



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

MARCIA BATISTA TORRES

MANEJO DA FERTIRRIGAÇÃO EM SOLO SALINIZADO PARA PRODUÇÃO DE
RÚCULA (*Eruca sativa*)

FORTALEZA

2022

MARCIA BATISTA TORRES

MANEJO DA FERTIRRIGAÇÃO EM SOLO SALINIZADO PARA PRODUÇÃO DE
RÚCULA (*Eruca sativa*)

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: Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva.

Coorientador: Alan Bernard Oliveira de Sousa

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- T646m Torres, Marcia Batista.
Manejo da fertirrigação em solo salinizado para produção de rúcula (*Eruca sativa*) / Marcia Batista Torres. – 2022.
66 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Alessandro Oliveira da Silva.
Coorientação: Prof. Dr. Alan Bernard Oliveira de Sousa.
1. Salinidade do solo. 2. Manejo da irrigação. 3. Potencial osmótico. I. Título.
- CDD 630
-

MARCIA BATISTA TORRES

MANEJO DA FERTIRRIGAÇÃO EM SOLO SALINIZADO PARA PRODUÇÃO DE
RÚCULA (*Eruca sativa*)

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: 28 / 04 / 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Aleksandro Oliveira da Silva. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alan Bernard Oliveira de Sousa. (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Carlos Alberto Kenji Taniguchi
Embrapa Agroindústria Tropical

A Deus.

Ao meu filho João Maurício, meu marido
Flávio Roberto e minha mãe Maria Batista.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus todo poderoso e meu anjo guardião por toda sabedoria, ajuda, socorro durante toda essa caminhada, apesar das dificuldades enfrentadas.

A minha mãe Maria Batista, por toda ajuda incondicional e por sempre acreditar no meu potencial, além do suporte dado durante esse período de curso.

Ao meu filho, João Mauricio, que por toda minha ausência durante esse processo de aprendizado foi o responsável em ser motivo de continuar e me dar forças durante essa fase.

Ao meu marido, Flávio Roberto Gonçalves, o qual teve papel fundamental pois além de apoio foi meu conselheiro, ajudante, ouvidor, estimulador, exemplo de perseverança, ajudou a suportar momentos bem difíceis e na execução do experimento por todo suporte fornecido.

A Universidade Federal do Ceará por toda a estruturação, profissionais que contribuíram para minha formação acadêmica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro à pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola- PPGEA.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva pela confiança, ensinamentos, orientação e paciência.

Aos professores participantes da banca examinadora Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda, Dr. Carlos Alberto Kenji Taniguchi e ao Dr. Alan Bernard Oliveira de Sousa pela disponibilidade de tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelas contribuições prestadas para minha formação profissional.

Aos professores que durante esse curso foram fundamentais para o meu aprendizado e por terem proporcionados os melhores momentos e únicos de satisfação, além de serem minhas referências profissionais Dr. Daniel Albiero, Dr. Raimundo Nonato de Assis Junior e Dr. Jaedson Cláudio Anunciato Mota.

Ao Grupo de Pesquisa em Engenharia de Água e Solo – GPEAS, em especial ao professor Alexsandro, aos colegas da Estação Agrometeorológica, Weverton, Arnaldo, Arnaldo

Gomes e Fernando por toda ajuda durante o experimento.

Ao Laboratório de Física do Solo e ao Laboratório de Manejo do Solo do Departamento de Ciências do Solo pelo empréstimo de equipamentos utilizados na pesquisa e procedimentos realizados. Ao Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical pelas análises químicas realizadas.

Aos meus amigos que ajudaram de forma direta e indireta e principalmente por toda força, apoio, inspiração e compreensão Giane Pedroso, Rafaelly Naira, Luis Henrique Lima, Suane de Oliveira e Maria Inês Gonçalves.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas, e em especial ao Kleyton Chagas, Clinton Gonçalves, Bruno Castelo, Leticia Machado e Jenyffer Santos.

A todos os demais colegas de curso por ajuda e troca de experiência.

A todos que contribuíram de alguma forma direta ou indiretamente nesta formação de pós-graduação. Muito OBRIGADA.

“Uuuuuuuuur Ahhhrrrrrr Uhrrrr Ahhhrrrrrr
Aaarhg...” (Chewbacca, 1977).

RESUMO

Com a estimativa do aumento de áreas irrigadas afetadas por sais no mundo, estratégias para minimizar os efeitos adversos e manter a produtividade agrícola nessas regiões são necessários, a exemplo de um controle rigoroso do uso de fertilizantes aplicados através da fertirrigação. Diante disto, objetivou-se determinar o desenvolvimento da rúcula em solo salino sob diferentes estratégias de fertirrigação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 3x5 com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco níveis de salinidade do solo, (CEes = 0,57; 1,3; 2,3; 3,3; 4,3 dS m⁻¹) e três diferentes doses de adubação via fertirrigação (F1=100%, F2=50% e F3=25%, da quantidade recomendada de N, K₂O e P₂O₅), com frequência de dois dias. O cultivo foi realizado em canteiros e em um ambiente protegido, tendo como substrato um solo caracterizado como Latossolo Vermelho Amarelo, salinizado com auxílio de curvas de calibração entre a quantidade de sais aplicada e a CEes. As seguintes variáveis para a cultura da rúcula foram analisadas em dois ciclos de produção: número de folhas, altura de planta (aos 15, 22 e 30 dias após o transplante), área foliar, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, teor de umidade da planta, trocas gasosas, índice relativo de clorofila e análise nutricional da parte aérea (N, P, K, Ca, S, Mg, Cu, Fe, Mn, Na e Zn). Para fins de avaliação foram utilizados a análise de regressão para os fatores quantitativos e teste de média para os fatores qualitativos. No 1º ciclo, observou-se que a variável área foliar apresentou resposta significativa com ajuste quadrático para interação da salinidade com fator fertirrigação, nas concentrações de 50% e 25% e linear na concentração de 100%. De acordo com os dados, observou-se um decréscimo de 37,43 cm² de área foliar a cada acréscimo unitário da CEes no tratamento F1. Para variável massa fresca da parte aérea, no 1º ciclo de produção, o modelo ajustado para interação entre CEes com a fertirrigação foi linear para F1 (100%) e F2 (50%), os quais apresentaram decréscimos de 2,857 g planta⁻¹ e 2,579 g planta⁻¹ respectivamente, para cada incremento unitário da CEes, enquanto para F3 foi utilizado um modelo quadrático. Os resultados da pesquisa permitiram concluir que valores de CEes superiores a 2,3 dS m⁻¹ prejudicam o desenvolvimento e consequente a produtividade da cultura da rúcula, independentemente da estratégia de fertirrigação utilizada, apontando, portanto, para uma estratégia com menor uso de fertilizantes.

Palavras-chave: salinidade do solo; manejo da irrigação; potencial osmótico.

ABSTRACT

With the estimated increase in irrigated areas affected by salts in the world, strategies to minimize adverse effects and maintain agricultural yield in these regions are necessary, such as strict control of the use of fertilizers applied through fertigation. Therefore, the aim this work was to determine the development of arugula in saline soil under different fertigation strategies. The experimental design was in randomized blocks in a 3x5 factorial scheme with four replications. The treatments consisted of five levels of soil salinity (ECes = 0.57; 1.3; 2.3; 3.3; 4.3 dS m⁻¹) and three different doses of fertilization via fertigation (F1= 100%, F2=50% and F3=25%, of the recommended amount of N, K₂O and P₂O₅), with a frequency of two days. The cultivation was carried out in beds and in a protected environment, having as substrate a soil characterized as Red Yellow Latosol, salinized with the aid of calibration curves between the amount of salts applied and ECes. The following variables for the arugula crop were analyzed in two production cycles: number of leaves, plant height (at 15, 22 and 30 days after transplanting), leaf area, shoot fresh mass, shoot dry mass, plant moisture content, gas exchange, relative chlorophyll content and nutritional analysis of the area part (N, P, K, Ca, S, Mg, Cu, Fe, Mn, Na and Zn). For evaluation purposes, regression analysis was used for the quantitative factors and the mean test for the qualitative factors. In the 1st cycle, it was observed that the variable leaf area presented a significant response with quadratic adjustment for the interaction of salinity with fertigation factor, at concentrations of 50% and 25% and linear model at 100% concentration. According to the data, a decrease of 37.43 cm² of leaf area was observed for each unit increase of ECes in the F1 treatment. According to the data, a decrease of 37.43 cm² of leaf area was observed for each unit increase of ECes in the F1 treatment. For the variable fresh mass of the part area, in the 1st production cycle, the model adjusted for the interaction between ECes and fertigation was linear for F1 (100%) and F2 (50%), which showed decreases of 2.857 g plant⁻¹ and 2.579 g plant⁻¹ respectively, for each unit increment of ECes, while for F3 a quadratic model was used. The research results allowed us to conclude that ECes values greater than 2.3 dS m⁻¹ impair the development and consequent yield of the arugula crop, regardless of the fertigation strategy used, thus pointing to a strategy with less use of fertilizers.

Keywords: soil salinity; irrigation management; osmotic potential.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Temperatura do ar e umidade relativa (A) ciclo 1 e (B) ciclo 2 da casa de vegetação ao longo dos dois ciclos.....	25
Figura 2 - Visão do delineamento experimental e disposição dos tratamentos.....	26
Figura 3 - Processo de extração de salinização do solo no preparo da salinização dos canteiros.....	28
Figura 4 - Curva característica de retenção de água no solo.....	28
Figura 5 - Mudanças de rúcula cultivar folha larga nos primeiros dias após o semeio e no dia de transplante para os canteiros.....	29
Figura 6 - Valores das tensões do solo (kPA) em função da fertirrigação nos níveis de 100%, 50% e 25% de concentração em função da condutividade elétrica do solo.....	30
Figura 7 - Altura de planta no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) em função da salinidade do solo na cultura da rúcula.....	34
Figura 8 - Número de folhas no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) em função da salinidade do solo na cultura da rúcula.....	35
Figura 9 - Área foliar no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) em função da interação salinidade do solo com fertirrigação na cultura da rúcula.....	37
Figura 10 - Efeitos da interação salinidade e fertirrigação na massa fresca da parte aérea (MFPA) no ciclo 1(A) e efeito isolado da salinidade no segundo ciclo (B) no cultivo de rúcula.....	38
Figura 11 - Efeito isolado da fertirrigação para massa fresca da parte aérea no ciclo 2 da cultura da rúcula.....	39
Figura 12 - Efeitos da interação salinidade e fertirrigação na massa seca da parte aérea (MSPA) no ciclo 1(A) e efeito isolado da salinidade no segundo ciclo (B) no cultivo de rúcula.....	40
Figura 13 - Análise de regressão para a interação entre os fatores CEes e F, para a variável teor de água nas plantas.....	41

Figura 14 - Valores médios da fotossíntese líquida para interação salinidade x fertirrigação para a cultura da rúcula no ciclo 2.....	43
Figura 15 - Transpiração em função da interação entre salinidade e fertirrigação ciclo 2 para a cultura da rúcula.....	44
Figura 16 - Efeito da concentração interna de CO ₂ no fator isolado da fertirrigação (A) e salinidade (B) no ciclo 2 do cultivo da rúcula.....	45
Figura 17 - Efeito da eficiência do uso da água no fator isolado da salinidade no ciclo 2 do cultivo de rúcula.....	46
Figura 18 - Efeito do índice de SPAD em resposta a interação da salinidade e fertirrigação do cultivo da rúcula no ciclo 1(A) e ciclo 2(B).....	47
Figura 19 - Efeito do nível de nitrogênio em função da salinidade e fertirrigação no cultivo da rúcula no primeiro ciclo.....	49
Figura 20 - Efeito do nível de fosforo no fator isolado da fertirrigação no ciclo 1 do cultivo da rúcula.....	50
Figura 21 - Efeito do nível de potássio em função da salinidade e fertirrigação no cultivo da rúcula no primeiro ciclo.....	51
Figura 22 - Efeito do nível de cálcio no fator isolado da salinidade no ciclo 1 do cultivo da rúcula.....	52
Figura 23 - Efeito do nível de magnésio no fator isolado da salinidade no ciclo 1 do cultivo da rúcula.....	53
Figura 24 - Efeito do nível de sódio no fator isolado da salinidade no ciclo 1 do cultivo da rúcula.....	54
Figura 25 - Efeito do nível de zinco no fator isolado da salinidade no ciclo 1 do cultivo da rúcula.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Características químicas do solo utilizado no experimento	26
Tabela 2	– Resumo da análise de variância aplicada às variáveis de crescimento número de folhas (NF) e altura de planta (ALT) na cultura da rúcula sob solo salinizado em função de diferentes níveis de fertirrigação em dois ciclos de cultivo.....	33
Tabela 3	– Resumo da análise de variância aplicada às variáveis de crescimento massa fresca (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA), área foliar (AF) na cultura da rúcula sob solo salinizado em função de diferentes níveis de fertirrigação em dois ciclos de cultivo.....	36
Tabela 4	– Resumo da análise de variância aplicada às variáveis morfofisiológicas fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática de vapor d'água (gs), concentração interna de CO ₂ (ci), eficiência do uso da água (A/E) e Índice relativo de clorofila (IRC), na cultura da rúcula sob solo salinizado em função de diferentes níveis de fertirrigação em dois ciclos de cultivo.....	41
Tabela 5	– Resumo da análise de variância aplicada às variáveis nitrogênio (N), fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) em rúcula hidropônica, em função de diferentes diluições de nutrientes no preparo da solução nutritiva utilizando diferentes equipamentos para controlar a frequência de irrigação (microcontrolador e timer) em dois ciclos de cultivo.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCA	Centro de Ciências Agrárias
CE	Condutividade elétrica
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DBC	Delineamento em Blocos Casualizados
DAT	Dias após transplântio
EMBRAPA	Embrapa Agroindústria Tropical
IRN	Irrigação real necessária (mm)
IRGA	Analisador Portátil de Gás Infravermelho (Infra-red Gas Analyzer)
IRN	Irrigação real necessária L/m^2 .
MFPA	Massa fresca da parte aérea da planta (g)
MSPA	Massa seca da parte aérea da planta (g).
pH	Potencial Hidrogeniônico
PPGEA	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Pu	Peso úmido da amostra de solo antes da estufa
Ps	Peso seco da amostra de solo após estufa
SPAD	Índice relativo de clorofila
Uatual	capacidade de campo atual
Ucc	Umidade na capacidade de campo
UFC	Universidade Federal do Ceará
UR	Umidade relativa do ar

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Fotossíntese ($\mu\text{mol (CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1})$)
Ac	Área do canteiro(m^2)
CE	Condutividade elétrica (dS m^{-1})
CE _i	Condutividade elétrica do solo na concentração <i>i</i> (dS m^{-1})
CE _{es}	Condutividade elétrica almejada no extrato de saturação (dS m^{-1})
CE _{sol}	Condutividade elétrica da solução (dS m^{-1})
C _i	Concentração interna de CO ₂ ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)
cm	Centímetro
dS	Decisiemens
ds	densidade do solo (gcm^{-3})
g	Gramas
°C	Grau Celsius
E	Transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
F _i	Fertirrigação na concentração <i>i</i> (100%, 50%, 25%)
gs	Condutância estomática de vapor d'água ($\text{mol (H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$)
ha	Hectare
kg	Kilograma
kPA	Kilo Pascal
L	Litro
m	Metro
mg	Miligramma
ml	Mililitro
mm	Milímetro
mmol	Milimol ($\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
μmol	Micromol
ppm	Parte por milhão
%	Porcentagem
QS	Quantidade de sais aplicada por vaso (mg)
Θ_{cc}	Umidade em capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)
Θ_{atual}	Umidade atual do solo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)
θ_{at}	Umidade na capacidade atual do solo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)

T	Temperatura (°C)
Tleaf	Temperatura foliar (°C).
Tm	Temperatura do ar média (°C)
Tn	Temperatura do ar mínima (°C)
Tx	Temperatura do ar máxima (°C)
U	Teor de umidade da parte aérea da planta (%)
UR m	Umidade relativa média (%),
V	Volume L
Vs	Volume de água presente no solo quando este estiver saturado por vaso(L)
X	Valor da tensão (kPA)
Z	Profundidade do sistema radicular da cultura (mm);

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Hipótese	17
1.2	Objetivo geral	17
1.3	Objetivos específicos	18
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	Rúcula.....	19
2.2	Salinidade dos solos no Nordeste brasileiro.....	20
2.3	Efeitos da salinidade nas plantas.....	21
2.4	Fertirrigação em solos salinos.....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	Localização e estrutura da casa de vegetação.....	24
3.2	Elementos metereológicos.....	24
3.3	Solo.....	25
3.4	Delineamento experimental e tratamentos.....	26
3.4.1	<i>Manejo da fertirrigação.....</i>	26
3.5	Preparo dos canteiros	26
3.6	Produção de mudas.....	29
3.7	Manejo da irrigação.....	30
3.8	Variáveis analisadas.....	31
3.8.1	<i>Medidas de crescimento e rendimento.....</i>	31
3.8.2	<i>Trocas gasosas e índice relativo de clorofila</i>	31
3.8.3	<i>Análise nutricional.....</i>	32
3.9	Análise estatística.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1	Medidas de crescimento e rendimento.....	33
4.2	Trocas gasosas e índice relativo de clorofila.....	41
4.3	Análise nutricional.....	47
5	CONCLUSÃO.....	55
	REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

A salinização de solos devido ao uso de águas salobras é um dos grandes desafios para os produtores agrícolas atuais, principalmente em regiões áridas e semiáridas, pois além da redução na produtividade dos cultivos, aumenta a degradação do solo e torna regiões mais susceptíveis a desertificação. O crescente aumento da salinidade nestas regiões se dá por diversos motivos, pois estas regiões apresentam características semelhantes e favoráveis a este processo, como precipitação pluviométrica limitada e associada à baixa atividade bioclimática, menor grau de intemperização e drenagem natural deficiente, estes fatores associados conduzem os solos a altas concentrações de sais (HOLANDA *et al.*, 2011).

Autores como Pedrotti *et al.* (2015) afirmam que a região semiárida do Nordeste brasileiro possui grandes áreas com solos salinizados, devido à natureza física e química dos solos, ao déficit hídrico e à elevada taxa de evaporação, com maior incidência de problemas nas terras mais intensamente cultivadas com o uso da irrigação, nos polos de agricultura irrigada. Pois, a necessidade de irrigação se dá devido as variações climáticas e a distribuição irregular de precipitação, levando assim, ao uso de irrigação para fornecimento adequado de água, principalmente no cultivo de hortícolas na região Nordeste.

