-18, 2017.

CHAGAS, L. F. B.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; CARVALHO, M. R. DE; MILLER, L. DE O; COLONIA, B.S.O. (2015). Evaluation of the phosphate solubilization potential of

Trichoderma strains (Trichoplus JCO) and effects on rice biomass. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition** 15(3):794-804.

CHAGAS, LFB, DE CASTRO, HG, COLÔNIA, BSO, DE CARVALHO FILHO, MR, MILLER, LDO, & CHAGAS, AFJ. Eficiência de Trichoderma spp. como promotor de crescimento do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e análise da solubilização de fosfato e síntese de ácido indol acético. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 39, n. 2, pág. 437-445, 2016.

CHAVERRI, P.; BRANCO-ROCHA, F.; JAKLITSCH, W.; GAZIS, R.; DEGENKOLB, T.; SAMUELS, G. J. Systematics of the *Trichoderma harzianum* species complex and the re-identification of commercial biocontrol strains. **Mycologia**, v. 107, n. 3, p. 558-590, 2015.

Classificação de Solos. 5 Ed., Embrapa, Brasília, 2018.

CORDEIRO, C. F. D. S.; ECHER, F. R.; BATISTA, G. D.; FERNANDES, A. M. Sweet potato yield and quality as a function of phosphorus fertilization in different soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 487-495, 2023.
<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n6p487-495>

CONTRERAS-CORNEJO, H. A.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.; CORTÉS-PENAGOS, C.; LÓPEZ-BUCIO, J. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. **Plant physiology**, v. 149, n. 3, p. 1579-1592, 2009.
<https://doi.org/10.1104/pp.108.130369>

CRESTANA, S., FOSCHINI, M. M., & FERREIRA, M. Desafios da produção de frutas e hortaliças frente aos extremos climáticos-Estudo de caso da citricultura paulista. São Carlos, SP: **Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)**, p. 1-20. 2017.

DA SILVA SÁ, F. V.; NETO, M.F; DE LIMA, Y. B; DE PAIVA, E.P.; PRATA, R. C, LACERDA, C. F.; BRITO, M. E. B. Crescimento, trocas gasosas e eficiência fotoquímica do feijão caupi sob estresse salino e adubação fosfatada. *Comunicata Scientiae*, v. 9, n. 4, pág. 668-679, 2018.

DA SILVA, C. B., DA SILVA, J. C., DOS SANTOS, D. P., DOS SANTOS, M. A. L., DE SOUZA BARBOSA, M., & DA SILVA, P. F. Manejo da irrigação na cultura da beterraba de mesa sob condições salinas em Alagoas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 3285, 2019.

DE OLIVEIRA, F. A., DA SILVA SÁ, F. V., DE PAIVA, E. P., DE ARAÚJO, E. B. G., DA SILVA SOUTO, L., DE ANDRADE, R. A., & DO NASCIMENTO SILVA, M. K. Emergência e crescimento inicial de plântulas de beterraba cv. Chata do Egito sob estresse salino. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 11, n. 1, p. 01-06, 2015.

DEY, G.; BANERJEE, P.; SHARMA, R. K.; MAITY, J. P.; ETESAMI, H.; SHAW, A. K.; HUANG, Y. H.; HUANG, H. B.; CHEN, C. Y. Management of phosphorus in salinity-stressed agriculture for sustainable crop production by salt-tolerant phosphate-solubilizing bacteria—A review. **Agronomy**, v. 11, n. 8, p. 1552, 2021.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11081552>

DIAS, A. S.; LIMA, G. S. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. D. A.; FERNANDES, P. D. Growth and gas exchanges of cotton under water salinity and nitrogen-potassium combination. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 470-479, 2020.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SOUZA, L. P.; BEZERRA, I. L. Crescimento do algodoeiro 'BRS rubi' em função da irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n. 7, p. 1945 - 1955, 2017.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos sinais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, Cap. 11, p. 151-161, 2016.

