

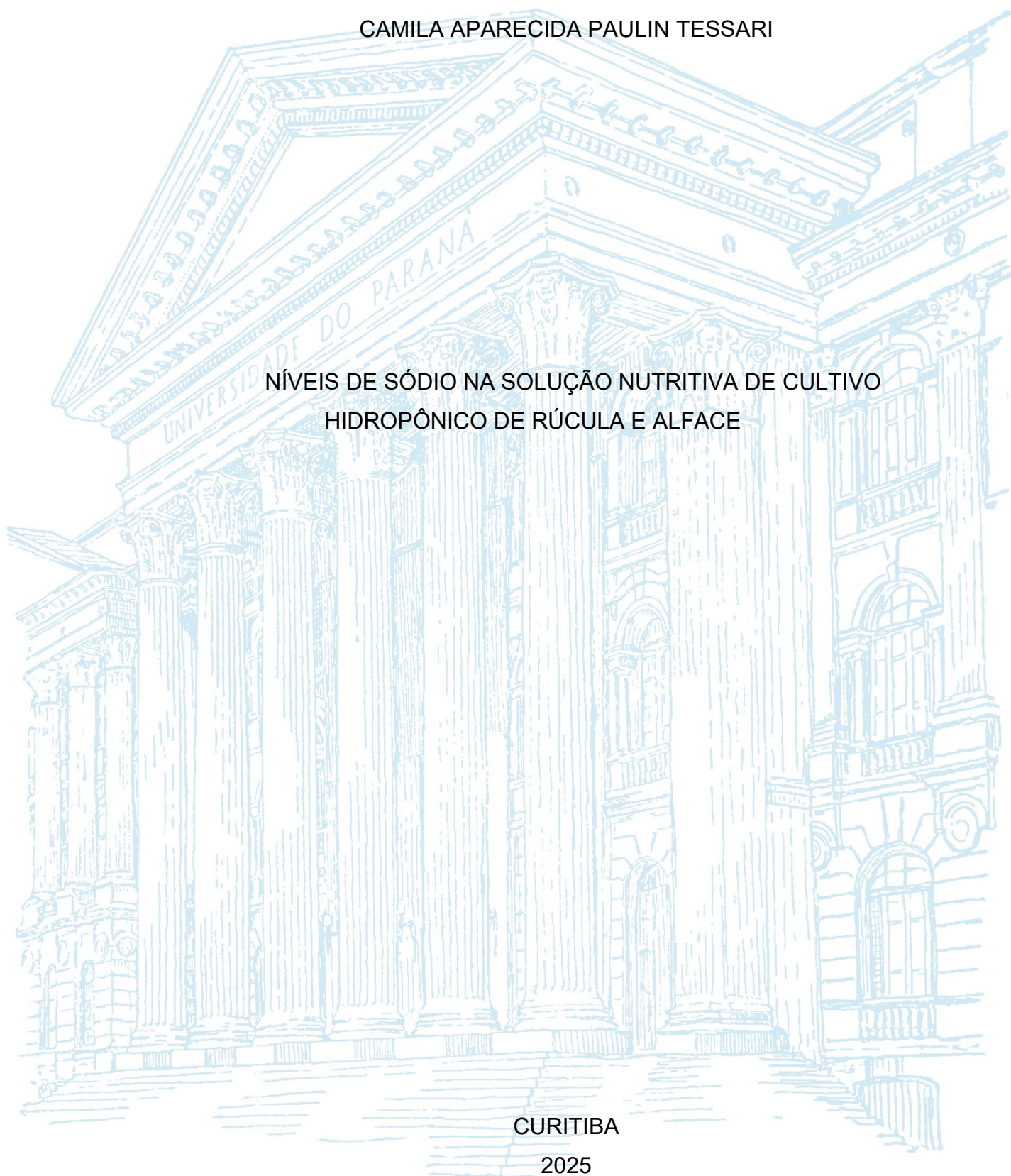
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAMILA APARECIDA PAULIN TESSARI

NÍVEIS DE SÓDIO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA DE CULTIVO
HIDROPÔNICO DE RÚCULA E ALFACE

CURITIBA

2025



Camila Aparecida Paulin Tessari

NÍVEIS DE SÓDIO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA DE CULTIVO
HIDROPÔNICO DE RÚCULA E ALFACE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Setor de Ciência Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

CURITIBA

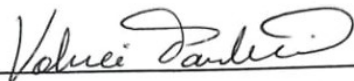
2025

TERMO DE APROVAÇÃO

CAMILA APARECIDA PAULIN TESSARI

NÍVEIS DE SÓDIO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA DE CULTIVO HIDROPÔNICO DE RÚCULA E ALFACE

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro(a) Agrônomo(a) no Curso de Graduação em Agronomia, pela seguinte banca examinadora:



Orientador Professor Volnei Pauletti

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola
Setor de Ciências Agrárias



Professor(a) Jair Augusto Zanon

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola
Setor de Ciências Agrárias



Professora Carolina Smanhotto Schuchovski

Department of Biological Sciences
Kent State University

Curitiba, 09 de julho de 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por ter me concedido saúde e força ao longo destes anos de graduação, sua presença me deu sabedoria e coragem para tomar decisões importantes.