Segundo Oliveira (2013), a água é, sem dúvidas, um dos mais importantes fatores de produção do sistema agrícola, em hortaliças folhosas, como a rúcula (*Eruca Sativa* L), podendo representar até 94% da massa de matéria fresca da parte aérea. Isto mostra a importância da utilização de técnicas que visem promover o correto suprimento hídrico às hortícolas, o que torna extremamente recomendável a inclusão da irrigação no sistema de produção.

A irrigação é um fator diretamente responsável pela salinização do solo, este fenômeno acontece principalmente quando utilizado um manejo inadequado da irrigação, águas com alta concentração de sais, drenagem ausente ou deficiente dos solos, além da aplicação excessiva de fertilizantes com índice salino elevado (GHEYI *et al.*, 2010). Analisando os efeitos que a salinidade causa nos solos, tanto no aspecto físico, químico e biológico juntamente com a utilização de águas oriundas de fontes salobras e quão isto irá interferir no desenvolvimento do cultivo nestas condições, entende-se que o uso contínuo dessas áreas, podem acarretar impactos irreversíveis, levando a improdutividade e gerando problemas econômicos, políticos e sociais.

De acordo com autores como Ensinas *et al.* (2013) o desenvolvimento da produção

e comercialização especializada de hortaliças tem motivado os produtores a adotarem novas alternativas de cultivo e tecnologia, dentre estas o uso da fertirrigação, contudo, em condições de solos salinos, o uso de fertilizantes, mesmo em doses recomendadas, pode potencializar a quantidade de sais no solo e prejudicar ainda mais a produção das plantas. Silva (2014) em estudos sobre a fertirrigação e o processo de salinização do solo, explica que os sais fertilizantes podem contribuir ainda mais com a salinização dos solos, já que o incremento de sais fertilizantes pode aumentar a condutividade elétrica da solução do solo. Silva *et al.* (2016), demonstram que a salinidade provocada pelos sais fertilizantes pode ser tão prejudicial quanto às ocasionadas pelo uso de águas salobras, portanto, o uso de estratégias de fertirrigação são necessárias para mitigar esse problema. Conforme Silva (2018) as hortaliças apresentam sensibilidade diferenciada em relação à concentração de sais na solução do solo, sendo susceptíveis a elevadas condutividades elétricas (REIS *et al.*, 2018), podendo prejudicar de maneira drástica a sua produção.

A rúcula é uma hortaliça que tem se destacado no cenário mundial, devido as suas propriedades nutritivas e fitoterapêutica, sendo cultivada ao longo do ano em numerosas regiões do país, no entanto, se adapta melhor em regiões de temperaturas amenas (20 a 25°C) (LANA *et al.*, 2010). No nordeste brasileiro é produzida sob regime de irrigação e requer fertilidade adequada para o seu bom desenvolvimento. Contudo, a cultura apresenta baixa tolerância a salinidade (SILVA *et al.*, 2011; REIS *et al.*, 2018) e o aproveitamento de fertilizantes em ambientes salinos ainda é pouco estudado, o que leva a erros na recomendação de adubação em condições de solo salino. Por isso, o uso da fertirrigação como estratégia mitigadora dos impactos causados pelo excesso de sais, pode ser uma alternativa para reduzir as concentrações a níveis ótimos para ambientes salinos, sem incrementar ainda mais sais no solo, deixando a solução do solo com níveis de condutividade elétrica toleráveis para absorção pelas raízes das plantas, pois a fertirrigação pode de maneira eficiente, parcelar os fertilizantes necessários e utilizados (CADAHIA, 2005) sem causar maiores elevações na salinidade do solo.

1.1 HIPÓTESE

A fertirrigação através da redução de fertilizantes pode mitigar os impactos causados pela salinidade do solo na produção de rúcula.

1.2 OBJETIVO GERAL

Determinar o desenvolvimento da rúcula em cultivo fertirrigado em solos salinizados.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a produtividade da cultura da rúcula sob diferentes estratégias de fertirrigação em solos salinizados;
- Analisar os aspectos de crescimento e nutricionais da rúcula em diferentes níveis de salinidade e estratégias de fertirrigação;
- Analisar o efeito dos sais e das estratégias de irrigação nas trocas gasosas da cultura da rúcula em dois ciclos de produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Rúcula

A rúcula (*Eruca sativa L.*) é uma hortaliça anual folhosa herbácea pertence à família *Brassicaceae*, com cerca de 350 gêneros e 3.000 espécies, (SCALON; SOUZA, 2002). De porte baixo entre 15 e 20 cm, folhas relativamente espessas e subdivididas, o limbo tem cor verde-escuro e as nervuras verde-arroxeadas, possuindo um rápido crescimento vegetativo e ciclo curto. Conforme Alves (2007), a rúcula é originária da região mediterrânea, onde é conhecida desde a antiguidade, tendo o seu preparo para refeições de maneira diversificada.

Segundo Macedo (2012), a produção economicamente viável da cultura da rúcula compreende o período da emergência das plântulas até a iniciação floral, encerrando-se com a expansão total das folhas e maior desenvolvimento destas que são relativamente espessas e recortadas. Apesar de ser recomendada para cultivo durante todo o ano, o seu melhor desenvolvimento está relacionado as condições de temperaturas amenas. Essa hortaliça cresce rapidamente em temperaturas amenas, florescendo em dias longos com altas temperaturas. As temperaturas altas estimulam a planta a antecipar a fase reprodutiva, emitindo o pendão floral prematuramente, tornando suas folhas rígidas e mais picantes (FILGUEIRA, 2000).

Segundo Reghin *et al.* (2004), a rúcula produz folhas ricas em vitamina C e sais minerais, principalmente cálcio e ferro. Conforme Silva (2017), a cada 100g de massa fresca de rúcula têm-se em média sua composição: 91,7 g de água; 2,58 g de proteína; 1,6 g de fibra; 160 mg de cálcio; 1,40 mg de ferro; 47 mg de magnésio; 52 mg de fósforo; 369 mg potássio; 27 mg de sódio; 0,47 mg de zinco; 15 mg de vitamina C; 0,044 mg de tiamina; 0,086 mg de riboflavina; 0,305 mg de niacina; 0,437 mg de ácido pantotênico e 0,073 mg de vitamina B6 (USDA, 2004).

Segundo Soares (2018), a rúcula é consumida de várias formas, *in natura* em salada ou refogada em sopas, e ainda em composição de pratos de massas, pizzas, sanduíches etc. Essa procura contribui para o aumento da produção, aliada aos valores de mercado superior ao de outros cultivos de folhosas como a alface, almeirão, chicória, couve.

Segundo Matsuzaki, (2013) há muitas espécies da família *Brassicaceae* que apresentam sabor picante, principalmente *Eruca sativa Miller*. No Brasil a espécie mais cultivada é *Eruca sativa Miller*, representada pelas cultivares “Cultivada” e “Folha Larga”. As cultivares mais usadas apresentam folhas relativamente espessas e divididas de cor verde clara e as nervuras verde arroxeadas claras. As diferenças que as cultivares apresentam quanto ao tipo de folha, que pode ser borda lisa ou bastante recortadas (SALA *et al.*, 2004).

2.2 Salinidade dos solos no Nordeste brasileiro

A região nordeste brasileira ocupa 11% do território brasileiro com uma área de 1.128.697 km². Conforme Pedrotti *et al.* (2015), regiões semiáridas apresentam características como, má distribuição das chuvas, drenagem deficiente e elevada evapotranspiração potencial, o que favorecem o processo de salinização dos solos.

Conforme Richards (1954), a intemperização dos minerais primários através de processos físicos, químicos e biológicos mediados pela ação de fatores como clima, relevo, organismos vivos e o tempo, além do material mineral liberados pela matriz dão início à formação do solo, onde os sais resultantes desses minerais são transportados pelas águas e armazenados, acumulando-se à medida que a água é evaporada ou consumida pelas culturas, originando o processo de salinização.

Segundo os autores Pedrotti *et al.* (2015) o processo de salinização do solo pode ocorrer de forma primária e secundária. A salinização primária ou natural dos solos pode ocorrer pela intemperização das rochas e deposição de sais provenientes dos oceanos, ação das chuvas e dos ventos. A secundária ocorre quando há um aumento da concentração dos sais no solo por consequência das atividades antrópicas, como exploração dos recursos naturais, erosão, desmatamento, manejo inadequado de irrigação, uso de adubos químicos e sistemas de drenagem ineficientes. (RIBEIRO *et al.*, 2003).

Autores como GHEYI *et al.* (2010), apontam que a principal causa de salinização natural no semiárido nordestino é através do acúmulo de sais provenientes de áreas circunvizinhas por drenagem ineficiente nos horizontes superiores dos solos de áreas baixas constituídos por Neossolos Flúvicos, Planossolos, Vertissolos e Gleissolos, ou relacionados com aluviões ou áreas deprimidas.

Autores como Fontes Júnior *et al.* (2012), relatam que as águas dos aquíferos aluviais do Nordeste brasileiro sofrem com diferentes concentrações de sais devido a sazonalidade das chuvas, além disso, estas fontes de águas sofrem interferência na distribuição espacial da salinidade, pois são influenciadas pela condutividade hidráulica do meio poroso.

Segundo Holanda *et al.* (2011) a região semiárida nordestina enfrenta problemas de salinização dos solos, o que se deve em parte, ao manejo inadequado da irrigação. Em todo o mundo a pressão por água de boa qualidade e expansão das áreas agrícolas tem gerado a necessidade do uso de águas de qualidade marginal na irrigação (ZENG *et al.*, 2001). Neste

contexto, é grande o potencial de uso de águas salobras na agricultura ocasionando inevitavelmente a salinização destes solos caso não existam práticas para mitigar este processo.

2.3 Efeitos da salinidade nas plantas

O cultivo em solos salinos ocasiona alterações nas plantas, podendo interferir de forma direta ou indiretamente nos processos fisiológicos. Conforme Leonardo (2003), o incremento da salinidade nos solos ocasionam redução na disponibilidade de água para as plantas, em função da redução do potencial total, ocasionado pela contribuição do potencial osmótico, já que a concentração de sais na solução é elevada, criando assim um maior ou menor esforço das plantas para vencer a diferença do potencial total com a contribuição significativa do potencial osmótico, tal dificuldade varia conforme a espécie vegetal, tendo-se uma adaptação a diferentes condições de salinidade.

Segundo Pedrotti, *et al.* (2015), elevadas concentrações de sais no solo, favorece a um ambiente inadequado para o desenvolvimento da maioria das plantas. Segundo Taiz e Zeiger (2013) as plantas em ambientes salinos podem ser divididas em dois grandes grupos de tolerância: halófitas, as que vivem em solos com alta concentração de sais, e glicófitas, as que apresentam menor tolerância ao excesso de sais. As halófitas apresentam elevada tolerância devido à sua capacidade de compartimentalização dos íons no vacúolo da célula. Conforme Larcher (2000) esta tolerância a salinidade se deve à habilidade de evitar que elevadas quantidades de sais, provenientes da solução do solo, alcancem o protoplasma e, por meio de regulação salina, de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento na concentração de sais na solução do solo (HOLANDA *et al.*, 2011).

Nas plantas halófitas as modificações em nível bioquímico em solos salinos são: acumulação ou exclusão seletiva de íons; controle da entrada de íons pelas raízes e transporte para as folhas; compartimentalização, a nível celular de íons pelos vacúolos; síntese de osmólitos; alterações nas vias fotossintéticas; modificações nas estruturas das membranas e indução de hormônios e de enzimas antioxidantes (NAWAZ *et al.*, 2010), tais mecanismos são importantes estratégias para um controle dos solutos.

Conforme Munns (2005) e Silva (2014), quando a concentração de sais na solução do solo é superior ao tolerado pela planta, dificultando a absorção de água, seu desenvolvimento é diretamente comprometido devido à falta de água e a elevada concentração de íons no fluxo transpiratório que causa injúrias órgãos superiores das plantas, causando um grave desequilíbrio nutricional em virtude da alteração nos processos fisiológicos de absorção, transporte,

assimilação e distribuição de nutrientes na planta. Santos (2006), destaca que a redução do crescimento das plantas, nestes ambientes com elevadas concentrações de sais, ocorre de forma mais acentuada nos tecidos mais jovens, afetando diretamente o desenvolvimento das plantas em diversos aspectos como nos mecanismos de expansão celular dos tecidos.

Taiz e Zeiger (2013) explicam que a fotossíntese é inibida em altas concentrações de Na^+ e Cl^- , acumulando nos cloroplastos afetando assim o metabolismo do carbono como a fotofosforilação. Conforme Holanda *et al.* (2011) se a concentração de sais excede a tolerância da planta, danos serão produzidos, como queimaduras e necroses nas folhas acompanhado, geralmente por desfolhação prematura.

Segundo autores como Pedrotti, *et al.* (2015) a alta salinidade e o elevado teor de Na^+ no solo, afetam a germinação e o desenvolvimento das culturas, limitando a sua produtividade. Nos casos mais graves, causa sérios problemas como a morte generalizada das plantas, pois tais solos se tornam impróprios para a agricultura, sendo então descartados do sistema de produção (MAJOR; SALES, 2012).

2.4 Fertirrigação em solos salinos

Conforme Oliveira *et al.* (2011) a fertirrigação tem-se destacado como a tecnologia de maior impacto na produção agrícola, possibilitando a distribuição de nutrientes durante o ciclo da cultura de acordo com a necessidade nutricional das plantas e sua demanda no ciclo, reduzindo assim os riscos na aplicação dos fertilizantes com aumento da concentração de sais na solução do solo, além de evitar desperdícios de fertilizantes e contaminação ambiental devido a lixiviação destes após chuvas intensas (CADAHIA, 2005; SILVA *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2016).

Segundo Oliveira, (2013), a fertirrigação refere-se à prática em que os fertilizantes de fontes mineral ou orgânica são aplicados pelo sistema de irrigação, juntamente com a água de irrigação. Isto possibilita que ocorra suprimento dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas diretamente na água de irrigação (SILVA, 2018). Esta aplicação é feita através do sistema de irrigação mais conveniente à cultura, para hortaliças folhosas, geralmente se utiliza o gotejamento (VIEIRA FILHO *et al.*, 2017).

A agricultura irrigada nas regiões semiáridas exige um manejo adequado para evitar tanto desperdício de água, como práticas de ações que aumente o risco de degradação ambiental promovendo mudanças no regime hidrológico, passível de gerar acúmulo de sais no solo, ascensão capilar, depleção dos aquíferos e transporte de solutos ao longo do perfil (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Conforme Silva (2012) a utilização da fertirrigação promove de forma viável o parcelamento da adubação, contudo, quando aplicada excessivamente pode causar aumento da salinidade do solo. Segundo diversos autores, o cultivo fertirrigado pode acelerar o processo de salinização dos solos quando se utilizam fertilizantes com maior poder de salinização (SILVA 2014; SILVA *et al.*, 2016; CADAHÍA, 2005; BLANCO *et al.*, 2008), onde estes são medidos pelo seu índice salino global ou parcial (SILVA, 2014).

Segundo Leonardo, (2003), um dos grandes riscos do uso da técnica de fertirrigação, dada a natureza intensiva da atividade, é o processo de salinização principalmente se o solo já contém elevado teor de sais solúveis presentes anteriormente. Aplicações excessivas de fertilizantes de maneira frequente e sem monitoramento, utilização de águas salobras e o formato do bulbo molhado em gotejamento, fazem com que ocorra acúmulo de sais na superfície do solo e na periferia do bulbo, ocasionando assim o incremento do potencial osmótico no potencial total do solo, dificultando a absorção de água pelas plantas. Diversas pesquisas (SILVA *et al.*, 2016; BLANCO *et al.*, 2008; ELOI *et al.*, 2007) apontam problemas relacionados ao excesso de sais e o uso da fertirrigação, onde o monitoramento da concentração de sais na solução do solo é indicada como efetiva para o controle da salinidade e produção satisfatória das culturas.

Uma alternativa para a redução do excesso de sais na solução do solo, em solos já salinizados por aplicações indiscriminadas de águas salobras, seria o parcelamento e a redução dos fertilizantes aplicados, já que o incremento excessivo destes fertilizantes pode provocar um aumento ainda maior da condutividade elétrica e conseqüentemente, a redução da produtividade das plantas. Silva, Silva e Klar (2017) observaram uma evolução da salinidade do solo de acordo com estágio inicial dos solos, estes autores observam que a continuidade da fertirrigação sem um monitoramento adequado e a redução de fertilizantes, pode acarretar elevados níveis de condutividade elétrica, prejudicando as culturas. Portanto, o uso indiscriminado de fertilizantes sem considerar as condições atuais da salinidade do solo, pode impactar ainda mais na produtividade das plantas, gerando custos desnecessários e comprometendo a colheita.

3 MATERIAL E METÓDOS

3.1 Localização e estrutura da casa de vegetação

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Estação Agrometeorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza-CE, localizada nas coordenadas geográficas: 3° 44' 43.273" e latitude Sul e 38° 34' 56.650" de longitude Oeste e altitude média de 22 m. O clima do município é do tipo Aw', tropical chuvoso, segundo o sistema de classificação de Koppen, apresentando duas estações bem definidas, sendo uma mais seca de ocorrência no inverno e outra com a ocorrência de chuvas no verão e outono.