DIAS, E. M. S., PESSOA, Z. S., TEIXEIRA, R. L. P., & SILVA, L. C. S. Mudanças climáticas e agropecuária: vulnerabilidades da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. **COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 18, n. 3, jul/set, p. 20-39, 2021.

DINIZ, G. L., COSTA, C. C., DE OLIVEIRA SOUSA, V. F., LOPES, K. P., BOMFIM, M. P., & DOS SANTOS, J. B. Uso de Trichoderma spp e estresse salino na produção de mudas de melancia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 4, p. 1-16, 2022.

DINIZ, P. F. A.; OLIVEIRA, L. E. M.; GOMES, M. P.; CASTRO, E. M.; MESQUITA, A. C.; BONOME, L. T. S.; SILVA, L. Crescimento, parâmetros biofísicos e aspectos anatômicos de plantas jovens de seringueira inoculadas com fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*. *Acta bot. bras.* v. 24, n. 1, p. 65-72. 2010.

EVANS, H. C.; HOLMES, K. A.; THOMAS, S. E. Endophytes and mycoparasites associated with an indigenous forest tree, *Theobroma gileri*, in Ecuador and a preliminary assessment of their potential as biocontrol agents of cocoa diseases. **Mycological Progress**, v. 2, n. 2, p. 149-160, 2003.

FÁTIMA, R. T.; JESUS, E. G.; GUERRERO, A. C.; ROCHA, J. L. A.; BRITO, M. E. B. Crescimento e trocas gasosas em alface cultivada sob regimes hídricos e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, nº.3, p. 2683 - 2691, 2018.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; MORENO, L. DE A.; EVANGELISTA, R.M. Qualidade de tubérculos frescos de cultivares de batata em função da nutrição fosfatada. **Bragantia**, v.74, p.102-109, 2015.

FERREIRA, L. A., TORMEN, G. P., SILVA, S., SILVA, S., GONÇALVES, L. D., & CAMPOS, D. S. Efeito de lâminas de irrigação no rendimento de beterraba cultivada no Alto São Francisco, Minas Gerais. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e18010817228-e18010817228, 2021.

FIGUEIREDO, F. R. A.; LOPES, M. F. Q.; NÓBREGA, J. S.; SILVA, T. I.; BRUNO, R. L. A. Respostas fisiológicas de mulungu submetida a estresse salino e aplicação de ácido salicílico. **Irriga**, v. 24, n. 3, p. 662-675, 2019.

FRASCA, L.; L.; D.; M., NASCENTE, A.; S., LANNA, A.; C., CARVALHO, M.; C.; S., & COSTA, G.; G. Bioestimulantes no crescimento de plantas e desempenho agrônomo do superciclo do feijoeiro. 2020.

FREIRE, A. G.; OLIVEIRA, F. D. A.; CARRILHO, M. J. S. D. O.; OLIVEIRA, M. K. T.; FREITAS, D. C. Qualidade de cultivares de alface produzida em condições salinas. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 81-88, 2009.

FREIRE, J. L. O.; NASCIMENTO, G. S.; MEDEIROS, A. K. A. Teores e acúmulos de nutrientes em mudas de maracujazeiros sob salinidade hídrica e uso de urina de vaca. **Nativa**, v. 8, n. 4, p. 464-475, 2020.

FREIRE, M. B. G. S., FREIRE, F. J., PESSOA, L. G. M., SOUZA, E. R. D., & GHEYI, H. R. Salt Affected Soils in the Brazilian Semiarid and Phytoremediation as a Reclamation Alternative. In: **Saline and Alkaline Soils in Latin America**. Springer, Cham, p. 119-139, 2021.

FREIRE, M. H. C.; SOUSA, G. G.; CEITA, E. D. R.; BARBOSA, A. S.; GOES, G. F.; LACERDA, C. F. Trocas gasosas de variedades de fava sob condições de salinidade da água de irrigação. **Agrarian**, v. 14, n. 51, p. 61-70, 2021.

FREIRE, M. H. C.; SOUSA, G. G.; SOUZA, M. V. P.; CEITA, E. D. R.; FIUSA, J. N.; LEITE, K. N. Emergence and biomass accumulation in seedlings of rice cultivars irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 7, p. 471-475, 2018.