Aos meus pais, Fabiana e Valdir que sempre foram meu alicerce, me apoiando e me incentivando em todos os momentos. O amor, os conselhos e o companheirismo foram essenciais para minha formação pessoal e profissional.

À minha irmã Byanca, agradeço de todo coração por toda ajuda e apoio ao longo destes anos e neste trabalho.

Ao meu namorado Daniel por estar ao meu lado em todos os momentos, sempre demonstrando carinho e amor e me incentivando quando eu pensei em desistir. Obrigada por todo o apoio e parceria ao longo destes anos, especialmente neste trabalho, que foi essencial para que eu conseguisse concluir esta jornada.

Às minhas amigas Laura e Lauren que se fizeram presentes ao longo da minha graduação e me ajudaram na conclusão deste trabalho, agradeço pelo companheirismo e momentos de descontração que tornaram essa jornada mais leve.

Aos professores da Universidade Federal do Paraná, expresso meu profundo respeito e admiração. Gratidão por todos os conhecimentos transmitidos. Em especial ao meu orientador Volnei Pauletti, ao professor Jair Zanon e à professora Carolina Schuchovski, agradeço pelo tempo concedido, pela paciência e dedicação neste período, que foram essenciais para a conclusão deste trabalho e para minha formação acadêmica.

À Universidade Federal do Paraná pela excelência de ensino, pelas oportunidades acadêmicas e pelo conhecimento adquirido durante a minha formação em Agronomia.

E, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Com o aumento da demanda da produção de alimentos e as restrições ambientais enfrentadas pela agricultura, cresce a necessidade de adotar sistemas de cultivo mais sustentáveis. A partir disso, a hidroponia surge como uma alternativa para o cultivo de hortaliças como a rúcula e a alface, pois permite um melhor controle dos fatores ambientais e nutricionais. Para se obter uma boa produtividade nestes sistemas, é necessária uma boa qualidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva, porém, em algumas regiões onde há predomínio de águas salinizadas, estas podem ser utilizadas no sistema hidropônico como forma de minimizar os efeitos salinos no solo. O sódio é considerado um elemento benéfico para algumas plantas que em pequenas quantidades pode contribuir para a síntese de clorofila, regulação osmótica e até mitigação a deficiência de potássio, em grandes quantidades pode causar prejuízos à produção. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi determinar os efeitos da presença de sódio na solução nutritiva na produtividade e crescimento da rúcula e da alface mimosa em um sistema hidropônico tipo nutrient film technique (NFT). Os tratamentos consistiram de cinco diferentes níveis de sódio na solução nutritiva 0; 0,21; 0,40; 0,66 e 0,98 g L⁻¹. Com estas doses, a condutividade da solução nutritiva foi de 1000, 1500, 2000, 2500 e 3000, respectivamente. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, as quais possuíam cinco calhas de cultivo com 12 furos espaçados regularmente para o cultivo das mudas, portanto, com capacidade para 240 mudas. Foram avaliadas ao final do ciclo de ambas as culturas o comprimento e largura de folhas, a massa fresca e seca da parte aérea e radicular ao final do ciclo, aos 41 e 30 dias para alface e rúcula, respectivamente. O aumento nos níveis de sódio causaram diminuição da largura e comprimento das folhas e menor produção de massa fresca e seca da parte aérea e radicular a partir de 0,40g/L⁻¹. Os efeitos do Na foram mais acentuados no sistema radicular da rúcula, com redução de 74% na massa seca, do que na parte aérea quando a redução foi de 74,5% da matéria seca, em relação ao cultivo com solução sem adição de Na. A partir disso, considera-se que o excesso da presença de sódio na solução nutritiva pode prejudicar o crescimento e a produção das duas espécies, especialmente da rúcula.

Palavras-chave: Sistemas Hidropônicos; Salinidade.