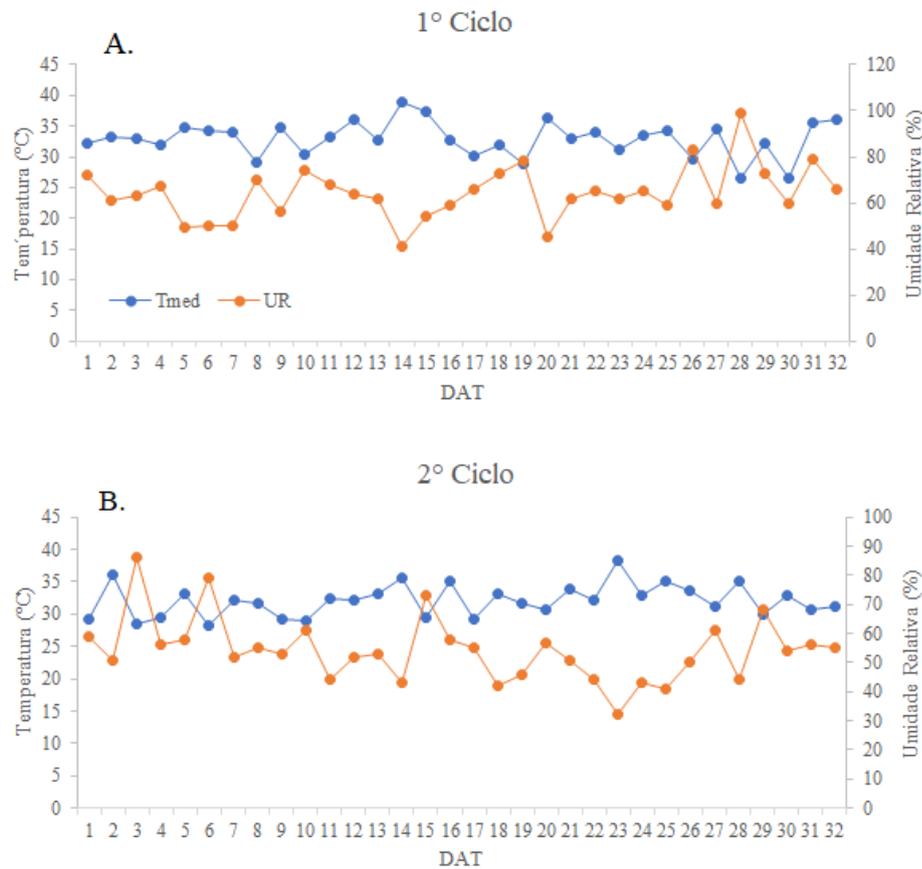
A casa de vegetação possuía uma área de 78 m², com 6,25 m de largura e 12 m de comprimento, altura nas laterais de 3,5 m; calhas de 150 mm de largura e 90 mm de altura. A cobertura da casa de vegetação era em arco simples com filme de polietileno de baixa densidade com 0,10 mm de espessura.

3.2 Elementos meteorológicos

Os dados climáticos foram coletados no interior da casa de vegetação durante todo período de realização do experimento por um medidor de umidade e temperatura digital – (Termo-higrômetro EXBOM). Na Figura 1, encontram-se a temperatura média (Tmed), e umidade relativa média (UR m), obtidas no interior da casa de vegetação durante o experimento ao longo dos dois ciclos de cultivo.

A temperatura diária no interior da casa de vegetação apresentou média de 33,15 °C enquanto a umidade relativa do ar observada foi de 63,5% durante o 1° ciclo de produção (Figura 1A) que foi realizado entre os dias 22 de maio de 2021 a 23 de junho de 2021. No 2° ciclo de produção (Figura 1B) ocorrido entre 14 de julho a 15 de agosto de 2021, a temperatura média do ar no interior do ambiente foi de 32,1°C enquanto a umidade relativa do ar observada ficou em torno de 53,3%.

Figura – 1 Temperatura do ar e umidade relativa (A) 1° ciclo e (B) 2° ciclo da casa de vegetação ao longo da realização do experimento.



Fonte: Autoria própria, 2021.

3.3 Solo

O solo utilizado no experimento foi classificado como um Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2006), coletado na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, em área localizada no Campus da UFC possuindo as seguintes características físicas: areia: 62 %; silte: 10 %, argila: 28 % e densidade do solo: $1,52 \text{ g cm}^{-3}$. As características químicas podem ser observadas na Tabela 1

Tabela – 1 Características químicas do solo utilizado no experimento.

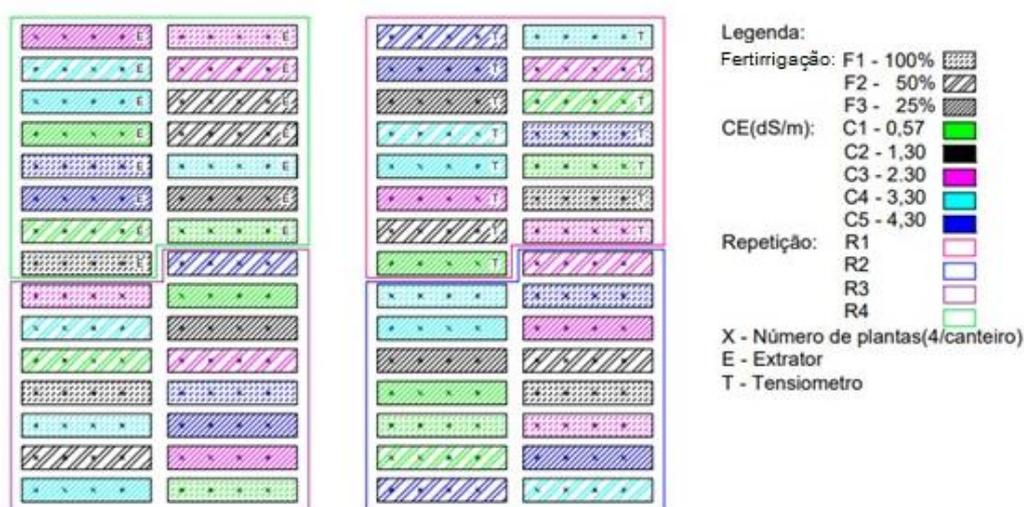
Complexo Sortivo (cmol _c kg ⁻¹)							
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	S	T
1,20	0,60	0,23	0,36	1,98	0,15	2,6	4,37
pH em água	CE (dS m ⁻¹)	C (g Kg ⁻¹)	N (g Kg ⁻¹)	M O (g Kg ⁻¹)			
6,0	0,35	6,48	0,61	11,17			

Fonte: Laboratório de Análise de Solos, Águas, Tecidos Vegetais e Adubos- UFC.

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

Para o presente estudo foi adotado o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 3×5, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco níveis de salinidade do solo, baseados na condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes = 0,57; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹) e três diferentes doses de adubação via fertirrigação (F1=100%, F2=50% e F3=25% relacionados aos valores recomendados de N, K₂O e P₂O₅), com frequência de aplicação de dois dias. Cada unidade experimental (UE) foi constituída por canteiros com dimensões de 0,55 m x 0,10 m possuindo 4 plantas espaçadas em 0,10 m. (TRANI *et al.* 2014) com um total de 60 parcelas experimentais (Figura 2).

Figura – 2 Visão do delineamento experimental e disposição dos tratamentos.



Fonte: Autoria própria, 2021.

3.4.1 Manejo da fertirrigação

A fertirrigação foi realizada manualmente em conjunto com a aplicação das lâminas de água baseadas nas leituras das tensões de água no solo obtidas por tensiômetros de punção. Os fertilizantes foram dissolvidos em recipientes de 15L, conforme os valores recomendados para a cultura da rúcula, segundo Trani *et al.* (2014) equivalente a 100% da dose recomendada: 140 kg ha⁻¹ de N, 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O. Para tanto foram utilizados os seguintes fertilizantes: Ureia (45% de N), MAP (12% de N e 61% de P₂O₅) e Dripsol NKS (45% de K₂O e 12% de N). Os demais nutrientes, além da adubação de fundação, foram inseridos com base na análise química do solo e recomendações de Trani *et al.* (2014).

3.5 Preparo dos canteiros

Antes da realização do experimento, para realização da salinização artificial dos solos nos canteiros, sais dissolvidos em águas foram inseridos em cinco vasos testes com volume de 5L cada. A quantidade de sais adicionados no solo, foram estimadas pela Eq. 1, contida em Richards (1954):

$$Q_s = CE_{es} \times 640 \times V_s \quad (1)$$

Em que:

Q_s - Quantidade de sais aplicada por vaso, mg L⁻¹;

V_s - Volume de água presente no solo quando este estiver saturado, L;

CE_{es} - Condutividade elétrica almejada no extrato de saturação, dS m⁻¹.

Para determinação do volume de água presente no solo, a umidade destes foram mensuradas conforme Donagema (2014), através do método gravimétrico direto (Equação 2), utilizando estufas de secagem com temperatura de 105°C por 48 h e posteriormente calculada o teor de água pela relação entre o peso úmido e seco do solo.

$$U = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

U – Umidade do solo (%);

P_u- Peso úmido da amostra (g);

Ps – Peso seco da amostra de solo (g).

A determinação do volume de água aplicado foi realizada conforme equação 3 e com auxílio de curva característica obtida (Figura 3).

$$Vs = (Us - Uat) \times ds \times Z \times A \quad (3)$$

Em que:

V – Volume L;

A – Área do canteiro (m^2);

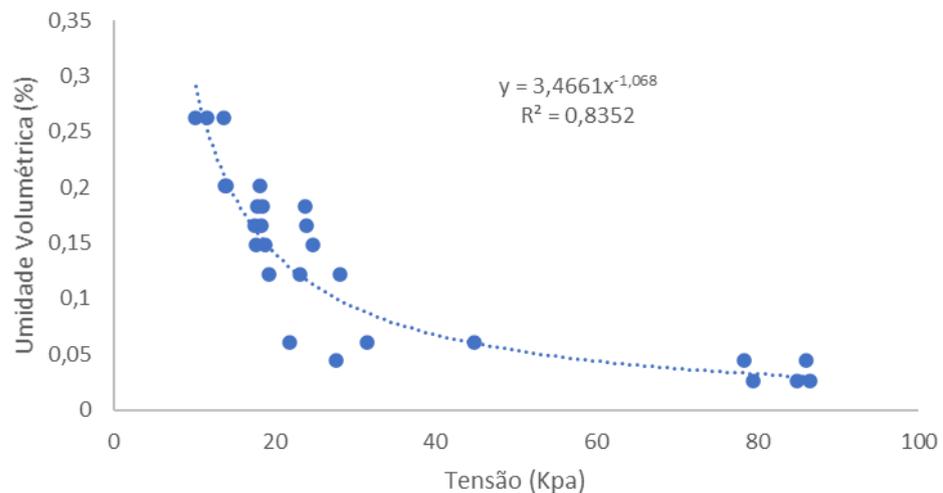
Us – Umidade de saturação ($g\ g^{-1}$);

Uat – Umidade atual do solo ($g\ g^{-1}$);

ds – Densidade do solo ($g\ cm^{-3}$);

Z – Profundidade do solo (mm).

Figura – 3 Curva característica de retenção de água no solo.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Posteriormente, amostras de solo foram coletadas, seca ao ar e preparadas para obtenção da pasta saturada (DONAGEMA, 2014) para fins de realização da extração da solução do solo, com auxílio de um conjunto contendo o Funil de Büchner, kitassato e bomba de sucção, posteriormente, determinou-se a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) com auxílio de condutivímetro de bancada (TDSscan 4, Eutech Instruments) conforme figura 4.

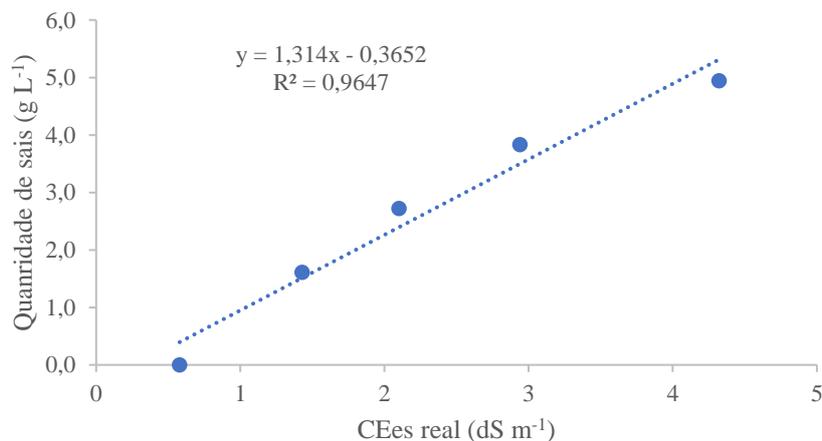
Figura – 4. Processo de extração de salinização do solo (A) no preparo da salinização dos canteiros (B).



Fonte: Autoria própria, 2021.

De posse dos dados e com auxílio da curva gerada por análise de regressão (SILVA *et al.*, 2013), entre a quantidade de sais aplicadas no solo e a CEes obtida (Figura 5) foi realizada uma correlação, criando assim uma curva de calibração. De posse da curva, os tratamentos do presente experimento foram obtidos (0,57, 1,3; 2,3; 3,3; e 4,3 dS m^{-1}) assim como a quantidade de sais a serem aplicadas em cada canteiro.

Figura – 5. Curva de salinização do solo utilizada para preparação dos canteiros.



Fonte: Autoria própria, 2021.

3.6 Produção de Mudras

A cultivar de rúcula (*Eruca sativa*) utilizada foi a “Folha Larga”. A Semeadura foi

realizada em bandejas plásticas com 200 células (Figura 6), contendo como substrato fibra de coco, mantidas em ambiente sombreado, sendo colocadas quatro sementes por célula. Quando as plantas apresentaram cinco folhas definitivas, foram transplantadas para os canteiros, onde foram irrigadas durante 5 dias após o transplântio (DAT) para pegamento.

Figura – 6. Mudanças de rúcula cultivar folha larga nos primeiros dias após o semeio e no dia de transplântio para os canteiros.



Fonte: Autoria própria, 2021.

3.7 Manejo da irrigação

Para o manejo da irrigação foram instalados tensiômetros de punção, monitorados diariamente com auxílio de um tensímetro digital e curva característica do solo (Figura 7). As irrigações eram realizadas, quando a média das leituras dos tensiômetros dos canteiros atingia 20 kPa, sendo a quantidade de água aplicada suficiente para elevar a umidade até a capacidade de campo (10 kPa). A irrigação real necessária foi obtida conforme a equação 4 (BERNARDO *et al.*, 2019):

$$IRN = (U_{cc} - U_{atual}) \times ds \times Z \times PAM \quad (4)$$

IRN – Irrigação real necessária (mm);

U_{cc} – Umidade na capacidade de campo ($g\ g^{-1}$);

U_{atual} – Umidade atual do solo ($g\ g^{-1}$);

Ds – Densidade do solo ($g\ cm^{-3}$);

Z – Profundidade do sistema radicular (mm);

PAM – Porcentagem de área molhada (BERNARDO *et al.*, 2019).

O volume de água foi aplicado manualmente, com recipiente graduado. Para obtenção do volume em litros, multiplicou-se a IRN pela área do canteiro, individualizando-se os cálculos por tratamento.

3.8 Variáveis analisadas

3.8.1 Medidas de crescimento e rendimento

Aos 15, 22, e 30 dias após o transplântio (DAT) foram avaliadas as seguintes características de crescimento: número de folhas por planta (NF), altura da planta (ALT), com o uso de uma régua milimétrica, a altura da planta foi medida, a partir da base até a extremidade da folha mais alta, expressa em centímetros (cm). O NF foi determinado contando o número de folhas acima de cinco centímetros, indo das folhas basais até a última folha aberta.

Aos 30 DAT (1º Ciclo) e 29 DAT (2º Ciclo), foi realizada a colheita, sendo que as plantas divididas em folhas e raiz e com o auxílio de uma balança digital de precisão (0,01g), foi determinado o peso (g planta⁻¹) da massa fresca da parte aérea (MFPA). Posteriormente, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e postas para secar em estufa de circulação de ar forçado a temperatura de 65°C até a obtenção de peso constante, sendo assim obtida a massa seca da parte aérea (MSPA) após pesagem em balança digital (g planta⁻¹).

A área foliar (m² planta⁻¹) foi determinada por meio de medidor de área foliar da marca LI-COR, modelo 3100C após a colheita de cada ciclo de produção.

Foi calculado o teor de umidade (U) da parte aérea da planta por meio da equação. (Eq.5).

$$U(\%) = \left(\frac{MFPA - MSPA}{MFPA} \right) \times 100 \quad (5)$$

Em que:

U -Teor de umidade da parte aérea da planta (%);

MFPA -Massa fresca da parte aérea da planta (g planta⁻¹);

MSPA –Massa seca da parte aérea da planta (g planta⁻¹).

3.8.2 Trocas gasosas e índice relativo de clorofila

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas por meio da utilização do Analisador Portátil de Gás Infravermelho (Infra-red Gas Analyzer – IRGA), modelo LCPro+ Portable Photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK) LCPro+ com controle de temperatura a 25°C e fluxo de ar de 200 ml min⁻¹. Estas determinações foram realizadas através de uma avaliação durante o ciclo da cultura, nos dois ciclos, no horário compreendido entre 9:30h às 11:30h aos 27 DAT, neste período as plantas, sempre na região central de folhas totalmente expandidas e expostas à luz solar. Foram avaliadas as variáveis: fotossíntese líquida (A) em $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$; transpiração (E) em $\text{mmol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$; condutância estomática de vapor d'água (gs) em $\text{mol}(\text{H}_2\text{O})\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$; concentração interna de CO₂ (Ci) em $\mu\text{mol mol}^{-1}$; temperatura foliar (Tleaf), em °C. As leituras foram realizadas sob luz saturante (1200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$), com concentração de CO₂ constante (400 ppm).

O Índice relativo de clorofila (IRC) foi determinada ao 27 DAT por meio de clorofilômetro SPAD-502 em ambos os ciclos.

3.8.3 Análise nutricional

Para a determinação das concentrações dos nutrientes na parte aérea das plantas, as folhas coletadas foram levadas para secagem em estufa de circulação de ar forçada à temperatura de 65°C por 72 horas. Após obtenção o material seco, foi moído, e as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica, seguida de destilação e titulação para a determinação dos teores totais de nitrogênio (N); a digestão nítrico-perclórica utilizada para a determinação dos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), sódio (Na), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), por espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), conforme procedimentos descritos em Miyazawa *et al.* (2009), no laboratório de solos da Embrapa Agroindústria Tropical.

3.9 Análise estatística

A análise estatística foi realizada primeiramente pela avaliação da normalidade dos dados (Kolmogorov-Sminorv) e posteriormente foram avaliadas pelo teste F (anova) com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). As variáveis que apresentarem efeitos significativos a 1% e 5% de probabilidade ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), foram submetidas à análise de regressão com ajuste a 1 e 5% de probabilidade pelo teste T. Os tratamentos qualitativos foram submetidos ao teste de média de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Medidas de crescimento e rendimento

Verifica-se conforme análise de variância (Tabela 2), que em ambos os ciclos de cultivo, todas as variáveis estudadas foram influenciadas pelos tratamentos de maneiras distintas, tanto pelos fatores isolados como pela interação entre eles. Tanto no 1º ciclo quanto no 2º ciclo, as variáveis altura (ALT) e número de folhas (NF) sofreram influência ($p < 0,01$) do fator CEes, enquanto o fator estratégias de fertirrigação e a interação entre os fatores não influenciaram nas variáveis estudadas ($p > 0,05$).