GADELHA, B. B.; FREIRE, M. H. D. C.; SOUSA, H. C.; COSTA, F. H.; LESSA, C. I.; SOUSA, G. G. D. Crescimento e produção de beterraba irrigada com água salina em diferentes tipos de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 847-852, 2021.

GADELHA, B. B.; FREIRE, M. H. D. C.; SOUSA, H. C.; COSTA, F. H.; LESSA, C. I.; SOUSA, G. G. D. Crescimento e produção de beterraba irrigada com água salina em diferentes tipos de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 847-852, 2021.

GASHASH, E. A.; ASHMAWI, A. E.; EL-TAHER, A. M.; OSMAN, N. A.; ELKELISH, A. Effect of fertilizing with different levels of phosphorous and zinc on the botanical characteristics of table beet (*Beta vulgaris* L.). **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 50, n. 1, p. 12579-12579, 2022.

GHALY, F.; ABD-HADY, M.; ABD-ELHAMIED, A. Effect of varieties, phosphorus and boron fertilization on sugar beet yield and its quality. **Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering**, v. 10, n. 2, p. 115-122, 2019.

GOES, G. F., SOUSA, G. G. DE, FREIRE, M. H. DA C., CANJÁ, J. F., & MARCOLINO, F. C. Irrigação com água salina em diferentes cultivares de fava. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 52, n. 2, p. 1-8, 2021. <https://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20210016>

- GOES, G. F., SOUSA, G. G. DE, FREIRE, M. H. DA C., CANJÁ, J. F., & MARCOLINO, F. C. Irrigação com água salina em diferentes cultivares de fava. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 52, n. 2, p. 1-8, 2021.
- GOES, G. F.; GUILHERME, J. M. S.; SALES, J. R. S.; SOUSA, G. G. Ambiência agrícola e estresse salino em mudas de quiabo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 5, p. 3646 - 3655, 2019.
- GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. **International journal of genomics**. v. 2014, p. 1-18, 2014.
- GRAVEL, VALERIE; ANTOUN, HANI; TWEDDELL, RUSSELL J. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: possible role of indole acetic acid (IAA). **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, n. 8, p. 1968-1977, 2007.
- HERMOSA, R.; VITERBO, A.; CHET, I.; MONTE, E. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. **Microbiology**, 158, 17–25. 2012.
- HOLANDA, J. D., AMORIM, J. D., FERREIRA NETO, M., HOLANDA, A. D., SÁ, F. D. S., GHEYI, H. R., ... & GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2016.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário de. 2017. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação Brasil. 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 09 de out. 2023.
- ISAYENKOV, S. V.; MAATHUIS, F. J. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. **Plant Abiotic Stress**, 10, p. 80, 2019.
- JI, S., LIU, Z., LIU, B., WANG, Y. E WANG, J. O efeito do biofertilizante *Trichoderma* na qualidade da floração da couve chinesa e no ambiente do solo. **Scientia Horticulturae**, v. 109069, 2020.
- JING, Z., CHEN, R, WEI, S, FENG, Y., ZHANG, J. E LIN, X. Resposta e retroalimentação da mineralização de C à disponibilidade de P impulsionada por microorganismos do solo. **Bio do Solo**. **Bioquímica** 105, 111-120, 2017.
- LACERDA, C. F. D., GHEYI, H. R., MEDEIROS, J. F. D., COSTA, R. N. T., SOUSA, G. G. D., & LIMA, G. S. D. strategies for the use of brackish water for crop production in Northeastern Brazil. In: **Saline and Alkaline Soils in Latin America**. Springer, Cham, p. 71-99, 2021.
- LACERDA, Z. C. DE; TURCO, J. E. P. Métodos de estimação de referência evapotranspiração (ET_o) para Uberlândia – MG. **Engenharia Agrícola**, v.35, p.27-38, 2015.
- LESSA, C. I. N., DE SOUSA, G. G., SOUSA, H. C., DA SILVA, F. D. B., GOMES, S. P., & DE ARAÚJO VIANA, T. V. Agricultural ambience and salt stress in production of yellow passion fruit seedlings. **Comunicata Scientiae**, v. 13, p. e3703-e3703, 2022.