ABSTRACT

With the increasing demand for food production and the environmental constraints facing agriculture, the need for more sustainable cultivation systems is growing. Therefore, hydroponics has emerged as an alternative for growing vegetables such as arugula and lettuce, as it allows for better control of environmental and nutritional factors. To achieve good productivity in these systems, high-quality water is required to prepare the nutrient solution. However, in some regions where salinized water is prevalent, this can be used in hydroponic systems to minimize saline effects on the soil. Sodium is considered a beneficial element for some plants. In small quantities, it can contribute to chlorophyll synthesis, osmotic regulation, and even mitigate potassium deficiency. In large quantities, it can cause production losses. Therefore, the objective of this study was to determine the effects of sodium in the nutrient solution on the productivity and growth of arugula and mimosa lettuce in a nutrient film technique (NFT) hydroponic system. The treatments consisted of five different sodium levels in the nutrient solution: 0; 0.21; 0.40; 0.66, and 0.98 g L⁻¹. At these doses, the conductivity of the nutrient solution was 1000, 1500, 2000, 2500, and 3000, respectively. The treatments were distributed in a randomized complete block design with four replicates, which had five cultivation troughs with 12 regularly spaced holes for seedling cultivation, therefore, with a capacity for 240 seedlings. At the end of the cycle for both crops, leaf length and width, fresh and dry mass of the aerial part and root were evaluated at the end of the cycle, and at 41 and 30 days for lettuce and arugula, respectively. Increased sodium levels caused a decrease in leaf width and length and lower fresh and dry matter production in both shoots and roots, starting at 0.40 g/L⁻¹. The effects of Na were more pronounced in the arugula root system, with a 74% reduction in dry matter, than in the shoot, when the dry matter reduction was 74.5%, compared to cultivation with a solution without added Na. Therefore, it is believed that excessive sodium in the nutrient solution can harm the growth and production of both species, especially arugula.

Keywords: Hydroponic Systems; Salinity.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE)	22
FIGURA 2- ÁREA INTERNA DA CASA DE VEGETAÇÃO ONDE FOI REALIZADO O EXPERIMENTO.	24
FIGURA 3 - BANCADA COM A REPRESENTAÇÃO DOS TRATAMENTOS ENUMERADOS ALEATORIAMENTE.	24
FIGURA 4- MUDAS DE RÚCULA (ESQUERDA) E ALFACE (DIREITA) NO DIA NO TRANSPLANTIO.	26
FIGURA 5- MÉTODO DE MEDIÇÃO DA ALTURA DE PLANTAS ADOTADO.	27
FIGURA 6- RÚCULA COLHIDA AOS 30 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO PARA AVALIAÇÃO DA MASSA FRESCA APÓS REALIZADA AS MEDIÇÕES.	28
FIGURA 7- ALFACE COLHIDA AOS 45 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO PARA SE REALIZAR DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS A SEREM AVALIADAS.	28
FIGURA 8 - SECAGEM DO MATERIAL VEGETAL DA RÚCULA NA ESTUFA DE CIRCULAÇÃO DE AR FORÇADO.	28
FIGURA 9- ALTURA MÉDIA DAS PLANTAS DE RÚCULA (CM) AOS 10, 20 E 30 DIAS APÓS O TRANSPLANTE (DAT) SOB DIFERENTES DOSES DE NaCl ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$).	30
FIGURA 10- DESENVOLVIMENTO DA MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA E DAS RAÍZES DA RÚCULA NOS DIFERENTES TRATAMENTOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE SÓDIO.	31
FIGURA 11- AVALIAÇÃO DA MASSA FRESCA (A) E SECA (B) DA PARTE AÉREA DA CULTURA DA RÚCULA SOB DIFERENTES DOSES DE NaCl ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$).	32
FIGURA 12- AVALIAÇÃO DA MASSA FRESCA (A) E SECA (B) DA RAIZ (B) DA CULTURA DA RÚCULA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE NaCl ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$).	33
FIGURA 13- AVALIAÇÃO DO COMPRIMENTO DAS FOLHAS (A) E DAS RAÍZES (B) DA CULTURA DA RÚCULA SOB DIFERENTES DOSES DE NaCl ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$).	33