Tabela 2. Resumo da análise de variância aplicada às variáveis de crescimento número de folhas (NF) e altura de planta (ALT) na cultura da rúcula sob solo salinizado em função de diferentes níveis de fertirrigação em dois ciclos de cultivo.

FV	Quadrado Médio (1 ciclo)						
	GL	ALT 15DAT	ALT 22 DAT	ALT 30 DAT	NF 15 DAT	NF 22 DAT	NF 30 DAT
Blocos	3	2,42 ^{NS}	29,08 ^{NS}	46,71 ^{NS}	5,57 ^{**}	1,64 ^{NS}	14,17 ^{**}
Fertirrigação (F)	2	2,46 ^{NS}	2,06 ^{NS}	10,06 ^{NS}	0,26 ^{NS}	1,11 ^{NS}	1,12 ^{NS}
CEes	4	33,27 ^{**}	119,05 ^{**}	205,00 ^{**}	10,20 ^{**}	28,54 ^{**}	41,47 ^{**}
F x CEes	8	1,48 ^{NS}	11,54 ^{NS}	8,71 ^{NS}	1,57 ^{NS}	4,11 ^{NS}	5,38 ^{NS}
Resíduo	42	3,3	11,2	22,6	0,79	2,4	2,95
CV (%)		15,19	28,94	44,57	17,23	29,09	33,91
	Quadrado Médio (2 ciclo)						
Blocos	3	17,08 ^{NS}	9,17 ^{NS}	14,15 ^{NS}	4,46 [*]	1,44 ^{NS}	6,42 [*]
Fertirrigação (F)	2	12,60 ^{NS}	13,86 ^{NS}	4,05 ^{NS}	3,46 ^{NS}	5,41 ^{NS}	4,81 ^{NS}
CEes	4	129,90 ^{**}	214,66 ^{**}	194,97 ^{**}	20,10 ^{**}	38,06 ^{**}	36,22 ^{**}
F x CEes	8	8,91 ^{NS}	21,679 ^{NS}	20,23 ^{NS}	1,50 ^{NS}	3,66 ^{NS}	4,65 ^{NS}
Resíduo	41	8,88	14,48	14,5	1,55	3,31	2,18
CV (%)		27,78	36,81	36,87	28,46	41,69	34,91

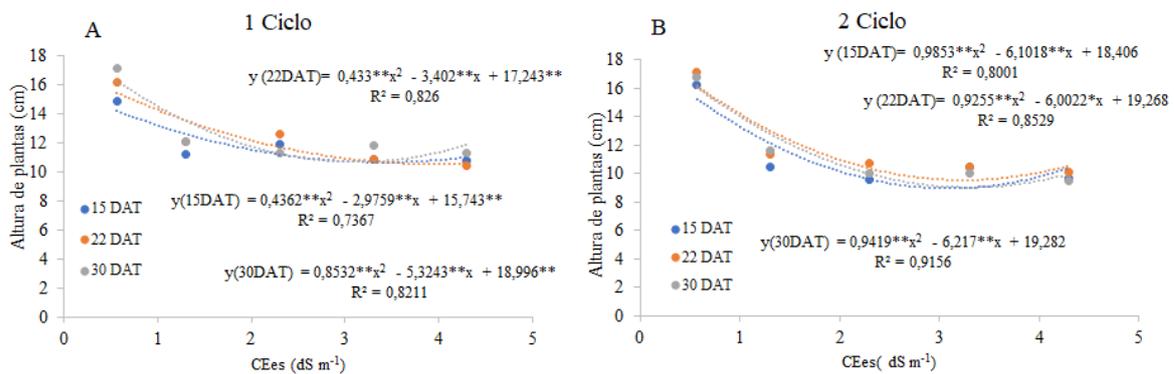
* e ** = significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, NS – não significativo.

A análise de regressão para variável ALT no 1º ciclo (Figura 7A) e 2º ciclo (Figura 7B) de produção, em função da salinidade do solo, apresentou um ajuste quadrático para cada época de avaliação (15, 22 e 30 DAT), no qual houve um decréscimo dos valores observados para ALT nos níveis de CEes entre 3,3 e 4,3 dS m⁻¹ em ambos os ciclos.

O aumento de níveis de cloreto de sódio na solução do solo eleva os níveis de Cl⁻ e Na⁺ em diferentes partes da planta, e com isto gera uma inibição na absorção de nutrientes levando a redução nos teores de nitrogênio, potássio, magnésio, estes nutrientes exercem funções primordiais no desenvolvimento da planta e está redução implica alterações em

constituintes celulares, proteicos, metabólicos e fotossintéticos. O aumento da concentração de íons nas raízes provoca uma redução na condutividade hidráulica das raízes. Mesmo tendo gradiente de potencial hídrico a planta absorve menos água, visto que ela irá ter maior taxa de respiração do que absorção de água, gerando um déficit hídrico na planta ocasionando diminuição na taxa fotossíntese e no crescimento. (TAIZ; ZEIGER, 2013).

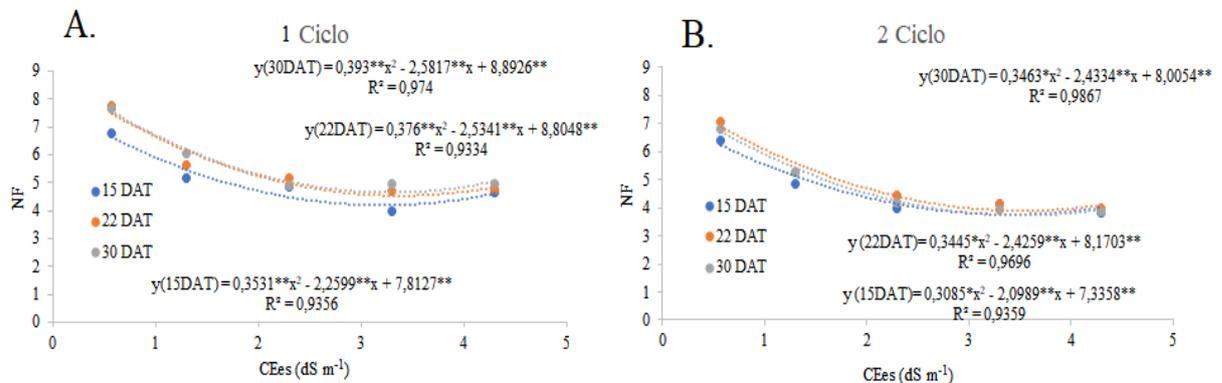
Figura 7. Altura de planta no 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B) em função da salinidade do solo na cultura da rúcula.



** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T.
Fonte: Autoria própria, 2022.

Para a variável número de folhas (NF) observa-se que no 1º ciclo (Figura 8A) e no 2º ciclo (Figura 8B) o modelo que melhor se ajustou ao aumento da salinidade foi o modelo quadrático, em cada uma das épocas de avaliação (15, 22 e 30 DAT) mostrando que ocorreu um maior decréscimo na CEes 4,3 dS m⁻¹ em ambos os ciclos. Segundo Holanda *et al.* (2011) o aumento no nível de NaCl, altera especialmente a atividade de certas enzimas e, com isto, reduz a síntese e a translocação de hormônios sintetizados na raiz, necessários ao metabolismo foliar, o que resulta em menor crescimento foliar e, assim, menor a área fotossintética da planta. Outro motivo para redução no NF seria a baixa atividade fotossintética e o fechamento dos estômatos, provocados pela dificuldade de absorção de água pelas plantas, conforme afirma esses autores.

Figura 8. Número de folhas no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) em função da salinidade do solo na cultura da rúcula.



** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T.
Fonte: A autoria própria, 2022.

Conforme Reis *et al.* (2018) em seu experimento com rúcula, a altura das plantas foi influenciada pela salinidade, houve redução a partir do tratamento 1,5 dSm⁻¹ reduzindo: 10%; 22,39% (2,5 dS m⁻¹); 50% (3,5 dS m⁻¹) e 42,39% (4,5 dS m⁻¹). O número de folhas sofreu influência da salinidade com redução na produção de 18,19% para água com salinidade de 1,5 dS m⁻¹, 27,28% quando se aplicou 2,5 dS m⁻¹ e 45,46% para os tratamentos que receberam 3,5 dS m⁻¹ e 4,5 dS m⁻¹. Maior nível de produção foi o tratamento 0,5 dS m⁻¹.

Jesus (2011), observou que a rúcula teve diminuição progressiva à medida que aumentava o estresse salino. Apesar de Gonçalves, (2013) observar que o comprimento de produção da rúcula para comercialização seja por volta de 15 a 20 cm foi verificado que na CE 1,3 dSm⁻¹ já ocorre redução do crescimento.

Segundo Silva, *et al.* (2008) a redução do número de folhas em condições de estresse salino, é uma das alternativas das plantas para manter a absorção de água, sendo consequência de alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, refletindo-se na perda de transpiração como alternativa para manter a absorção de água. A rúcula apresenta sensibilidade quando submetida a soluções salinas, havendo redução do número de folhas, altura da planta e da transpiração devido a menor disponibilidade hídrica, provocada pela contribuição do potencial osmótico (SILVA *et al.*, 2011).

Conforme Santos *et al.* (2020) a redução do número de folhas em condições de estresse salino é uma das alternativas que as plantas buscam para manter a absorção de água e manter os seus tecidos hidratados, como consequência de alterações morfológicas e anatômicas, refletindo-se na redução da transpiração.

Na tabela 3, pode-se observar o resumo da análise de variância para as variáveis de

rendimento da cultura da rúcula. A variável área foliar (AF), sofreu influência da interação entre os fatores CEes e fertirrigação nos dois ciclos produtivos. As variáveis massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) foram influenciadas pela interação entre os fatores CEes e fertirrigação no primeiro ciclo de cultivo. No segundo ciclo a variável MFPA sofreu influência dos fatores CEes e fertirrigação isoladamente e MSPA somente no fator CEes. Para a variável teor de água nas plantas (U), observou-se efeito significativo apenas no 2º ciclo de produção, com diferenças significativas para o fator fertirrigação ($p < 0,05$), CEes ($p < 0,01$) e a interação entre os fatores ($p < 0,01$).

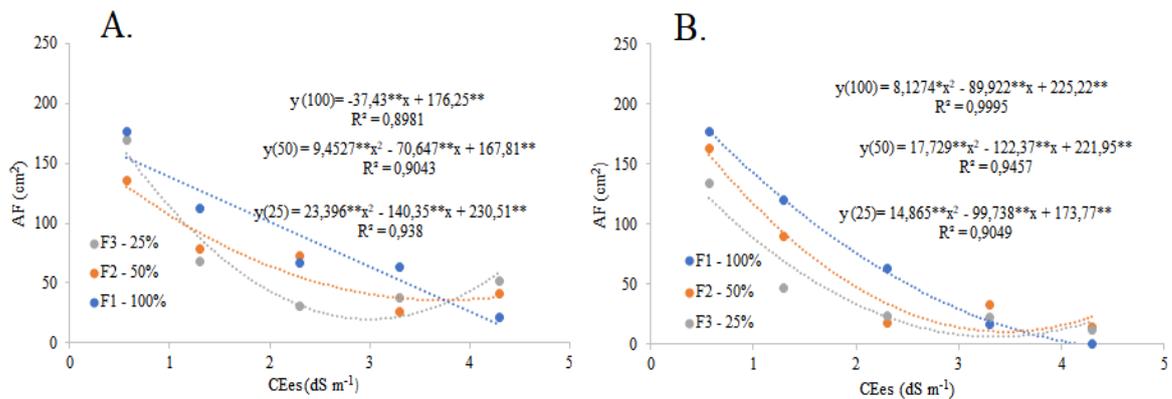
Tabela 3. Resumo da análise de variância aplicada às variáveis de crescimento massa fresca (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA), área foliar (AF) na cultura da rúcula sob solo salinizado em função de diferentes níveis de fertirrigação em dois ciclos de cultivo.

FV	Quadrado Médio (1º ciclo)				
	GL	AF	MFPA	MSPA	U
Blocos	3	2923,68**	48,86**	0,31 ^{NS}	16,54 ^{NS}
Fertirrigação	2	1251,21 ^{NS}	45,95*	0,35 ^{NS}	12,53 ^{NS}
CEes	4	31721,97**	370,55**	6,20**	5,89 ^{NS}
F x CEes	8	2199,05**	31,40**	0,99**	10,35 ^{NS}
Resíduo	39	419,94	9,92	0,26	9,33
CV (%)		25,64	38,13	49,08	3,52
FV	Quadrado Médio (2º ciclo)				
	GL	AF	MFPA	MSPA	U
Blocos	3	2338,55**	32,06 ^{NS}	0,15 ^{NS}	5,19 ^{NS}
Fertirrigação	2	3760,20**	93,80**	0,41 ^{NS}	68,37*
CEes	4	44389,02**	659,55**	8,08**	1329,08**
F X CEes	8	427,38**	25,88 ^{NS}	0,14 ^{NS}	188,31**
Resíduo	38	427,37	17,09	0,16	20,40
CV (%)		30,9	53,97	65,36	5,33

* e ** = significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, NS – não significativo.

Observa-se no 1º ciclo (Figura 9A) que a variável AF teve uma resposta significativa com ajuste quadrático para interação da salinidade com fertirrigação, nas concentrações de 50% e 25% e linear na concentração de 100%. Ocorreu um decréscimo de 37,43 cm² de área foliar a cada acréscimo unitário da CEes no tratamento F1. Em F2 e F3 observa-se redução de área foliar com acréscimo da CEes. No 2º ciclo (Figura 9B) observou-se para F1, um ajuste linear com redução de 39,24 cm² a cada incremento unitário da CEes. Para os tratamentos com as estratégias de fertirrigação de 50% e 25% o ajuste foi quadrático com menores valores de AF observados na CEes de 4,3 dS m⁻¹.

Figura 9. Área foliar no primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) em função da interação salinidade do solo com fertirrigação na cultura da rúcula.



** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T.

Fonte: Autoria própria, 2022.

Conforme Moreira Neto (2020), os valores obtidos mostram que ocorreu redução da área foliar da rúcula com aumento da salinidade, tendo uma área de 93,22 cm² na CE 4,5 dS m⁻¹, correspondendo uma redução de 77,20%. Os maiores valores encontrados nas plantas irrigadas com água salinas foram na concentração 0,5 dS m⁻¹ tendo estas áreas foliar de 408,753 cm². Segundo autor Brandão, (2018) obteve redução da área foliar da rúcula a partir do tratamento (1,0 dS m⁻¹) com redução de 17,54%, (2,0 dS m⁻¹) 35,47%, (3,0 dS m⁻¹) 69,64% e (4,0 dS m⁻¹) 70,43%. Os resultados encontrados por Silva, *et al.* (2008) que evidenciam uma redução da área foliar na salinidade da água de irrigação acima de 2,5 dS m⁻¹ sendo os valores da área foliar reduzidos à medida que se aumentou a concentração de sais na água de irrigação.

A área foliar tem sua importância por ser um parâmetro indicativo da produtividade, principalmente em hortaliças folhosas. Porém, seu desenvolvimento pode ser prejudicado devido ao estresse salino provocar redução na frequência estomática (RADI, *et al.* 1989). De acordo com Bastos *et al.* (2002) e Taiz e Zeiger (2013), as folhas são responsáveis pela formação de carboidratos e estes são alocados para os órgãos vegetativos e reprodutivos das plantas, assim como a responsabilidade pelas trocas gasosas entre o meio ambiente e a própria planta.

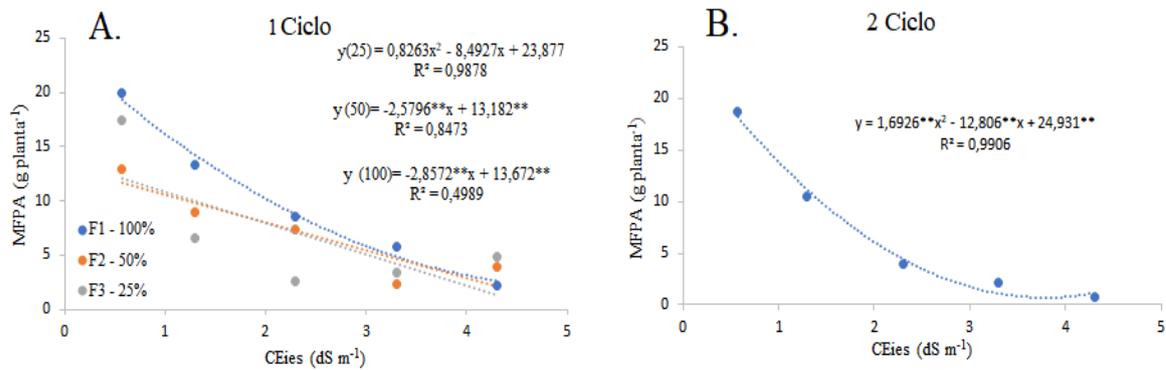
Conforme Tester *et al.* (2003) o retardamento da expansão do limbo foliar é comum em plantas submetidas ao estresse, portanto, este decréscimo da área foliar está relacionado a um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, dentre eles podemos destacar o ajustamento osmótico (SOUZA *et al.*, 2020), diminuindo a superfície transpirante.

Segundo Santos *et al.* (2020) e Taiz *et al.* (2017), importante mecanismo adaptativo de plantas cultivadas, a redução na área foliar é um indicativo de que as plantas estão sob excesso de sais e estresse hídrico, visto que, sob tais condições, a uma redução na transpiração

e, como consequência, haverá uma diminuição do carregamento de íons de Na^+ e Cl^- no xilema e conservação da água nos tecidos das plantas.

Para variável massa fresca da parte aérea (MFPA) no 1º ciclo (Figura 10A) o modelo que ajustado para interação da CEes com a fertirrigação foi linear para F1 (100%) e F2 (50%), os quais apresentaram decréscimos de 2,857 g planta⁻¹ e 2,579 g planta⁻¹ respectivamente com o incremento unitário da CEes, e ajuste quadrático para F3 (25%). No 2º ciclo (Figura 10B) observa-se o efeito do fator salinidade no modelo de regressão quadrático ocorrendo redução da MFPA com acréscimo da CEes.

Figura 10- Efeitos da interação salinidade e fertirrigação na massa fresca da parte aérea (MFPA) no ciclo 1(A) e efeito isolado da salinidade no segundo ciclo (B) no cultivo de rúcula.



** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T.

Fonte: Autoria própria, 2022.