- LIMA, A. F. S.; SANTOS, M. F.; OLIVEIRA, M. L.; SOUSA, G. G.; MENDES FILHO, P. F.; LUZ, L. N. Physiological responses of inoculated and uninoculated peanuts under saline stress. **Revista Ambiente & Água**, v. 16, n. 1, e2643, 2021.
- LIMA, G. S. D.; DIAS, A. S.; SOUZA, L. D. P.; SÁ, F. V. D. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. D. A. Effects of saline water and potassium fertilization on photosynthetic pigments, growth and production of West Indian cherry. **Revista Ambiente & Água**, v. 13, n.3, e2164, 2018.
- LIMA, G. S. D.; SILVA, A. R. P. D.; SÁ, F. V. D. S.; Gheyi, H. R.; SOARES, L. A. D. A. Physicochemical quality of fruits of West Indian cherry under saline water irrigation and phosphate fertilization. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 217-225, 2020.
- LIMA, G. S.; FÉLIX, C. M.; SILVA, S. S.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, M. D. M.; SOUSA, P. F. N.; FERNANDES, P. D. Gas exchange, growth, and production of mini-watermelon under saline water irrigation and phosphate fertilization. **Semina**, v. 41, n. 6, suplemento 2, p. 3039-3052, 2020.
- LUZ, J.M.Q.; QUEIROZ, A. A.; BORGES, M.; OLIVEIRA, CR; LEITE, S.S.; CARDOSO, R. R. Influence of phosphate fertilization on phosphorus levels in the production of foliage and tubers of the potato cv. Agate. **Semina: Agricultural Sciences**, LondrinaPR, v. 2, pg. 649-656, 2013.
- LUZ; J. M. Q.; QUEIROZ, A. A.; BORGES, M.; OLIVEIRA, R. C.; LEITE, S. S.; CARDOSO, R. R. Influence of phosphate fertilization on phosphorus levels in foliage and tuber yield of the potato cv. Ágata. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 649-653, 2013.
- MAAS, E. V. **Salt tolerance of plants**. Applied Agricultural Research, v.1, p.12-26, 1986.
- MAATHUIS, F. J. Physiological functions of mineral macronutrients. **Current opinion in plant biology**, v. 12, n. 3, p. 250-258, 2009.
- MALHOTRA, H., VANDANA, SHARMA, S., & PANDEY, R. Phosphorus nutrition: plant growth in response to deficiency and excess. **Plant nutrients and abiotic stress tolerance**, p. 171-190, 2018.
- MARROCOS, S. de T. P.; DANTAS, M. S. M.; DOMBROSKI, J. L. D.; LUCENA, R. R. M. de; BATISTA, T. M. de V. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em beterraba, **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, p.140-146, 2010.
- MASS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – Current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v. 103, n. 2, p. 115-134, 1977.
- MELLO PRADO, R. **Nutrição de plantas**. Editora Unesp, 2021.
- MENDOZA, A.; ZAID, R.; LAWRY, R.; HERMOSA, R.; MONTE, E.; HORWITZ, B.; MUKHERJEE, P. K. Molecular dialogues between Trichoderma and roots: Role of the fungal secretome. **Fungal Biology Reviews**, v. 32, n. 2, p. 62-85, 2018.

MEYER, M. C., MAZARO, S. M., & DA SILVA, J. C. **Trichoderma: uso na agricultura**. 2019.

MONTE, E; BETTIOL, W; HERMOSA, R. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. *In: MEYER, M. C; MAZARO, S.M; SILVA, J. C. Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília: **Embrapa**, p. 163. 2019.

MONTEIRO, G. C., DA SILVA, M. B., RODRIGUES, L. F. O. S., BALDINI, L. F., DA SILVA, E. G., TAKATA, W. H. S., GOTO, R. Aplicação de bioestimulante proporciona melhoria no cultivo da beterraba (*Beta vulgaris* L.): Aplicação de biostimulante na cultura da beterraba. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 4, p. 1024-1031, 2019.