FIGURA 14- AVALIAÇÃO DA LARGURA DAS FOLHAS DA RÚCULA SOB DIFERENTES DOSES DE NaCl (g.L ⁻¹).....	34
FIGURA 15- ALTURA MÉDIA DAS PLANTAS DE ALFACE EM FUNÇÃO DOS DIAS APÓS O TRANSPLANTE (DAT) SOB DIFERENTES DOSES DE NaCl (g. L ⁻¹). AS LINHAS REPRESENTAM OS AJUSTES DE REGRESSÃO POLINOMIAL PARA CADA DOSE, COM SUAS RESPECTIVAS EQUAÇÕES E COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO	35
FIGURA 16- COMPARAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DA ALFACE NOS DIFERENTES TRATAMENTOS.	36
FIGURA 17- COMPARAÇÃO DA PARTE AÉREA DA ALFACE NOS DIFERENTES TRATAMENTOS.	37
FIGURA 18- AVALIAÇÃO DA MASSA FRESCA (A) E SECA (B) DA PARTE AÉREA DA ALFACE SOB DIFERENTES DOSES DE NaCl (g.L ⁻¹).	38
FIGURA 19- AVALIAÇÃO DA MASSA FRESCA (A) E SECA (B) DA RAIZ (B) DA ALFACE SOB DIFERENTES NÍVEIS DE NaCl (g.L ⁻¹).	39
FIGURA 20- AVALIAÇÃO DO COMPRIMENTO DAS RAIZES DA CULTURA DA ALFACE SOB DIFERENTES DOSES DE NaCl (g.L ⁻¹).	39
FIGURA 21- AVALIAÇÃO DO COMPRIMENTO E LARGURA DAS FOLHAS DA ALFACE SOB DIFERENTES DOSES DE NaCl (g.L ⁻¹).	40

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA UTILIZADA NO EXPERIMENTO (ADAPTADO DE PAULETTI, 2022 E WOJCIK, 2021).....	25
TABELA 2- NÍVEIS DE SALINIDADE E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NOS DIFERENTES TRATAMENTOS.	26

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

NFT	- Nutrients Film Technique
MSPA	- Massa seca da parte aérea
MSR	- Massa seca da raiz
MFPA	- Massa fresca da parte aérea
MFR	- Massa fresca da raiz
CR	- Comprimento da raiz
CF	- Comprimento da folha
LF	- Largura da folha
NaCl	- Cloreto de Sódio
K	- Potássio

LISTA DE SÍMBOLOS

® - Marca registrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS	17
1.1.1 Objetivo geral	17
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
1.2 JUSTIFICATIVA	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 A CULTURA DA RÚCULA (<i>ERUCA SATIVA</i>)	19
2.2 A CULTURA DO ALFACE (<i>LACTUCA SATIVA</i>)	19
2.3 SÓDIO.....	20
2.4 SISTEMAS HIDROPÔNICOS	21
2.5 SISTEMA NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE)	22
MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO	23
3.2 O SISTEMA HIDROPÔNICO E TRATAMENTOS	23
3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E TRATAMENTOS.....	25
3.4 VARIÁVEIS AVALIADAS.....	26
3 .RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
3.1 AVALIAÇÕES DA RÚCULA	29
3.2 AVALIAÇÕES DA ALFACE MIMOSA VERDE	34
CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
3.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	41
REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

A agricultura desempenha um papel importante na garantia da segurança alimentar, porém, enfrenta diversos desafios como mudanças climáticas, a limitação de áreas agricultáveis, a resistência a pragas e doenças. Devido à essa grande demanda da produção agrícola, a irrigação é uma estratégia para intensificar a produção de alimentos (Bernardi, 2003; Costa et al., 2014).

Neste contexto, a hidroponia surge como uma alternativa promissora pois trata-se de uma técnica de cultivo em ambiente protegido que dispensa o uso do solo fornecendo os nutrientes necessários da água, através da solução nutritiva (Prieto Martinez; Silva Filho, 1997). A produção hidropônica possibilita a produção contínua ao longo do ano, resultando em maior economia de água e menor incidência de pragas e doenças.

Entre as hortaliças mais cultivadas nos sistemas hidropônicos, estão a rúcula (*Eruca sativa*) e a alface (*Lactuca sativa*) devido ao seu rápido ciclo de produção, à facilidade de cultivo e à alta demanda dos consumidores. A adoção de práticas mais saudáveis de alimentação, aumentaram o consumo dessas hortaliças, fazendo que os cultivos hidropônicos ganhem ainda mais visibilidade no cenário agrícola.

Para obter uma boa produtividade nos cultivos hidropônicos é necessária uma boa qualidade na água utilizada na solução nutritiva, pois é partir dela que os nutrientes serão levados para as plantas (Martinez, 2017). Porém, em regiões onde a água possui grandes índices de salinização, estas podem ser utilizadas em sistemas hidropônicos como uma alternativa mais sustentável (Lira et al., 2018). Silva et al. (2017) avaliaram o efeito de diferentes níveis de salinidade devido à presença de NaCl em alface cultivada em hidroponia. Os autores observaram que o aumento da condutividade elétrica, associada ao maior teor de sódio, reduziu significativamente o crescimento e a produção de biomassa da cultura.