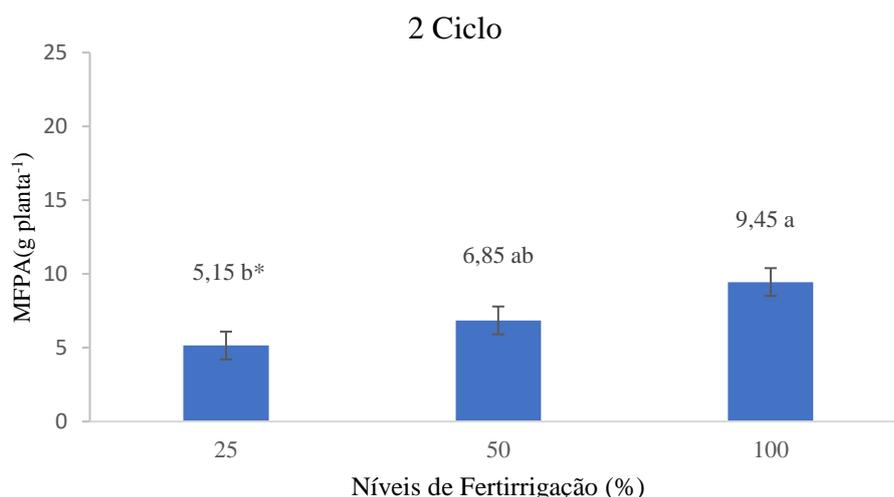
Segundo Silva *et al.* (2013b), a relação de massa fresca da parte aérea e condutividade elétrica da solução nutritiva decresce com incremento da salinidade, pois o maior valor de acúmulo de massa fresca foi de 177 g, obtido no menor nível de salinidade da solução (1,8 dS m⁻¹), sendo este superior em 91% em relação ao acúmulo no maior nível de salinidade (10,5 dS m⁻¹) que foi de 92,5 g por unidade. Os autores Dias, *et al.* (2019) perceberam que cultivo de rúcula em diferentes tipos de substratos com águas salobras ocorreu que no aumento da salinidade na água de irrigação houve um decréscimo na produção de massa fresca da parte aérea para cada incremento unitário da salinidade quando comparado o menor com o maior nível de salinidade que foi de 4,5 dS m⁻¹

Conforme Dias *et al.* (2019) a massa fresca das plantas é uma característica muito sensível às oscilações hídricas, uma vez que a maior parte dos vegetais tem em sua constituição vital uma elevada percentagem de água, sendo este, um componente imprescindível para os

processos vitais dos vegetais.

Observa-se na figura 11, os valores médios da massa fresca da aérea no 2º ciclo em função das estratégias de fertirrigação adotadas. Verifica-se que para o tratamento F1, foram obtidos os maiores valores de MFPA com média de 9,45 g planta⁻¹. Isso pode ter ocorrido devido a relação de absorção com a disponibilidade de nutrientes no solo, contudo a estratégia de fertirrigação com 50% dos valores de adubação aplicados, demonstrou estatisticamente, valores semelhantes ao tratamento com 100% de aplicação de fertilizantes ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey, o que pode desta forma indicar que a redução de sais pela fertirrigação pode ser uma estratégia para evitar maior acúmulo de sais ao longo do ciclo.

Figura 11 – Efeito isolado da fertirrigação para massa fresca da parte aérea no ciclo 2 da cultura da rúcula.



*letras diferentes entre as médias apresentam diferenças significativas entre si, segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

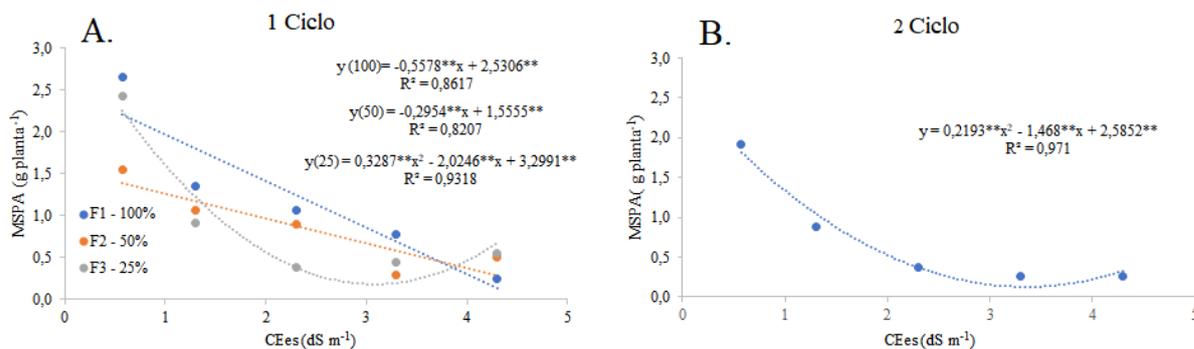
Fonte: Autoria própria, 2022.

Conforme Andrade (2019) a redução no desenvolvimento de plantas sob solo salino também pode ser atribuída a alterações na alocação de fotoassimilados, devido ao aumento dos processos de consumo de energia, tais como ajuste osmótico (SOUZA *et al.*, 2020) e processos de transporte ativo de íons pelo excesso de sais na planta, tendo como consequência reduções em variáveis como massa da parte aérea, altura da planta e número de folhas por planta.

Para variável massa seca da parte área (MSPA) no primeiro ciclo (Figura 12A) o modelo que mais ajustou para interação da salinidade com a fertirrigação foi linear para F1 (100%) e F2 (50%), os quais apresentaram decréscimos de 0,557 g planta⁻¹ e 0,295 g planta⁻¹ respectivamente com o aumento da salinidade, e quadrático para F3 (25%). Demonstrando que

MSPA diminui com o aumento da salinidade. No 2º ciclo (Figura 12B) observa-se o efeito quadrático do modelo de regressão ocorrendo redução da MSPA com acréscimo da CEes.

Figura 12- Efeitos da interação salinidade e fertirrigação na massa seca da parte aérea (MSPA) no ciclo 1(A) e efeito isolado da salinidade no segundo ciclo (B) no cultivo de rúcula.



** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T.
 Fonte: Autoria própria, 2022.

Dias *et al.* (2019), observaram no cultivo da rúcula que a partir da condutividade elétrica de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ houve redução na MSPA com o incremento de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$. Já os autores Santos, *et al.* (2012) observaram que houve uma redução média de $15,85 \text{ g planta}^{-1}$ na MSPA da rúcula com incremento da salinidade. Brandão, (2018) observou que o aumento nos níveis de salinidade provocou decréscimo da produção de MSPA, essa redução se deu a partir do tratamento ($1,0 \text{ dS m}^{-1}$) com redução de 16, 41%, 33,83%, 64,17% e 67,16% para os níveis de condutividade elétrica de 2,0, 3,0, 4,0 dS m^{-1} respectivamente.

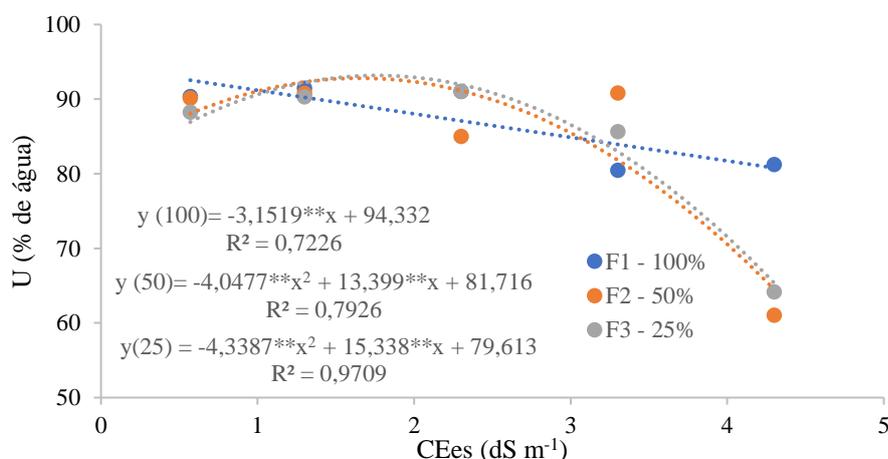
Conforme Silva (2017), avaliação da MSPA é um importante parâmetro, pois demonstra o acúmulo de biomassa vegetal em função da maior produção de aminoácidos e assimilados de carbono da fotossíntese proporcionada pelo ótimo fornecimento e absorção de nutrientes pela planta. De acordo com Hanson *et al.* (1998), existe relação positiva entre a MSPA de uma cultura com sua evapotranspiração e, conseqüentemente, entre a produção de massa seca e a eficiência no uso de água, o que nem sempre pode estar atribuído a um maior aproveitamento da água e sim a problemas por déficit hídrico ocasionado por diversos fatores, no presente estudo, devido a salinidade do solo.

Conforme, Brandão (2018) a inibição do crescimento nas plantas está relacionada a salinidade na solução do solo e sua contribuição na redução do potencial osmótico dificultando assim a absorção da solução pelas plantas, podendo também ocasionar toxicidade iônica, desequilíbrios nutricionais. Além do fechamento dos estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em baixa fotossíntese e conseqüentemente redução na

biomassa vegetal. Conforme Maia (2012), a produção de MSPA é afetada pela salinidade e pela redução da disponibilidade hídrica provocada pela elevada concentração de sais na zona radicular. Tal redução na biomassa está intrinsecamente relacionada à tolerância da cultura à salinidade e sua capacidade de se ajustar ao meio.

Na Figura 13, pode-se observar a análise de regressão realizada para a interação entre os fatores estudados e a variável U. Para a estratégia de fertirrigação F1, o ajuste foi linear com redução de 3,15% de água para cada incremento da CEes no solo. Para as estratégias F2 e F3, observou-se ajuste quadrático com maiores valores obtidos na CEes de 1,65 (F2) e 1,76 (F3) dS m^{-1} . A redução do U vinculado ao incremento da CEes no solo também foram observados por Silva *et al.* (2013a) em estudos com a cultura da beterraba, possivelmente a redução da absorção de solução do solo, devido ao aumento do potencial total pode ter contribuído para decréscimo dos valores de U conforme aumento da CEes.

Figura 13- Análise de regressão para a interação entre os fatores CEes e F, para a variável teor de água nas plantas.



** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T.

Fonte: Autoria própria, 2022

4.2 Trocas gasosas e índice relativo de clorofila

Conforme a análise de (Tabela 4), constata-se que para o primeiro ciclo de cultivo todas as variáveis estudadas, com exceção do índice relativo de clorofila (IRC) não foram influenciadas pelos fatores estudados. No 2º ciclo a variável concentração interna de CO_2 (C_i) sofreu efeito isolado dos fatores CEes e fertirrigação. A variável transpiração (E) e fotossíntese líquida (A) foram influenciadas pela interação dos fatores CEes e fertirrigação e a eficiência do uso da água (A/E) sofreu efeito isolado do fator CEes.

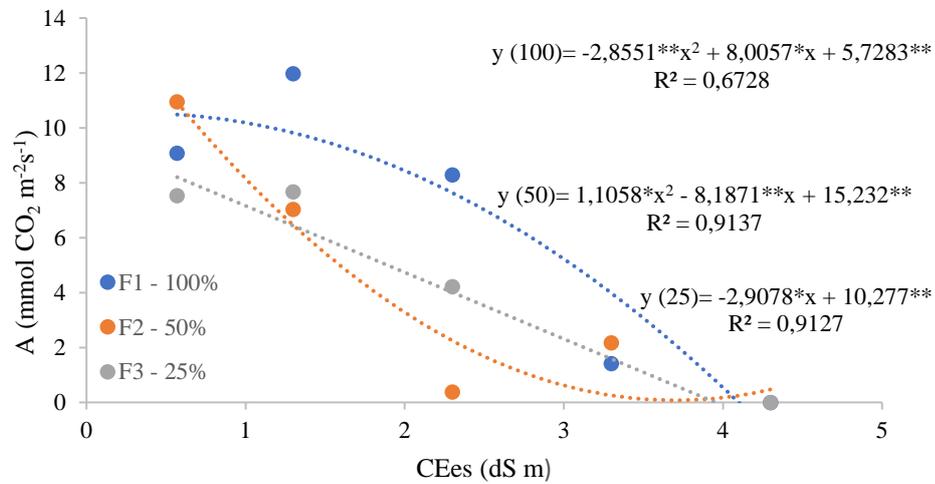
Tabela 4. Resumo da análise de variância aplicada às variáveis morfofisiológicas concentração interna de CO₂ (Ci), transpiração (E), condutância estomática de vapor d'água (gs), fotossíntese líquida (A), eficiência do uso da água (A/E) e Índice relativo de SPAD, na cultura da rúcula sob solo salinizado em função de diferentes níveis de fertirrigação em dois ciclos de cultivo.

FV	Quadrado Médio (1 ciclo)						
	GL	Ci	E	gs	A	A/E	SPAD
Blocos	3	1983,92 ^{NS}	2,08 ^{NS}	0,39 ^{NS}	23,87 ^{NS}	5,08 ^{NS}	77,91 ^{NS}
Fertirrigação	2	718,50 ^{NS}	1,60 ^{NS}	1,24 ^{NS}	6,71 ^{NS}	10,62 ^{NS}	290,01 ^{NS}
CEes	4	250,84 ^{NS}	0,97 ^{NS}	0,89 ^{NS}	25,83 ^{NS}	7,07 ^{NS}	1541,94 ^{**}
F x CEes	8	1080,46 ^{NS}	2,05 ^{NS}	0,77 ^{NS}	23,90 ^{NS}	4,87 ^{NS}	403,01 [*]
Resíduo	22	1065,84	2,72	2,02	14,32	13,04	160,22
CV (%)		10,29	56,87	21,06	51,67	19,16	26,44
Quadrado Médio (2 ciclo)							
Blocos	3	597,29 ^{NS}	3,673 ^{**}	1,859 [*]	35,01 ^{**}	1,07 ^{NS}	41,03 ^{NS}
Fertirrigação	2	6751,87 ^{**}	1,323 [*]	0,47 ^{NS}	41,96 ^{**}	4,27 ^{NS}	173,45 ^{NS}
CEes	4	5178,54 ^{**}	4,366 ^{**}	0,99 ^{NS}	116,79 ^{**}	10,12 ^{**}	5093,39 ^{**}
F x CEes	8	1547,27 ^{NS}	0,844 [*]	0,51 ^{NS}	14,27 ^{**}	2,83 ^{NS}	167,17 [*]
Resíduo	40	645,98	0,31	0,59	3,26	1,36	60,53
CV(%)		7,92	23,04	23,96	28,4	48,91	20,03

* e ** = significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, NS – não significativo.

Os efeitos da salinidade sobre os valores fotossíntese líquida (A) das plantas de rúcula no 2º ciclo de produção, podem ser visualizados na Figura 14. Acerca da interação entre salinidade e fertirrigação para a fotossíntese líquida, verificou-se efeito significativo ($p < 0,01$) para a estratégia F1, sendo que o modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático, a partir da qual definiu-se o ponto de máxima da fotossíntese na CEes no valor de 1,402 dS m⁻¹, com valores máximos de A de 11,3403 mmol m⁻² s⁻¹. Já em F2 os menores valores de A foram observados na CEes de 3,70 dS m⁻¹. Na F3 modelo de regressão ajustado foi linear, o qual ocorreu decréscimo de 2,9078 mmol m⁻² s⁻¹ para cada incremento unitário da CEes.

Figura 14- Valores médios da fotossíntese líquida para interação salinidade x fertirrigação para a cultura da rúcula no ciclo 2.



** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T
 Fonte: Autoria própria, 2022.

Segundo Taiz *et al.* (2017) a redução da fotossíntese da planta está relacionada com a redução da absorção de CO₂ da planta devido ao estresse e a temperatura do ambiente. Esse fato está relacionado ao estresse hídrico, que promove aumento da temperatura das folhas e fechamento dos estômatos, diminuindo assim o processo de fotossíntese.

O fechamento dos estômatos pela planta tem como função reduzir a perda de água por meio da transpiração, resultando em menor taxa fotossintética, que é uma das principais causas de redução do crescimento em espécies submetidas ao estresse salino (SILVA *et al.*, 2013a), provocando uma série de consequências nas plantas como a perda de rendimento.

Visto que autores como Silva *et al.* (2014), relatam que o aumento da condutividade elétrica na solução do solo provoca uma redução no potencial hídrico do solo, comprometendo a absorção de água pelas plantas o fechamento estomático como mecanismo de tolerância ao estresse (SOUZA *et al.*, 2020), uma vez que reduz as perdas de água. Em relação ao estresse salino, Silva *et al.* (2019) salientam que o aumento da salinidade pode ocasionar alterações significativas nas trocas gasosas entre planta e meio ambiente, devido à inibição da enzima rubisco.

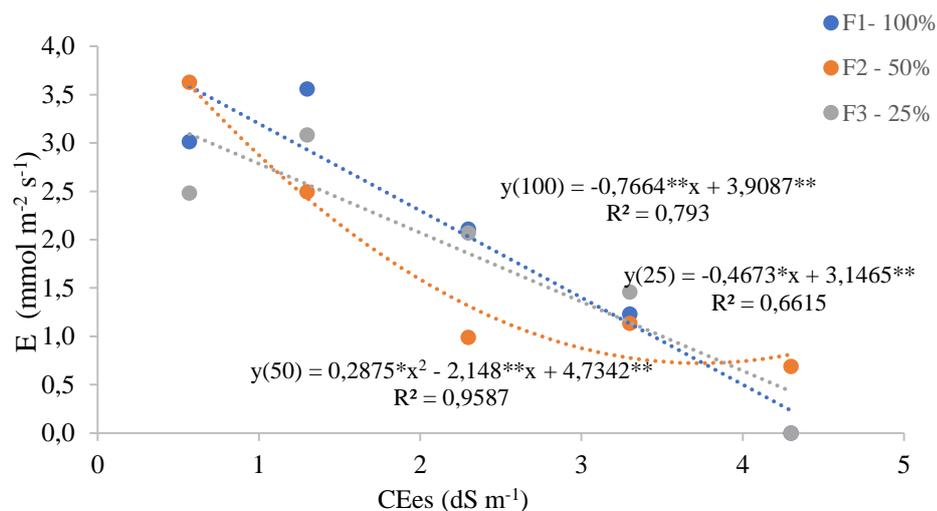
Os resultados obtidos em culturas como as cultivares de girassol, Aguará 4 e Agrobrel 963, submetidas a salinidade, conforme autor Maia (2012), mostram alterações significativas na taxa de fotossíntese nas duas cultivares, com maior valor a 100 μmol m⁻² s⁻¹, porém isto não indica que a planta manteve a taxa assimilatória líquida inalterada, pois nas folhas em que foram feitas as medições não foram observadas diferenças, contudo muitas vezes

as alterações podem estar relacionadas a redução da área foliar como aponta este estudo.