MUHAMMAD, I.; SHALMANI, A.; ALI, M.; YANG, Q. H.; AHMAD, H.; LI, F. B. Mechanisms Regulating the Dynamics of Photosynthesis Under Abiotic Stresses. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 1-25, 2021.

MUNIR, N., HANIF, M., ABIDEEN, Z., SOHAIL, M., EL-KEBLAWY, A., RADICETTI, E., & HAIDER, G. Mechanisms and strategies of plant microbiome interactions to mitigate abiotic stresses. **Agronomy**, v. 12, n. 9, p. 2069, 2022.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, v. 59, n.1, p. 651-681, 2008.

NASCIMENTO, M. V., FERNANDES, L. R. S. G., XAVIER, R. C., BENETT, K. S. S., & DA SILVA, L. M. (2017). Adubação fosfatada no cultivo de hortaliças produtoras de raízes. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 5, p. 8-16, 2017.

NASCIMENTO, M. V., FERNANDES, L. R. S. G., XAVIER, R. C., BENETT, K. S. S., & DA SILVA, L. M. Adubação fosfatada no cultivo de hortaliças produtoras de raízes. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 5, p. 8-16, 2017.

NOVAIS, R. F. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira do Solo, 2007.

NUNES, J. A. S., BONFIM-SILVA, E. M., & MOREIRA, J. C. F. Produção de rabanete submetido à adubação fosfatada. **Revista do Centro Universitário de Patos de Minas**. ISSN, v. 2178, p. 7662, 2014.

OLIVEIRA PACHECO, B. R.; MAKOSKI, J. R.; LIMA, C. S. M.; DA ROSA, G. G. Classificação comercial e caracterização físico-química de beterrabas oriundas de sistema de plantio direto de hortaliças sob diferentes densidades de palhada de milho. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 22, n. 2, 2021.

OLIVEIRA, F. R. D., SOUSA, G. G. D., SOUSA, J. T. M. D., LEITE, K. N., GUILHERME, J. M. D. S., NOGUEIRA, R. D. S. Physiological responses of the beet crop under agricultural environment and saline stress. **Revista Ambiente & Água**, v. 17, 2022.

OLIVEIRA, R. H. D. Consumo de hortaliças folhosas convencionais e PANCS em Vilhema/RO. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade

da Amazônia (**FAMA**), Vilhena, 2020. Disponível em: <http://repositorio.fama-ro.com.br/handle/123456789/158>. Acesso em: 13 set. 2023.

OLIVEIRA, R. J., GATIBONI, L. C., VALICHESKI, R. R., MIQUELLUTI, D. J., & BRUNETTO, G. Calibração da adubação fosfatada e potássica para beterraba na região do Vale do Itajaí. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 210-215, 2016.

PAIVA, F. I. G.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; TARJINO, A. J. O.; SANTOS, S. T.; SILVA, R. C. P. Qualidade de tomate em função da salinidade da água de irrigação e relações K/Ca via fertirrigação. **Irriga**, v. 23, n. 1, p. 168-193, 2018.

PANTH, M.; HASSLER, S.C.; BAYSAL-GUREL, F. Methods for Management of Soilborne Diseases in Crop Production. **Agriculture**, v. 10, 16. 2020.

PARFITT, R. L. Phosphate reactions with natural allophane, ferrihydrite and goethite. **Journal of Soil Science**, v. 40, n. 2, p. 359-369, 1989.

PINHO, L. L.; LACERDA, C. F. D.; SOUSA, J. A. D.; SANTOS, A. M.; BEZERRA, A. M. E.; CAVALCANTE, E. S. Effects of artificial shading and irrigation with brackish water on the initial development of *Anadenanthera colubrina* (vell.) brenan plants. **Revista Árvore**, v. 46, p. 1-12, 2022.