O sódio (Na^+) é considerado um elemento benéfico para as plantas, mas também é o principal íon responsável pela salinização das águas que em grandes quantidades pode causar desequilíbrio nutricional e redução da taxa fotossintética (Ivanova et al. 2015) além de prejuízos morfológicos como redução no tamanho das raízes e da planta e alteração no número de folhas (Munns, 2008). Entretanto, quando presente em pequenas quantidades na solução nutritiva ou no solo, pode

participar da síntese de clorofila (Romero, 2008), pode contribuir para o aumento da produtividade e ainda pode agir como atenuador da deficiência de potássio em algumas plantas, exercendo algumas funções como por exemplo a osmose nos vacúolos celulares (Kronzucker et al. 2013).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos dos diferentes níveis de salinidade na solução nutritiva sobre o crescimento e produção da rúcula e da alface em um sistema hidropônico.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar se o sódio atua como elemento benéfico no crescimento da alface e da rúcula.
- Identificar níveis de salinidade que proporcionem crescimento satisfatório das plantas de ambas as culturas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A alta demanda por alimentos atualmente faz com que exista grande demanda por água para a irrigação. Porém, as águas dos reservatórios não têm sido suficientes para suprir as necessidades da agricultura. Para amenizar este problema principalmente as regiões áridas e semiáridas do mundo investiram na perfuração de poços tubulares para a utilização das águas subterrâneas para a irrigação. No entanto, em algumas regiões as rochas possuem composições que podem liberar minerais na água e torná-la salobra, fazendo com que seu uso possa se tornar prejudicial na irrigação (Santos et al., 2011). A salinidade na água de irrigação aumenta a pressão osmótica do solo fazendo com que a absorção de nutrientes e água pelas plantas seja dificultada (Soares et al., 2016).

A hidroponia é uma ótima alternativa para o aproveitamento destas águas salinas sem prejudicar a produtividade das culturas. Neste sistema, a disponibilidade de água é maior do que no solo com o potencial mátrico tendendo a zero, tendo uma

maior adaptabilidade das culturas (Soares, 2007). Por outro lado, mesmo com uso de águas não salinas nos cultivos hidropônicos, pode haver elevação das concentrações de sais que proporcionem efeito salino prejudicando o crescimento e produção das plantas.

O sódio (Na) é o principal elemento que pode elevar a salinidade das águas e é considerado benéfico na nutrição de plantas (Pauletti e Monte Serrat, 2025). Porém, pode causar injúrias às plantas se em elevada concentração nas soluções nutritivas e do solo devido à toxicidade de íons, desequilíbrio nutricional e déficit hídrico (Pascale et al. 2013).

A rúcula e a alface são duas hortaliças muito comercializadas no Brasil e no mundo, tendo uma grande relevância social e econômica. Compreender como estas hortaliças reagem à níveis de salinidade, em especial ao Na, é importante para um manejo eficiente da solução nutritiva, e preservar a produtividade e qualidade das hortaliças cultivadas em hidroponia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da rúcula (*Eruca sativa*)

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça pertencente à família Brassicaceae, originária da região Mediterrânea e que foi trazida por imigrantes italianos (EMBRAPA, 2022). É uma hortaliça fortemente disseminada em diversas partes do mundo devido à sua boa adaptação aos diferentes sistemas de produção (Jaafar, 2019), além de possuir uma grande versatilidade em seu consumo (Pinheiro et al., 2021).

Caracteriza-se por ser uma folhosa anual, com um rápido crescimento vegetativo e com ciclo curto de 25-40 dias. Possui folhas estreitas e compridas, com limbo foliar e nervuras com coloração verde clara. Conforme Lima et al., (2021), suas folhas podem atingir até 20 centímetros. Além de seu sabor, é rica em sais minerais como o ferro, cálcio e fósforo e em vitaminas A e C (Ministério da Saúde, 2015). A rúcula pode completar seu ciclo com 30-35 dias em sistemas hidropônicos (Filgueira, 2000). Em cultivos convencionais, o seu ciclo pode durar até 45 dias (Trani, Fornier, Lisboa, 1992). Nos últimos anos, o cultivo da rúcula tem crescido significativamente devido à capacidade de controle mais preciso das condições de cultivo e pela maior eficiência da água e dos nutrientes (Faquin et al., 2015).