Os resultados encontrados por Andrade (2019), em estudos com clones de *Eucalyptus*, submetidos a solos salinos, para a taxa fotossintética foi redução com o aumento da salinidade do solo. Os clones VC865, I224 e I144 aos 30 DAT apresentaram reduções de 16,58, 22,76 e 33,36%, respectivamente.

Para variável transpiração (E), a interação entre CEes e fertirrigação no segundo ciclo (Figura 15) mostra que o melhor modelo de regressão ajustado foi o linear para a estratégia de fertirrigação F1 e F3, as quais ocorreram decréscimos de 0,7664 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e 0,467 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente para cada aumento unitário da CEes, enquanto o tratamento F2, o modelo de regressão ajustado foi o quadrático, o qual obteve decréscimo de 0,7664 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ na E com aumento unitário da CEes.

Figura 15- Transpiração em função da interação entre salinidade e fertirrigação ciclo 2 para a cultura da rúcula.



** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T

Fonte: Autoria própria, 2022.

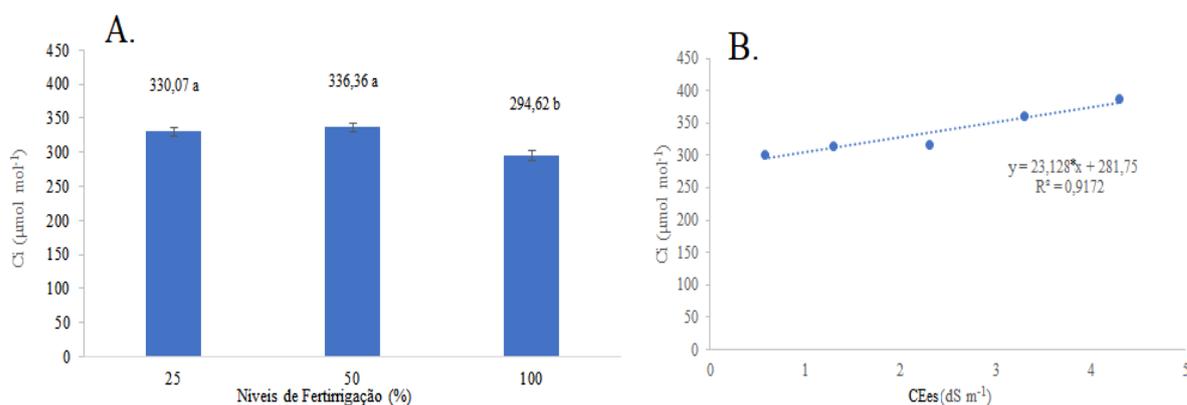
A redução da taxa de transpiração com aumento da salinidade é decorrência conforme Freire *et al.* (2021), do déficit hídrico ocasionado pelo efeito osmótico dos sais, visto que o suprimento de água para a planta é limitado, reduzindo a g_s como forma de regular a água absorvida pelas raízes, conseqüentemente reduzindo a transpiração.

Conforme Prazeres, *et al.* (2015) a redução na taxa de transpiração está também diretamente ligada à diminuição da condutância estomática, e que havendo menores aberturas estomáticas haverá a diminuição da transpiração, com conseqüente aumento da temperatura foliar.

Os resultados obtidos por Maia (2012) em relação à transpiração, aos 30 DAT, demonstraram que os clones de *Eucalyptus* VC865, I224 e I144 tiveram decréscimos de 20,51; 33,39 e 49,68%, respectivamente nos valores de E, a medida em que se aumentou a concentração de NaCl no solo.

No que diz respeito a variável C_i , verificou efeito isolado para os fatores salinidade e fertirrigação no 2º ciclo (Figura 16). Observa-se na figura 16A, que os valores médios da taxa de concentração de CO_2 no 2º ciclo foram semelhantes entre as estratégias F2 e F3, enquanto a estratégia F1 apresentou valores menores ($294,62 \mu\text{mol mol}^{-1}$) do que os demais tratamentos. Em relação a resposta ao fator CEes (Figura 15B), o modelo ajustado foi o linear tendo um acréscimo de $23,128 \mu\text{mol mol}^{-1}$ com aumento unitário da CEes.

Figura 16- Efeito da concentração interna de CO_2 no fator isolado da fertirrigação (A) e salinidade (B) no 2º ciclo de cultivo da rúcula.



letras diferentes entre as médias apresentam diferenças significativas entre si, segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T

Fonte: Autoria própria, 2022.

Conforme explica Taiz *et al.* (2017), maiores valores de g_s favorecem a entrada de CO_2 nos tecidos foliares, aumentando sua concentração interna e, conseqüentemente, a fotossíntese, portanto, os valores observados para cada estratégia de fertirrigação refletem uma concentração de sais maior em F1, reduzindo assim os valores de C_i , contribuindo ainda mais para a salinização do solo e redução de fotoassimilados de maneira indireta devido a baixa atividade nas plantas.

Contudo, na Figura 16B, há um aumento da concentração de CO_2 com incremento da CEes, isto pode indicar baixa atividade da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase. De acordo com Silva *et al.* (2011) tal fato pode ocorrer devido a fatores não estomáticos como a falta de ATP e de NADPH provenientes da cadeia transportadora de elétrons

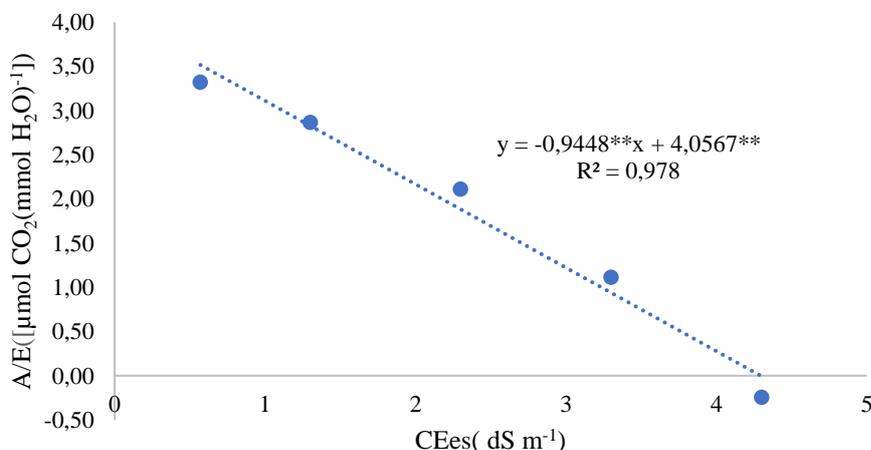
do fotossistema II.

Resultados similares de aumento da concentração de CO₂ com aumento da salinidade foi obtido pelos autores Andrade, *et al.* (2018) avaliando as trocas gasosas em genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina verificaram aumento das concentrações internas de CO₂. Assim como os autores Silva, *et al.* (2014) obtiveram aumento da taxa de CO₂ observado em plantas de citros sob salinidade.

Conforme os autores Brito *et al.* (2018) um dos mecanismos de defesa contra a salinidade, as plantas fecham seus estômatos, e esta resposta normalmente ocorre antes da inibição da fotossíntese, restringindo a disponibilidade de CO₂ nos sítios de assimilação no cloroplasto, sendo considerado o mais importante mecanismo de defesa no controle da fixação do carbono.

A variável eficiência instantânea do uso da água (A/E) foi influenciada pelo fator CEes no 2º ciclo (Figura 17) o modelo de regressão ajustado foi o linear com um decréscimo de 0,944 para cada incremento unitário da CEes.

Figura 17- Efeito da eficiência do uso da água no fator isolado da salinidade no ciclo 2 do cultivo de rúcula.



** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T

Fonte: Autoria própria, 2022.

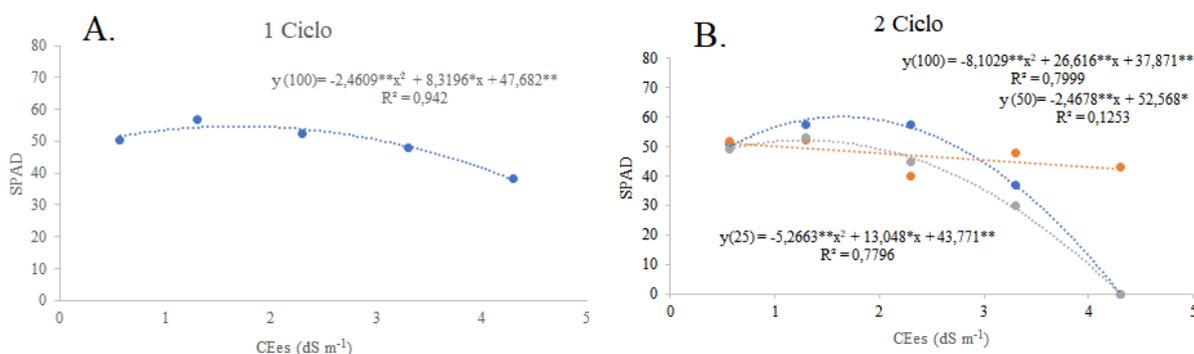
Conforme explica Freire *et al.* (2021), as plantas capazes de aumentar a relação A/E quando expostas ao estresse salino, possivelmente apresentem certa tolerância aos efeitos deste estresse devido a diversos motivos a exemplo da exclusão de íons específicos pelas raízes graças a baixa absorção de água pelas mesmas ou pela produção de compostos orgânicos que auxiliam a regulação osmótica no interior da planta (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Ao analisar efeitos dos mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse

salino em cultivo hidropônico, Silva *et al.* (2014) observaram que a eficiência do uso da água sofreu redução quando submetido a salinidade 4,0 dS m⁻¹, concluindo que uma menor eficiência no uso da água, sob condições de salinidade, pode indicar comprometimento da atividade fisiológica. Segundo Pompelli *et al.* (2010), o incremento nos valores de A/E é justificado pelo fato de que o fechamento estomático afeta mais a saída da molécula de água do que a quantidade de CO₂ fixado.

Para a variável índice de SPAD o modelo de regressão foi quadrático para interação CEes e fertirrigação, para F1, o qual demonstra redução no índice de clorofila com aumento da CEes, no 1º ciclo (Figura 18A) com maiores valores do SPAD na CEes de 1,69 dS m⁻¹, para os demais tratamentos com diferentes estratégias de fertirrigação não foram observados ajustes dos modelos de regressão propostos. No 2º ciclo (Figura 18B) o modelo de regressão foi linear para F2, tendo decréscimo de 2,314 no índice de SPAD para cada incremento unitário da CEes e quadrático para F1 e F3 com maiores valores observados na CEes de 1,64 (F1) e 1,23 (F3) dS m⁻¹.

Figura 18 – Efeitos do índice de SPAD em resposta a interação da salinidade e fertirrigação no cultivo de rúcula no ciclo 1 (A) e ciclo 2 (B).



** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T
 Fonte: Autoria própria, 2022.

Conforme Winder (2018), o teor de clorofila é indicativo da quantidade de nitrogênio presente nas folhas e serve como base informativa para identificação de sua deficiência. A leitura SPAD está relacionada com valores de N aplicados no solo, uma vez que existe correlação positiva entre a leitura SPAD e o teor de N foliar.

Resultados similares foram encontrados por Silva *et al.* (2017), o qual houve decréscimo linear no índice SPAD com o aumento da salinidade, no cultivo de feijão-caupi submetido à salinidade na água de irrigação. Assim como Nascimento *et al.* (2012) e Silva *et al.* (2015) onde trabalhando com cultivares de feijão-caupi e irrigação salina demonstrou

comportamento negativo no índice SPAD com o aumento da salinidade da água de irrigação.

Zanandrea *et al.* (2006) afirmam que as alterações no metabolismo induzidas pelo excesso de íons são consequências de várias respostas fisiológicas na planta, como, modificações no balanço iônico, alterações estomáticas e na capacidade fotossintética. A salinidade promove uma diminuição no conteúdo de clorofila em plantas sensíveis.

Conforme Maia (2012) sob condições salinas há um aumento no fechamento estomático da planta a fim de evitar a perda de água por transpiração, restringindo desse modo a sua capacidade fotossintética, como consequência da redução na absorção de CO₂. Isto pode ser confirmado pela correlação positiva entre as variáveis de trocas gasosas verificadas na rúcula neste estudo, em que as plantas estavam sob estresse hídrico em resposta a alta CEes, o que levou ao fechamento parcial dos estômatos, diminuição da transpiração e queda acentuada da taxa de fotossíntese.

Segundo os autores Cavalcante *et al.* (2011) os sais provocam alterações bioquímicas e fisiológicas nas plantas, onde os teores de clorofilas e carotenoides sofrem alterações, comprometendo a atividade fotossintética e conseqüentemente o crescimento, desenvolvimento e produção vegetal.

4.3 Análise nutricional

Conforme análise de variância (tabela 5), constata-se que no primeiro ciclo de cultivo as variáveis que foram influenciadas pela interação CEes e fertirrigação foram nitrogênio (N) e potássio (K). Já fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), zinco (Zn) e manganês (Mn) sofreram influência de fatores isolados.

Tabela 5. Resumo da análise de variância aplicada às variáveis nitrogênio (N), fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Sódio (Na), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn) e Manganês (Mn) em rúcula sob solo salinizado em função de diferentes níveis de fertirrigação em dois ciclos de cultivo.

FV	Quadrado Médio (1 ciclo)						
	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	3	6,13 ^{NS}	0,30 ^{NS}	121,79 ^{NS}	14,43 ^{NS}	1,92 ^{NS}	5,38 ^{NS}
Fertirrigação	2	56,58 ^{NS}	5,27 ^{**}	434,81 ^{**}	7,11 ^{NS}	0,03 ^{NS}	1,57 ^{NS}
CEes	4	227,93 ^{NS}	0,87 ^{NS}	1229,12 ^{**}	67,11 ^{**}	10,43 [*]	14,75 ^{NS}
F x CEes	8	385,00 ^{**}	0,24 ^{NS}	189,68 [*]	31,65 ^{NS}	3,26 ^{NS}	8,99 ^{NS}
Resíduo	40	101,49	0,75	76,6	16,26	3,13	5,79
CV (%)		41,82	49,07	33,81	36,43	40,75	39,34

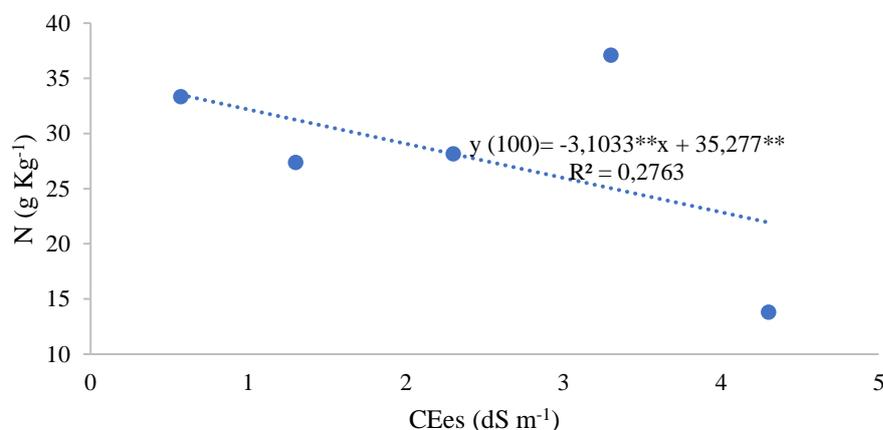
FV						
	GL	Na	Cu	Fe	Zn	Mn
Bloco	3	40,42 ^{NS}	3,45 ^{NS}	10285,80 ^{NS}	183,76 ^{NS}	79,81 ^{NS}
Fertirrigação	2	13,24 ^{NS}	2,40 ^{NS}	184,40 ^{NS}	768,44 ^{NS}	11,83 ^{NS}
CEes	4	328,09 [*]	3,57 ^{NS}	12823,30 ^{NS}	19265,09 ^{**}	675,19 [*]
F x CEes	8	77,98 ^{NS}	4,69 ^{NS}	10028,23 ^{NS}	1232,79 ^{NS}	130,70 ^{NS}

Resíduo	40	113,85	4,17	6091,06	1668,27	179,56
CV (%)		57,84	44,37	57,91	45,4	51,2

* e ** = significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, NS – não significativo.

Verifica-se que para variável N (Figura 19), o modelo de regressão foi linear em resposta a interação CEs e fertirrigação, o qual apresenta um decréscimo de nitrogênio de $3,1033\text{g kg}^{-1}$ na concentração de 100% para cada aumento unitário da CEs. Para as demais estratégias de fertirrigação não foram observados ajustes de modelos de regressão estudados.

Figura 19- Teor de nitrogênio em função da CEs e fertirrigação no cultivo da rúcula no 1º ciclo.

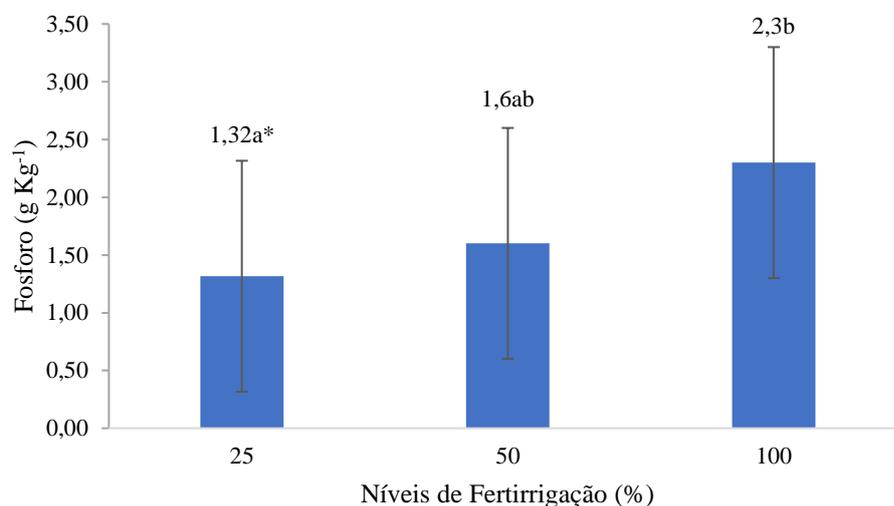


** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T
Fonte: Autoria própria, 2022.

O N é nutriente presente em compostos orgânicos, o qual é constituinte de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, este por sua vez é necessário em maior quantidade. Se ocorre déficit em sua concentração a planta mostra clorose, amarelecimento das folhas e isto levando diminuição de crescimento. (TAIZ; ZEIGER, 2013). Conforme o presente trabalho, observou-se uma diminuição no nível de absorção de N pela planta, tal fato pode ter influenciado em muitos processos fisiológicos, como síntese proteica e fotossíntese (SILVA, 2017).