PRADO, R. M. Nutrição de Plantas – 2ª ed. – São Paulo: Editora UNESP, 2020. 414p.
RASTOGI, S., SHAH, S., KUMAR, R., VASHISTH, D., AKHTAR, M. Q., KUMAR, A., & SHASANY, A. K. Ocimum metabolomics in response to abiotic stresses: Cold, flood, drought and salinity. **PLoS one**, v. 14, n. 2, p. e0210903, 2019.

RAZAQ, M.; ZHANG, P.; SHEN, H.; SALAHUDDIN. Influence of nitrogen and phosphorus on the growth and root morphology of *Acer mono*. **PLoS One**, v. 12, n. 2, e0171321, 2017.

REIS FILGUEIRA, F. A. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. Ed. Viçosa, editora: UFV, 2012.

RESENDE, G. M. DE; CORDEIRO, G. G. Uso de água salina e condicionador do solo na produtividade de beterraba e cenoura no semi-árido do Submédio São Francisco. Petrolina: **Embrapa Semi-Árido**, 2007. 4p.

RESENDE, G. M. DE; CORDEIRO, G. G. Uso de água salina e condicionador do solo na produtividade de beterraba e cenoura no semi-árido do Submédio São Francisco. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 4p.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p.

RIBEIRO, R. M. R.; SOUSA, G. G.; BARBOSA, A. S.; LACERDA, C. F.; FREIRE, M. H. C.; MORAES, J. G. L. Irrigation strategies with saline water and phosphate fertilization in cowpea culture. **Revista Brasileira de Ciências**, (on line), v. 17, n. 3, e2572, 2022.

SÁ, F. D. S., GHEYI, H. R., DE LIMA, G. S., FERREIRA NETO, M., DE PAIVA, E. P., SILVA, L. D. A., & MOREIRA, R. C. L. Cultivation of West Indian cherry irrigated with

saline water under phosphorus and nitrogen proportions. **Semina: Ciências Agrárias** (Londrina), v. 41, n. 2, p. 395-406, 2020.

SÁ, F.V.S.; FERREIRA NETO, M.; LIMA, Y.M.; PAIVA, E.P.; PRATA, R.C.; LACERDA, C.F.; BRITO, M.E.B. Growth, gas exchange and photochemical efficiency of the cowpea bean under salt stress and phosphorus fertilization. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 4, p. 668-679, 2018.

SANTOS, D. P. D.; SANTOS, C. S. D.; SILVA, P. F. D.; PINHEIRO, M. P. M. A.; SANTOS, J. C. Crescimento e fitomassa da beterraba sob irrigação suplementar com água de diferentes concentrações salinas. **Revista Ceres**, v. 63, p. 509-516, 2016.

SANTOS, F. L.; COSTA, E. S.; LIMA, C. S. M. Diferentes substratos no desenvolvimento e na pós-colheita de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.). **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 21, n. 2, 2020.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae>. Acesso em: 03 set. 2023.

SHAHID, S. A., ZAMAN, M., & HENG, L. Soil salinity: Historical perspectives and a world overview of the problem. In: Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques. **Springer**, Cham, p. 43-53, 2018.

SHEN, J; YUAN, L; ZHANG, J; LI, H; BAI, Z; CHEN, X; ZHANG, F. Phosphorus dynamics: from soil to plant. **Plant physiology**, v. 156, n. 3, p. 997-1005, 2011.

SHRIVASTAVA, P.; KUMAR, R. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. **Saudi journal of biological sciences**, v. 22, n. 2, p. 123-131, 2015.

SILVA LIMA, A. F. D.; DE SOUSA ALMEIDA, M.; GOMES, K. J. S.; GOMES DE SOUSA, G.; FREIRE, M. H. D. C.; MARQUES, V. B. Potassium fertilization and salt stress on beet crop. **Journal of Plant Nutrition**, v.45, n. 7, p. 1-8, 2021.

SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; GHEYI, H. R.; SOUZA, L. DE P.; VELOSO, L. L. DE S. A. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, p. 1-10, 2019b.

SILVA, C. F. B.; OLIVEIRA, L. L. B.; SOUSA, A. B. O.; REBOUÇAS, J. R. L. **Uso do Trichoderma na cultura do melão**. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (Eds). **Trichoderma: Uso na agricultura** - Brasília, DF: Embrapa, Cap. 24, p. 479 – 491. 2019.