2.2 A CULTURA DO ALFACE (*Lactuca sativa*)

A alface é pertencente à família das Asteraceae e também se originou da região do Mediterrâneo (Favarato et al., 2017). Esta hortaliça se destaca na horticultura nacional, apresentando ampla aceitação no mercado pela sua versatilidade e valor nutricional (Filgueira, 2013), sendo a hortaliça mais consumida no mundo (Prado e Filho, 2016) e conseqüentemente, contribuindo para a geração de emprego e renda (Lima et al., 2018). Segundo Carvalho (2017), a China lidera a produção de alface no mundo chegando a 23,6 milhões de toneladas produzidas, logo atrás estão os Estados Unidos e Índia. O nosso país produz cerca de 350 mil toneladas de alface.

Pode ser dividida em seis diferentes grupos: alface americana, manteiga, lisa, crespa, mimosa e romana (Filgueira, 2007). O alface mimosa segundo Sakata (2024), destaca-se pela sua facilidade de comercialização, tendo um sabor marcante e uma aparência atrativa, por possuir suas bordas recortadas. Apresenta boa adaptação à climas tropicais, tendo um ciclo médio de 56 dias. Neste grupo ainda além da coloração verde, podem possuir plantas vermelhas e roxas ricas em antocianina (Vilar, 2021).

2.3 SÓDIO

O sódio (Na) não é considerado um nutriente pois não se adequa aos critérios de essencialidade das plantas (Faquim, 2005) e estas são capazes de completar seu ciclo com a ausência do mesmo. No entanto, o Na é um elemento considerado benéfico para algumas plantas, podendo contribuir para o crescimento, uma maior resistência em condições desfavoráveis e pode contribuir para uma maior produtividade (Malavolta, 2006). Além disso, em algumas espécies, o sódio pode substituir parcialmente o potássio (K) em funções fisiológicas, como a manutenção do potencial osmótico e a expansão celular (Marschner, 1986). Em altas concentrações ser tóxico para algumas plantas (Faquim, 2005), apresentando sintomas como o murchamento, redução do crescimento e produtividade (Inocencio et al. 2014).

Segundo Alvarenga et al. (2019) as plantas podem ter diferentes respostas diante do estresse salino por meio da irrigação, podendo variar de acordo com sua fase de desenvolvimento, intensidade da salinidade, dentre outros fatores. De acordo com Farias et al., (2020) a rúcula possui uma certa capacidade de adaptação à níveis moderados de salinidade, podendo variar com a concentração e o tempo de exposição da planta com a solução salina. Porém, segundo os autores Taiz et al., (2017) e Costa et al., (2019) quando a solução apresenta altos índices salinos na solução do solo, pode causar diversos distúrbios na planta entre eles estão: redução da expansão foliar e desequilíbrios nutricionais. A *Lactuca sativa* também é sensível à salinidade, podendo afetar diversos fatores como a área foliar, massa fresca e seca da planta. Além disso, mesmo em sistemas hidropônicos, com a elevação da condutividade elétrica da solução nutritiva, o crescimento da alface pode ser comprometido, sendo essencial monitorar este parâmetro (Silva et al., 2019). Em seus estudos, Rodrigues et al. (2015) relataram que a tolerância da alface em

relação à salinidade depende de diversos fatores como a intensidade e duração da salinidade, estágio fenológico da cultura e da cultivar.

2.4 SISTEMAS HIDROPÔNICOS

Tendo em vista que a agricultura convencional tem passado por diversos desafios, como os desastres naturais, mudanças climáticas, uso irresponsável de fertilizantes e defensivos agrícolas, os cultivos hidropônicos estão crescendo cada vez mais (Sharma et al., 2018). Os cultivos protegidos permitem criar um microclima favorável ao desenvolvimento das culturas, independente do clima externo (Araujo e Rodrigues, 2023).

A rúcula destaca-se entre as hortaliças que mais se adaptou ao sistema da hidroponia (De Oliveira et al., 2013) e está cada vez se expandindo mais devido à possibilidade de controle das condições adversas de cultivo, resultando no desenvolvimento das plantas e obtendo-se plantas de maior qualidade (Helbel Júnior et al., 2007), podendo chegar em até 60% de economia de água (Linhares, 2020). A hidroponia permite o cultivo de plantas sem o solo e que apenas o sistema radicular das plantas tenha contato com a água (Demartelaere et al., 2020). Os nutrientes necessários são fornecidos através da solução nutritiva recomendada para cada cultura, que pode ser fornecida através de um fluxo contínuo ou intermitente por uma lâmina fina de solução, chamado de fluxo laminar e nutrientes (NFT) ou uma lâmina mais espessa, denominada de cultivo em águas profundas (DFT) (Carrijo; Makishima, 2000).