Verificou-se que para variável P (Figura 20), os valores médios de fosforo em função das estratégias de fertirrigação estudadas, diferiram estatisticamente conforme teste de Tukey a 5% de probabilidade. A adição de P_2O_5 na estratégia F1 promoveu maior absorção de P nas plantas, contudo os valores observados em F1 se assemelham aos aplicados em F2, o que demonstra a dificuldade das plantas em absorverem nutrientes em ambientes salinizados, já que uma maior adição de P não foi necessariamente absorvido pelas plantas mesmo sendo a dose recomendada.

Figura 20 - Efeito do nível de fosforo no fator isolado da fertirrigação no ciclo 1 do cultivo da rúcula.



*letras diferentes entre as médias apresentam diferenças significativas entre si, segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria, 2022.

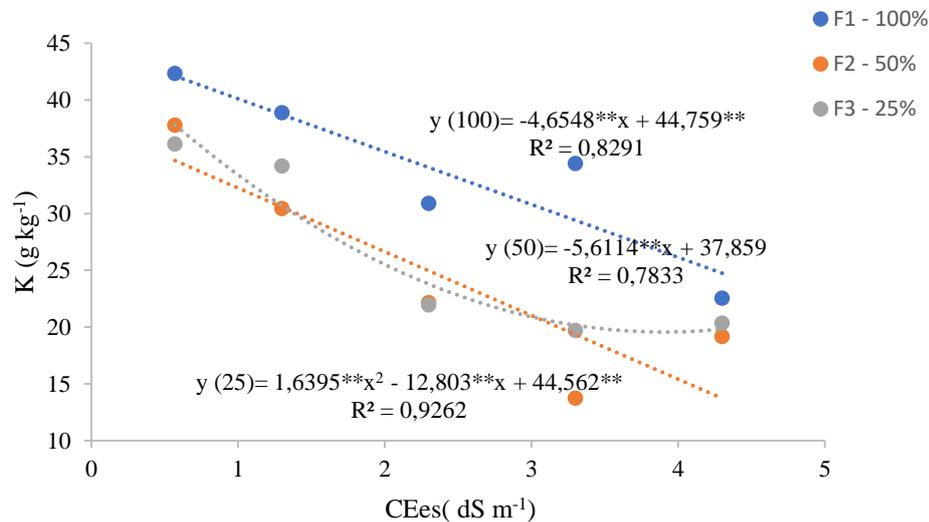
Para Oliveira *et al.* (2010), em estudos com cultivo de rabanete interagido com salinidade e fosforo, observaram que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação afetou os níveis de fosforo no rabanete tendo maior efeito na condutividade de 5,0 dS m⁻¹, em comparação com os valores obtidos na menor CE 0,5 dS m⁻¹.

O fosforo tem função em todos os metabólitos relacionados com aquisição, estocagem e utilização de energia, como: açúcares fosfatados, adenosinas fosfatadas, nucleotídeos e ácidos nucléicos (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Segundo os autores Taiz *et al.* (2013), a assimilação de fosfato pelas raízes através de um transportador H⁺ HPO₄²⁻ do tipo simporte, o qual tem como principal entrada nas rotas de assimilação é durante a formação de ATP. A redução nos níveis de fosforo na planta implica redução no crescimento, além de retardo na maturação da planta.

Para variável K (Figura 21), o modelo de regressão foi linear em resposta a interação CEes e fertirrigação, para F1 e F2, o qual apresenta um decréscimo de 4,654g kg⁻¹ e 5,611kg⁻¹ de potássio respectivamente para cada aumento unitário de CEes. Na estratégia F3, o modelo de regressão foi quadrático mostrando redução de potássio com aumento da CEes.

Figura 21- Efeito do nível de potássio em função da salinidade e fertirrigação no cultivo da rúcula no primeiro ciclo.



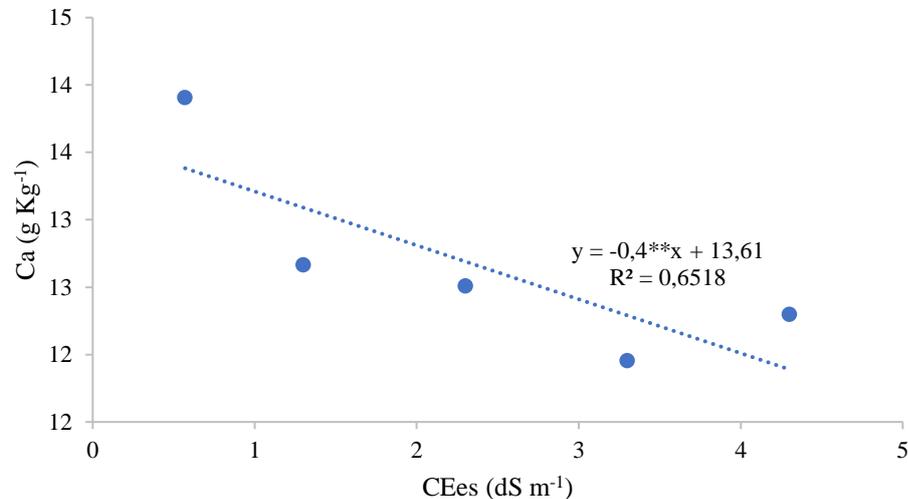
** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T
Fonte: Autoria própria, 2022.

O K é um dos elementos relacionados ao controle osmótico da célula ativador de numerosas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese. Absorção intracelular de íons é um componente importante do ajustamento osmótico necessário para a adaptação a condições de salinidade (DIAS, 2018).

O resultado encontrado pelos autores Cordeiro *et al.* (2019) para rúcula em solução nutritiva salinizada enriquecida com nitrato de potássio em fibra de coco foi que ocorre um decréscimo no nível de potássio na cultivar Cultivada em relação ao Folha larga. Os baixos níveis de potássio, causado pelo aumento na concentração de sódio na solução nutritiva, podem causar desregulação do mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, como também comprometer a ativação da enzima carboxilativa do ciclo de Calvin na fase bioquímica da fotossíntese, ocasionando limitações fotossintéticas e conseqüentemente menores crescimentos de planta (PRADO, 2008).

Para a variável Ca (Figura 22) a resposta ao fator isolado CEes foi modelo de regressão linear com decréscimo de 0,4 g kg⁻¹ de Ca com aumento da CEes no primeiro ciclo.

Figura 22- Efeito do nível de cálcio no fator isolado da salinidade no ciclo 1 do cultivo da rúcula.



** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T
 Fonte: Autoria própria, 2022.

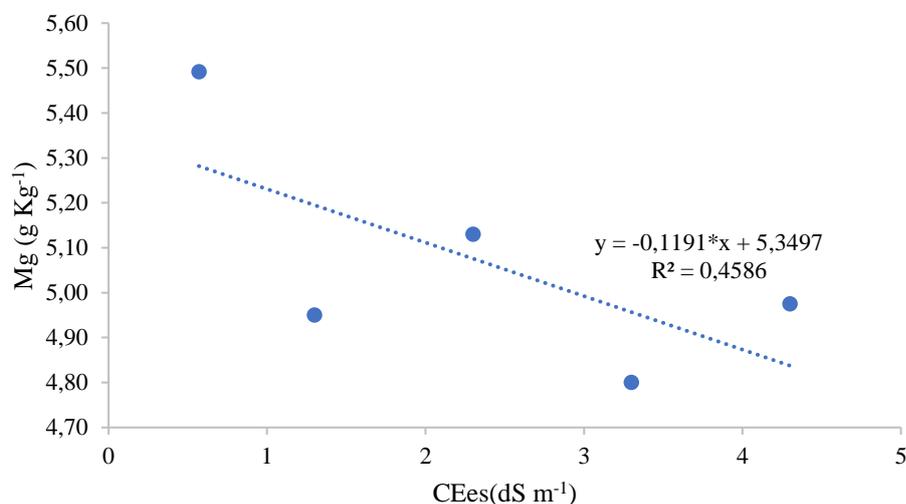
O resultado obtido por Leonardo (2003) no cultivo do pimentão em estresse salino fertirrigados, são semelhantes aos apresentados nesta pesquisa, onde ocorreu uma diminuição da concentração de Ca com aumento da CE de 4,5 dS m⁻¹. Como no presente trabalho, estes autores observaram uma redução no nível de Ca em condições salinas, possivelmente, isto ocorre por conta da redução na disponibilidade de água, em função de ajustamento osmótico (SOUZA *et al.*, 2020).

Conforme autores como Epstein *et al.* (2006), o Ca é essencial para integridade da membrana plasmática das células vegetais, na seletividade do transporte de íons. Alterações das concentrações dos nutrientes na solução do solo irá alterar equilíbrio nutricional dentro das células levando a alterações fisiológicas.

Segundo Alvarenga (2018), a concentração de Na⁺ eleva-se no citosol, ocorrendo alterações na absorção e no metabolismo do Ca, o qual é substituído em membranas e paredes celulares, afetando a permeabilidade e elasticidades delas, respectivamente.

Para a variável magnésio (Figura 23) a resposta ao fator CEes foi o modelo de regressão linear com decréscimo de 0,119 g kg⁻¹ de Mg com o incremento unitário da CEes no 1º ciclo da cultura.

Figura 23- Efeito do nível de magnésio no fator isolado da salinidade no 1º ciclo do cultivo da rúcula.



** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T
 Fonte: Autoria própria, 2022.

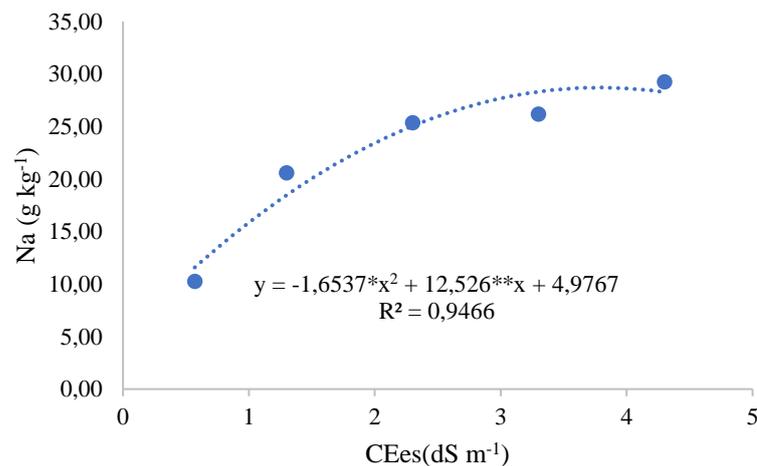
Para Becari (2015), em trabalho sobre o cultivo da rúcula submetida diferentes condições de estresse hídrico, estes autores observaram que para os teores de Mg a maior quantidade de água aplicada no solo (120% da umidade na capacidade de campo) resultou em menor valor deste nutriente. O íon de Mg^{+2} está presente na ativação de enzimas na fotossíntese, respiração e síntese de DNA e RNA.

Para a variável Na (Figura 24), o modelo de regressão ajustado foi linear em função do fator isolado CEes, o qual apresentou um acréscimo de $4,4887 \text{ mg kg}^{-1}$ de Na para cada aumento unitário da CEes. Conforme Epstein, (2006) alta concentração interna de sais é devido as paredes celulares e vacúolos contêm essas altas concentração de sais, e o citoplasma que absorve sais se ajusta osmoticamente pela síntese de osmólitos orgânicos, por um aumento no sequestro de potássio. Esse sistema falhando a planta sofre danos e pode sucumbir. Esse aumento de sódio com incremento de salinidade relaciona uma ausência de exclusão do sódio após processo de absorção, com isso o transporte deste cátion pela corrente transpiratória resultando acúmulo na parte aérea. Alta concentração nos tecidos torna-se toxico a planta alterando.

Conforme os resultados obtidos por Maggio *et al.* (2007), o cultivo do tomate ao estresse salino obteve aumento na concentração de Na^{+} nas folhas maduras do que nas jovens de até $7,8 \text{ dS m}^{-1}$. O estresse salino conduz ao aumento de Na^{+} com consequente diminuição

de K^+ , tanto nas folhas quanto nas raízes visto que uma satisfatória razão entre K^+/Na^+ é vital para ativar reações bioquímicas catalisadas por enzimas no citosol e manter o crescimento das plantas (WAKEEL, 2013).

Figura 24- Efeito do nível de sódio no fator isolado da salinidade no primeiro ciclo do cultivo da rúcula.



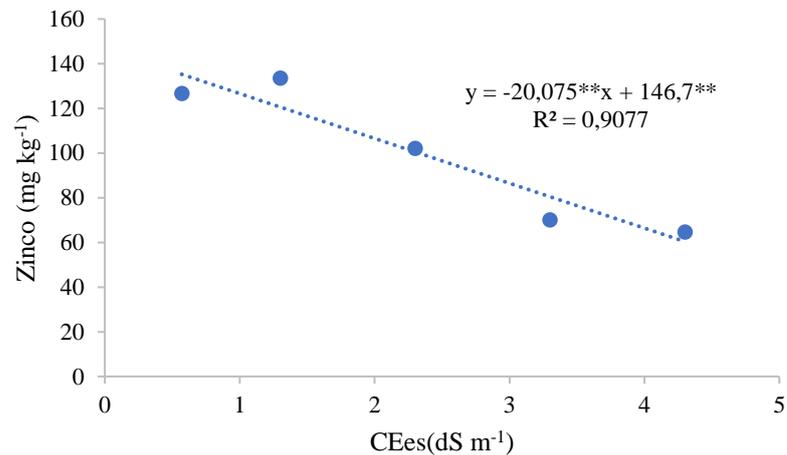
** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T

Fonte: Autoria própria, 2022.

Segundo autor Andrade (2019) pelo fato do íon K^+ está em baixa concentração em solos salinos acontece uma competição entre os íons de Na^+ e K^+ através de um mecanismo que envolve transportadores de membranas de baixa afinidade, implicando assim numa maior absorção do Na^+ .

Para a variável Zn (Figura 25), o modelo de regressão foi linear em função do fator isolado CEes, o qual apresentou um decréscimo de $20,075 \text{ mg kg}^{-1}$ de Na com aumento unitário da CEes. Segundo Becari (2015), o Zn está ligado ao metabolismo de N na planta, já que está correlacionado com a atividade da nitrato redutase (NR), além de ser constituinte dos ribossomas e da RNA polimerase. Segundo ainda este autor, a deficiência ou toxicidade de Zn, ocorre inibição da NR, ocasionando diminuição na concentração de N, levando a reduzir a incorporação de N nos aminoácidos e proteínas.

Figura 25- Efeito do nível de zinco no fator isolado da salinidade no ciclo 1 do cultivo da rúcula.



** e *: significativo a 1 e 5% de pelo teste T
 Fonte: Autoria própria, 2022.

Segundo White e Brown (2010), o Zn pode provocar redução no crescimento das plantas na maioria de culturas quando estes têm concentrações foliares superiores a 100 mg kg⁻¹ de Zn. Conforme os valores recomendados para a cultura da rúcula, segundo Trani *et al.* (2014) para teores adequados de macronutrientes nas folhas são: nitrogênio (40-50 g kg⁻¹), fósforo (3-8 g kg⁻¹), potássio (30-70 g kg⁻¹), cálcio (20-40 g kg⁻¹), magnésio (4-7 g kg⁻¹) e enxofre (4-9 g kg⁻¹) e micronutrientes são: boro (25-60 mg kg⁻¹), cobre (5-20 mg kg⁻¹), ferro (100-300 mg kg⁻¹), manganês (50-160 mg kg⁻¹) e zinco (45-80 mg kg⁻¹).

O presente trabalho obteve diminuição nos níveis recomendados de macronutrientes, das folhas de rúcula submetidas ao cultivo em solo salinizado, o qual a partir da CEes de 2,3 dS m⁻¹ ocorreu redução dos níveis de potássio, enquanto o nitrogênio, fósforo e cálcio foram baixos em todos os níveis de salinidade, como mostrado anteriormente nos gráficos. Conforme autor Alvarenga (2018) as elevadas concentrações de íons específicos, sobretudo Na⁺ e Cl⁻, podem provocar desequilíbrio nutricional nas plantas, sendo frequente a deficiência de íons como K⁺, Ca, Mg, P e NO₃⁻.

5 CONCLUSÃO

O uso da fertirrigação através da redução de fertilizantes como estratégia mitigadora dos efeitos da salinidade no solo, no presente experimento, não reduziu os impactos causados pelo excesso de sais nas variáveis de produção.

Os resultados da pesquisa permitiram concluir que valores de CEes superiores a 2,3 dS m⁻¹ prejudicam o desenvolvimento e conseqüente a produtividade da cultura da rúcula, independentemente da estratégia de fertirrigação utilizada, apontando, portanto, para uma estratégia com menor uso de fertilizantes.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J.R., MAIA JÚNIOR, S.O., SILVA, R.F.B., BARBOSA, J.W.S., NASCIMENTO, R., ALENCAR, A.E.V. Trocas gasosas em genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.12, n. 3, p.2653-2660, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.7127/rbai.v12n300829>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- ANDRADE, J. R. **Bioquímica e Ecofisiologia de clones de *Eucalyptus* submetidos à salinidade do solo na fase inicial de crescimento**. 2019. 100p Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.
- ALVARENGA, C. F. de S. **Crescimento e fisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob adubação nitrogenada e potássica**. 2018. 57p. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.
- ALVES, C. Z. **Metodologias para avaliação do potencial fisiológico de sementes de rúcula**. Ilha Solteira. 2007. 76 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia. Ilha Solteira. 2007.
- BASTOS, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; ANDRADE JÚNIOR, A.; CARDOSO, M. J.et al. Parâmetros de crescimento do Feijão caupi sob regimes hídricos. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande Jaboticabal, v.22, n.1, p.43-50, 2002.
- BECARI, G. R. G. **Eficiência do uso da água e parâmetros nutricionais na cultura da rúcula submetida a diferentes condições de estresse hídrico**. 2015. 103f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu. 2015.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 Ed. Viçosa: UFV, 2009. 625p.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9 Ed. Viçosa, MG: UFV, 2019, 545 p.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V.; HENRIQUES NETO, D. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: I. Concentração de nutrientes no solo e na planta **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, p.26-33, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/dDZJPgfYhgQcJQ4zRFTj8hf/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 2 out. 2021.
- BRANDÃO, R. C. **Diferentes níveis de salinidade e sua influência sobre a produção de rúcula (*Eruca sativa*)**. 2018. 35p. Monografia. (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2018.
- BRITO, M. E.; SOARES, L. A.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D.; SILVA, E. C.; SÁ, F. V.; SILVA, L. A. Emergence and morphophysiology of Sunki mandarin and other citrus genotypes seedlings under saline stress. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v. 16, n. 1, p. 0801, 2018. Disponível em: <https://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/view/9400/3921>. Acesso em: 4

nov. 2021.