SILVA, E. B. DA; VIANA, T. V. DE A.; SOUSA, G. G. DE; SOUSA, J. T. M. DE; SANTOS, M. F. DOS; AZEVEDO, B. M. DE. Growth and nutrition of peanut crop subjected to saline stress and organomineral fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 7, p. 495-501, jul. 2022.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, GA, GRANGEIRO, LC, SOUSA, VDF, SILVA, LR, JESUS, PM, & SILVA, JL. Desempenho agrônomo de cultivares de beterraba em função da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 518-523, 2019.

SILVA, L. V. D.; OLIVEIRA, S.B.R.D.; AZEVEDO, L. A. D.; RODRIGUES, A. C.; BONIFÁCIO, A. Coinoculação com bradyrhizobium e trichoderma altera os efeitos do estresse salino em feijão-caupi. **Revista caatinga**, vol. 32, pág. 336-344, 2019.

SILVA, S. S.; LIMA, G. S.; LIMA, V. L. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; MELO, J. P. Production and quality of watermelon fruits under salinity management strategies and nitrogen fertilization. Produção e qualidade de frutos de melancia sob estratégias de manejo de salinidade e nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 41, n. 6 suplementos 2, p. 2923-2936, 2020.

SOLOS, E. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro**, v. 3, 2013.

SOOD, M., KAPOOR, D., KUMAR, V., SHETIWIY, M. S., RAMAKRISHNAN, M., LANDI, M., & SHARMA, A. TRICHODERMA: The “secrets” of a multitalented biocontrol agent. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 762, 2020.

SOUSA, A. E. C.; LACERDA, C. F.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; UYEDA, C. A. Teores de nutrientes foliares e respostas fisiológicas em pinhão manso submetido a estresse salino e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 144-152, 2012.

SOUSA, G. G. D. Crescimento e produção de beterraba irrigada com água salina em diferentes tipos de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 847-852, 2021.

Sousa, H. C., Viana, T. V. D. A., Sousa, G. G. D., Azevedo, B. M. D., Lessa, C. I. N., Freire, M. H. D. C., ... & Baldé, B. Productivity in the peanut under salt stress in soil with a cover of plant mulch. *Revista Ciência Agronômica*, v. 54, p. e20228513, 2023.

SOUSA, H. C.; SOUSA, G. G. DE; LESSA, C. I. N.; LIMA, A. F. DA S.; RIBEIRO, R. M. R.; RODRIGUES, F. H. DA C. Growth and gas exchange of corn under salt stress and nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 3, p. 174-181, mar. 2021.

SOUSA, M. S., & ECHER, M. M. Growth promoting microorganisms: a sustainable alternative in beet agronomic performance: Microrganismos promotores de crescimento: uma alternativa sustentável no desempenho agrônomo da beterraba. **Concilium**, v. 23, n. 10, p. 529-541, 2023.

STEILMANN, P; MAZON, S; VARGAS, T. A. Uso do *Trichoderma* em hortaliças. In: MEYER, M. C; MAZARO, S.M; SILVA, J. C. *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília: **Embrapa**, p. 163. 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 888 p, 2017.

TIVELLI, S.W.; FACTOR, T.L.; TERAMOTO, J.R.S. **Beterraba: do plantio à comercialização**. Campinas: Instituto Agronômico, p. 2-7,29-38, 2011.

VIEIRA, M. O. C. S., REIS, A. A. DOS, FARIA DE, L. R., RIBEIRO, K. D. Utilização de adubo fosfatado e inoculante à base de fungo micorrízico no cultivo do feijão. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 19, n. 1, p. 16-24, 2021.

WOO, S. L.; RUOCCO, M.; VINALE, F.; NIGRO, M.; MARRA, R.; LOMBARDI, N.; LORITO, M. Trichoderma-based products and their widespread use in agriculture. **The Open Mycology Journal**, v. 8, n. 1, 2014.