A hidroponia apresenta diversas vantagens, dentre elas: melhor controle fitossanitário, redução dos tratos culturais, maior produtividade e redução do ciclo da cultura (Bezerra Neto; Barreto, 2012) menor consumo de água e fertilizantes por se tratar de um sistema fechado com reaproveitamento de água (Barbosa et al., 2015). Entretanto, além do sistema possuir um custo relativamente alto para a instalação, Lélis et al., (2023) afirma que a hidroponia exige mão de obra qualificada ou assistência técnica permanente, fatores que podem ser limitantes para o produtor.

De acordo com Silva et al., (2013), com um manejo adequado da água e técnicas de cultivo é possível a produção de hortaliças em diversos sistemas hidropônicos com água salina. Em seu trabalho utilizando um sistema hidropônico tipo NFT, Silva et al. (2009) observou que o aumento da salinidade reduziu significativamente a massa seca e fresca da rúcula, provocando queima e clorose

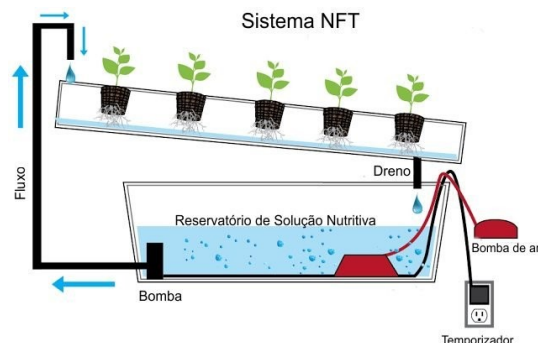
nas folhas. Já para a cultura da alface, Paullus et al. (2012) também observou que houve uma diminuição na massa fresca com o aumento da salinidade.

2.5 SISTEMA NFT (Nutrient Film Technique)

Segundo Silva et al., (2011), o sistema NFT é o mais utilizado no Brasil devido à sua eficácia e na produção e sua praticidade (Cometti, 2003). Este sistema geralmente é utilizado para plantar folhosas como alface, o agrião, a rúcula, o almeirão, a salsinha e a cebolinha (Faquim, Furlani, 1999).

O sistema tipo NFT consiste no cultivo de plantas em uma calha ou perfil de PVC, onde circula uma fina e contínua lâmina de solução nutritiva, entrando diretamente em contato com as raízes das plantas (Furlani, 1998). A partir disso, a solução é bombeada de um reservatório até os canais de cultivo, e após percorrer todo o sistema, a solução nutritiva retorna ao reservatório, permitindo a reutilização da solução (De Martelaere et al., 2020). Apesar de apresentar todas as vantagens citadas no sistema de hidroponia, o NFT exige monitoramento constante da solução nutritiva, pois falhas no bombeamento ou interrupções no fluxo da solução, podem comprometer o desenvolvimento das plantas (Lélis et al., 2023).

FIGURA 1- REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE)



FONTE: <https://in-outdoor.com.br/blog/o-sistema-nft-hidroponia>. Acesso em 13 de junho de 2025.

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O trabalho foi conduzido na casa de vegetação da área de Nutrição de Plantas, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR. A casa de vegetação consiste em uma estrutura do tipo arco pampeano de aço galvanizado com altura variável entre 3,0 a 5,2 metros, estando disposta no sentido NE-SO.

De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região de Curitiba classifica-se como subtropical úmido (Cfb), que é caracterizado pela presença de verões suaves e temperaturas médias anuais geralmente mais baixas. De acordo com o IAPAR (2019), a temperatura média no verão são em torno de 21°C e no inverno de 14°C, sendo a temperatura média anual do ar em torno de 18°C. O experimento foi realizado durante o mês de maio até junho de 2025, totalizando 41 dias.

3.2 O SISTEMA HIDROPÔNICO E TRATAMENTOS

Foi utilizado o sistema de hidroponia tipo fechado NFT, o qual possuía quatro bancadas, com cinco calhas de cultivo em cada bancada. As calhas possuíam 12 furos espaçados regularmente para o cultivo das mudas, portanto, com capacidade total para 240 mudas.

As calhas foram numeradas aleatoriamente de 1 a 5 em cada bancada, representando os tratamentos (FIGURA 3). Os tratamentos tinham um reservatório individual com capacidade para 90 L de solução nutritiva, que era bombeada para as respectivas calhas em cada bancada.