CADAHIA, C. **Fertirrigación:** cultivos hortícolas y ornamentales. Madrid: Mundi-Prensa, 3. ed. Madrid: Mundi-Persa, 2005. 681p.

CAVALCANTE, L. F.; DIAS, T. J.; NASCIMENTO, R.; FREIRE, J. L. O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 699-705, 2011.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/PLZtBVCP3WxhxqbrpkbTQ5N/abstract/?lang=pt>
Acesso em: 12 fev. 2021.

CORDEIRO, C. J. X.; NETO, J. S. DE. L.; OLIVEIRA DE, M. K. T.; ALVES, F. A. T.; MIRANDA, F. A. DA. C.; OLIVEIRA DE, F. A. DE. Cultivo de rúcula em fibra de coco utilizando solução nutritiva salinizada enriquecida com nitrato de potássio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 3212, 2019. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/e77d05ce49c947ea0ae04717941ee9be/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2033446>. Acesso em: 25 mar. 2021.

DIAS, M. dos S. **Crescimento da cultura da rúcula sob diferentes substratos e níveis de água salina**. 2018. 39p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2018.

DIAS, M. DOS S.; REIS, L. S.; DOS SANTOS, R. H. S.; DE ALMEIDA, C. A. C.; PAES, R. DE A.; DE ALBUQUERQUE, A. W.; DA SILVA, F. DE A. Crescimento de plantas de rúcula em substratos e níveis de salinidade da água de irrigação. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.15, n.4, p. 22-30. 2019. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2865/2803>. Acesso em: 17 mar. 2021.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. D.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014. 230p.

ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.2, p.83-89, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119017336014.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2006. 306p.

ENSINAS, S. C.; MONACO, K. A. DE.; BORELLI, A. B.; SCALON, S. Q.; SILVA DA, E. F. Fertirrigação na formação de mudas de rúcula em diferentes substratos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 12, n. 3, p. 238-246, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5219/3394>. Acesso em: 16 nov. 2021.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 387p.

FERREIRA, C. A.; SANTA'ANNA, W.; CAMPO, A.; COSTA, M. F. **Métodos de análise de tecidos vegetais**. 21. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh/abstract/?lang=en>. Acesso em: 9 dez. 2021.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2000. 295p.

FONTES JÚNIOR, ROBERTSON V. P.; MONTENEGRO, A. A.A.; MONTENEGRO, S. M. G.L.; DOS SANTOS, T. E.M. Estabilidade temporal da potenciometria e da salinidade em vale aluvial no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 1188-1197, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/BBtwL74pvhsQvSyFDxRHyfD/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 10 dez. 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**, Grande Dourados, v. 14, n. 51, p. 61-70, 2021. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/11958>. Acesso em: 12 jan. 2022.

GARCIA, A. C. **Supressão e frequência da irrigação na cultura de abobrinha**. 2015. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2015.

GHEYI, Hans Raj; DA SILVA DIAS, N.; DE LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2 ed. Fortaleza: INCTSal, 2010.

GONÇALVES, S. A. S.; **Efeito do hidrossfriamento na conservação pós-colheita de hortaliças folhosas**. 2013. 95p. Tese. (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia. Ilha Solteira. 2013.

HANSON, B.; ORLOFF, S. Double yield with half the water: Is it possible. In: ALFAFA SYMPOSIUM, DAVIS, **Proceedings...** Davis: University of Califórnia, p.75-87, 1998. Disponível em: <https://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/?yr=1998>. Acesso em: 10 fev. 2022.

HOLANDA, S. JR.; DE ARAUJO, F. S.; GALLAO, M. I.; MEDEIROS FILHO, S. Impacto da salinidade no desenvolvimento e crescimento de mudas de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Miller) HE Moore). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 47-52, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/RzbzBCprDW8mLPNZJQNLYtL/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 5 dez. 2021.

JESUS, C. G. **Estresse salino em rúcula (*Eruca sativa* Mill.) hidropônica: aspectos fisiológicos, bioquímicos e nutricionais**. 2011. 73p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife,

2011.

LANA, M. M.; TAVARES, S. A. 2010 **50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 209p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 2 ed. São Carlos: RiMa, 2000. 531p.

LEONARDO, M. **Estresse salino induzido em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) fertirrigadas e seus efeitos sobre a produtividade e parâmetros bioquímicos**. 2003. 118p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Botucatu, 2003.

MACEDO, D. C DE. **Doses de N-ureia e de esterco bovino na qualidade nutricional da rúcula em consórcio com a alfaca**. Jaboticabal. 2012, 91 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Jaboticabal, 2012.

MAGGIO, A.; RAIMONDI, G.; MARTINO, A.; PASCALE, S. Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdã, v. 59, n. 3, p. 276–282, 2007.

Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847206000219?casa_token=_5FcATJmRq0AAAAA:VxgDe_Ei-fqJVeZDv-IPnL4ITvX5ZBC1EPPZ91a3NhTBywje68Olc0Q7OW3gLZLHw8NEfs7YeQ. Acesso em: 9 nov. 2021.

MAIA, F. M. A. **Respostas fotossintéticas e relações hídricas de cultivares de girassol submetidas à salinidade**. 2012. p Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Pró - Reitoria de Pós - Graduação e Pesquisa, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Rio Verde, 2012.

MAJOR, I.; SALES, J. C. **Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável**. 2012. Disponível em <<http://www.fdr.com.br/mudancasclimaticas/index.php>> acessado em 16 de junho de 2021.

MATSUZAKI, R. T. **Quelatos de ferro afetam o crescimento e a produção de rúcula cultivada em sistema hidropônico**. 2013. 66p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2013.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S. do; MELO, W. J. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C (Ed). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica / Embrapa Solos**, p. 191-234. 2009.

MOREIRA NETO, A. **Cultivo de plantas de rúcula sob níveis de salinidade da água de irrigação**. 2020. 39f. Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2020.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, Nova Jersey, v.167, n.3, p.645-663. 2005. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1469-8137.2005.01487.x>. Acesso em:

12 mai. 2021.

NASCIMENTO, R.; NASCIMENTO, D. A. M.; SILVA, D. A.; ALVES, A. G. Índice SPAD e partição de biomassa em plantas de feijão-caupi submetidos ao estresse salino. **Revista Educação Agrícola Superior**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 128-132, 2012. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/181-abeas/v27n02/805-v27n02a09.html>. Acesso em: 23 jun. 2021.

NAWAZ, N. HUSSAIN, K.; MAJEED, A.; KHAN, F.; AFGHAN, S.; ALI, K. Fatality of salt stress to plants: Morphological, physiological and biochemical aspects. **African Journal Biotechnology**, v.9, n.34, p. 5475-5480. 2010. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/92097>. Acesso em: 8 agos. 2021.

OLIVEIRA, F. R. A.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; SOUSA, V. F. L.; FREIRE, A. G. Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 519-526, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/LVsPgZ9q4tvXm7zZ6yqtGHL/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 5 jan. 2022.

OLIVEIRA DE, F. de A.; MEDEIROS DE, J. F.; DUARTE, S. N.; SILVA JUNIOR DA, M. J.; CAMPELO, C. M. Calibração de extratores providos de cápsula porosa para monitoramento da salinidade e da concentração de íons. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 520-528, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/bVvYTTjPsdC48Q4bgYzvbZy/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 28 set. 2021.

OLIVEIRA, J. M de. **Fertirrigação na cultura da rúcula (*Eruca sativa miller*) conduzida em ambiente protegido**. 2013. 55f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2013.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. T.; SANTOS, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/view/16544>. Acesso em: 21 out. 2021.

POMPELLI, M. F.; BARATA-LUÍS, R.; VITORINO, H. S.; GONÇALVES, E. R.; ROLIM, E. V.; SANTOS, M. G.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERREIRA, V. M.; LEMOS, E. E.; ENDRES, L. Photosynthesis, photoprotection and antioxidant activity of purging nut under drought deficit and recovery. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam v. 34, n. 8, p. 1207-1215, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0961953410001066>. Acesso em: 20 set. 2021.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. 1 ed. São Paulo: UNESP, 2008. 407p.

PRAZERES, S. S.; LACERDA DE, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAUJO, I. C. DA SILVA.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015. Disponível em: <http://revista.ufr.br/agroambiente/login?source=%2Fagroambiente%2Farticle%2Fview%2F2>

161. Acesso em: 9 fev. 2022.

RADI, A. F.; HEIKAL, M. M.; ABDEL-RAHAMAN, A. M.; EL-DEEP, B. A. A. Interactive effects of salinity and phytohormones on growth and plants water relations parameters in maize and sunflower plants. **Acta Agronomica Hungarica**, Budapest, v.38, p.271-282, 1989.

REIS, L. S.; DIAS, M. DOS S.; OLIVEIRA DE, B. R. DA S.; DA SILVA, J. F. B.; DA SILVA, V. M.; DOS SANTOS, R. H. S. Efeito da irrigação com água salina na cultura da rúcula em cultivo orgânico. **Revista Ambientale**, Maceió, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2018. Disponível em: <https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/article/view/40>. Acesso em: 19 nov. 2021.

REGHIN, M.Y.; OTTO, R.F.; VAN DER VINNE, J. Efeito da densidade de mudas por célula e do volume da célula na produção de mudas e cultivo da rúcula. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.2, p. 287-295, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/c6RVrPGQF7j3XxZNz9Bt5Ww/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 8 fev. 2020.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. 2 ed. Washington: United State Salinity Laboratory, 1954. 160p. USDA, Agriculture Handbook, 60. 1954.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ, V. H. (eds.). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, p.165-208. 2003. Disponível em: http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000126&pid=S1415-4366200800060000400017&lng=pt. Acesso em: 5 mar. 2020.

SALA, F. C.; ROSSI, F.; FABRI, E. G.; RONDINO, E.; MINMI, K.; COSTA, C. P. Caracterização varietal de rúcula. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, **Anais [...]**. Brasília: ABHorticultura, 2004. 6p. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44_303.pdf. Acesso em: 10 mar. 2020.

SANTOS, P. R. **Germinação, vigor e crescimento de duas cultivares de feijoeiro em soluções salinas**. 2006. 48f. Dissertação (Mestrado em Solos e nutrição de plantas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2006.

SANTOS, R.S. DA S.; DIAS, N. DA S.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. DE S. Uso de águas salobras na produção de rúcula cultivada em substrato de fibra de coco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 113-118, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237123860017.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2020.

SANTOS, R. H. S.; DIAS, M. S.; SILVA, F. A.; SANTOS, J. P. O.; REIS, L. S.; TAVARES, C. L.; OLIVEIRA, I. V. G.; SANTOS, H. R.; SANTOS, S. C. Adubação foliar na cultura do rabanete cultivado sob estresse salino. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, Itajubá, v. 9, n. 7, p. e889974859, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/4859>. Acesso em: 29 out. 2020.

SCALON, V. R.; SOUZA, V. C. **Brassicaceae**. In: WANDERLEY, M.G.L. et. al. Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo. Instituto de Botânica, São Paulo, v. 2, 57- 64p. 2002.

SILVA, J. K. M.; OLIVEIRA, F. A.; MARACAÇA, P. B.; FREITAS, R. S.; MESQUITA, L. X. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/826>. Acesso em: 27 nov. 2021.

SILVA, A. O.; BASSOI, L. H.; SILVA, D. J. Nitrate and potassium movement in a sandy loam soil cultivated with fertigated grapevine (*Vitis vinifera* /L.) in the Brazilian semiarid. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, p. 1-14, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/xLYbfSzHvqPBw4CpC7Jdxhf/abstract/?lang=en>. Acesso em: 15 jan. 2022.

SILVA, A. O.; SILVA, Ê.F. F.; KLAR, A.E. Acúmulo e exportação de macronutrientes em beterraba sob diferentes manejos de fertirrigação e salinidade. **Bragantia**, Campinas, p. 125-134, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/fKRFPWDgbK7KSHb994qn9cf/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 16 jan. 2022.

SILVA, A. O.; SILVA, D. J. R.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido - PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, p.147-155, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119018527021.pdf>. Acesso em: 19 out. 2020.

SILVA, E. N. D., RIBEIRO, R. V., FERREIRA-SILVA, S. L., VIÉGAS, R. A., SILVEIRA, J. A. G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 1, p. 62-68, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/8nv5WcVHFHJTLVzzLc9PcJk/abstract/?lang=en>. Acesso em: 11 agos. 2020.

SILVA, A. O. A Fertirrigação e o processo de salinização de solos em ambiente protegido. **Nativa**, Sinop, v. 2, p. 180-186, 2014. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1727>. Acesso em: 5 jun. 2020.

SILVA, A. O. **Fertirrigação e controle da salinidade no cultivo de beterraba em ambiente protegido**. 2012. 157f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2012.

SILVA, A. O.; KLAR, A. E.; SILVA, E. F. de F.; TANAKA, A. A.; JUNIOR, J. F. S. Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, p. 1143-1151, 2013a. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/D7KP7VwJDGSWrwymWWMJY9b/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 8 dez. 2021.

SILVA, A. O.; SILVA, Ê. F. F.; KLAR, A. E. Yield of beet cultivars under fertigation management and salinity control in a protected environment. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 76, p. 463-470, 2016. Disponível em:

https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-58392016000400010&script=sci_arttext. Acesso em: 11 jan. 2022.

SILVA, F. V.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. DE S.; DIAS, N. DA S.; SANTOS, R. S. DA S.; MEDEIROS, P. R. F. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 3, p. 476-482, 2013b. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v8i3a1689>. Acesso em: 16 out. 2020.

SILVA, L. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 1-7, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/xrdgRK4KGZS89jbzwbngNGSH/?format=html&stop=previous&lang=pt>. Acesso em: 17 ago. 2020.

SILVA, T. C. DA; BEZERRA, F. M. L.; PEREIRA FILHO, J. V.; CHAGAS, K. L.; DO Ó, L. M. G.; SILVA, A. R. A. DA. **Crescimento inicial e Índice SPAD de cultivares de feijão-caupi submetidas a estresse hídrico e salino**. In: III Inovagri International Meeting, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2015. Disponível em: https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2017/agronomia/133_%C3%ADs%edgdfs%C3%A0sn%C3%A1di.pdf. Acesso em: 14 jan. 2022.

SILVA, P. H. S. 2017. **Adubação nitrogenada em rúcula: efeitos no crescimento, produtividade e nutrição**. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos solos) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal. 2017.

SILVA, J. Fertirrigação monitorada por extratores de solução. **Embrapa Hortaliças-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)** p 8-10, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/187113/1/digitalizar0118.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2021.

SILVA, B. E. P.; COSTA, A. V. L.; SIMMI, F. Z.; REOLON, F.; DEUNER, S. Parâmetros fisiológicos e fotossintéticos de aveia branca submetidos à salinidade. **Revista Científica Rural**, Bagé-RS, v. 21, n. 1, p. 60-71, 2019. Disponível em: <http://ediurcamp.urcamp.edu.br/index.php/RCR/article/view/303/0>. Acesso em: 2 fev. 2022.

SOARES, K. R. M. **Efeito de diferentes doses de composto fermentado tipo bokashi na produção de rúcula**. 2018, 45p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2018.

SOUZA, C. A.; SILVA, A. O.; LACERDA, C. F.; SILVA, Ê. F. F.; BEZERRA, M. A. Physiological responses of watercress with brackish water and different circulation times of the nutrient solution. **Semina-Ciências Agrárias**, Londrina, v. 41, p. 2555-2569, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/5rDHKTmRtCYz5Sdh6jRmtTn/abstract/?lang=en>. Acesso em: 29 mar. 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ed. Editora Artmed. 2013. 918p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. Ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2017. 858p.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, Oxford, v.91, n.5, p. 503-527, 2003. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/91/5/503/157102?login=false>. Acesso em: 7 jan. 2022.

TRANI, P. E.; PURQUERIO, L. F. V.; FIGUEIREDO, G. J. B.; TIVELLI, S. W.; BLAT, S. F. Calagem e adubação da alface, almeirão, agrião d'água, chicória, coentro, espinafre e rúcula. Campinas: IAC, 2014. 16p. (IAC. **Informações tecnológicas**, 97). 2014. Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/97.pdf. Acesso em: 15 fev. 2021.

USDA – United States Department of Agriculture. **National nutrient database for standard**: release 17. 2004. Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=349687>. Acesso em: 19 Dez. 2021.

VIEIRA FILHO, P. S.; OLIVEIRA DE, G. Q.; BISCARO, G. A. MOTOMIYA, A. V. DE A.; GEISENHOF, L. O. Fertirrigação com nitrogênio na cultura da rúcula. **Agrarian**, Grande Dourados, v. 10, n. 38, p. 304-310, 2017. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/4138>. Acesso em: 17 set. 2021.

WAKEEL, A. Potassium-sodium interactions in soil and plant under saline-sodic conditions. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Nova Jersey, v. 176, n. 3, p. 344-354, 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jpln.201200417>. Acesso em: 25 mar. 2020.

WHITE, P. J.; BROWN, P. H. Plant nutrition for sustainable development and global health. **Annals of Botany**, Oxford, v. 105, n. 1, p. 1073–1080, 2010. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/105/7/1073/149237?login=false>. Acesso em: 9 out. 2020.

WINDER, A. R. DA S. **Lâminas de irrigação na cultura da rúcula na região do cerrado**. 2018. 62p. Dissertação (Mestrado em Irrigação) –Pró – Reitoria de Pesquisa, Pós – Graduação e Inovação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Ceres, 2018.

ZANANDREA, I., NASSI, F. L., TURCHETTO, A. C., BRAGA, E. J. B, PETERS, J. A, BACARIN, M. A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n.2, p.157-161, 2006. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/4512>. Acesso em: 23 nov. 2021.

ZENG, L.; SHANNON, M. C.; LESCH, S. M. Timing of salinity stress affects rice growth and yield components. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.48, p.191-206, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377400001463?via%3Dihub>. Acesso em: 13 set. 2021.