A condução da solução nutritiva se dava a partir de canos de PVC que saíam do reservatório e era bombeada até a parte mais alta da bancada, onde escoava através da ação da gravidade pela calha e pela tubulação e era levada até o reservatório novamente. O sistema contava com cinco bombas elétricas, sendo uma para cada reservatório, ou seja, uma para cada tratamento, que bombeava a água para as respectivas calhas dispostas nas bancadas. Cada bomba foi conectada à tomada juntamente com um temporizador, para controlar o turno de rega. Os temporizadores estavam programados para ligar a bomba a cada 15

minutos das 06 da manhã até as 18 horas da noite. Após este horário, os temporizadores acionavam apenas 22 horas da noite por 15 minutos e após este tempo, repetiam o processo às 06 da manhã. A solução nutritiva foi preparada com água do sistema de abastecimento e com nutrientes de acordo com a metodologia de Pauletti (2022) e Wojcik (2021) (Tabela 1).

FIGURA 2- ÁREA INTERNA DA CASA DE VEGETAÇÃO ONDE FOI REALIZADO O EXPERIMENTO.



FONTE: A autora (2025).

FIGURA 3 - BANCADA COM A REPRESENTAÇÃO DOS TRATAMENTOS ENUMERADOS ALEATORIAMENTE.



FONTE: A autora (2025).

TABELA 1- COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA UTILIZADA NO EXPERIMENTO (ADAPTADO DE Pauletti, 2022 e Wojcik, 2021).

Produto	Fórmula Química	g.90 L⁻¹	g.L⁻¹
Nitrato de Cálcio	(Ca(NO ₃) ₂)	68,4	0,76
MPK Haifa (KH ₂ PO ₄)	(KH ₂ PO ₄)	40,5	0,45
Cloreto de Potássio	KCl	4,5	0,05
Multimag	(Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O)	42,3	0,47
MAP	(NH ₄ H ₂ PO ₄)	9	0,1
Nitrato de amônio	(NH ₄ NO ₃)	9	0,1
FeEDDHA (6% Fe)	FeEDDHA (6% Fe)	4,5	0,05
Dripsol Microequilíbrio	Composto de micronutrientes*	2,7	0,03

*Fe (3,4); Cu (0,5); Zn (4,2); Mn (3,2); B (0,85); Mo (0,06).

FONTE: a autora (2025).

3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E TRATAMENTOS

As mudas foram compradas em tamanho adequado para transplântio, em um viveiro certificado, no experimento foram utilizadas rúcula cultivar Astro® e alface tipo Mimosa Verde®. Desde o primeiro dia até o 10º dia, as mudas foram irrigadas com a solução proposta por Pauletti (2022) e Wojcik (2021), em todos os tratamentos e a condutividade mantida em 1000 µS/cm neste período. Após este período, foram pré determinados os níveis de condutividade elétrica de cada tratamento e assim, adicionou-se o NaCl (sal de cozinha) até que a E.C desejada fosse alcançada para cada tratamento.

Os tratamentos foram constituídos de doses de Na obtidas pelo sal de cozinha (NaCl) adicionadas à solução nutritiva descrita na Tabela 2. As doses foram de 0, 0,21, 0,40, 0,66 e 0,98 g L⁻¹. Com estas doses, a condutividade da solução nutritiva foi de 1000, 1500, 2000, 2500 e 3000 µS/cm, respectivamente. O tratamento 1 foi utilizado como testemunha, utilizando apenas a solução nutritiva durante o experimento. Duas vezes na semana a condutividade elétrica era medida e ajustada por meio da adição de solução nutritiva pura até atingir as condutividades determinadas no começo do experimento, o pH foi mantido entre 5,5 e 6,5 e não precisou ser ajustado neste período.

TABELA 2- NÍVEIS DE SALINIDADE E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NOS DIFERENTES TRATAMENTOS.

Tratamento (Caixa d'água)	Nível de Salinidade (g/90L)	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S/cm}$)
1	0	1000
2	0,21	1500
3	0,40	2000
4	0,66	2500
5	0,98	3000

Fonte: a autora (2025).

FIGURA 4- MUDAS DE RÚCULA (ESQUERDA) E ALFACE (DIREITA) NO DIA DO TRANSPLANTIO.



Fonte: a autora (2025).

3.4 VARIÁVEIS AVALIADAS

A altura das plantas de rúcula e de alface foi determinada no dia do transplântio, a cada 10 dias e no dia da colheita utilizando um método padrão para as duas culturas. Para que a medição fosse sempre igual, utilizou-se uma régua que era colocada na base das folhas (FIGURA 5) medindo a folha com maior comprimento. Em cada medição, foram medidas três plantas de rúcula e de três de alface em cada calha (repetição), totalizando 120 medições por vez.

FIGURA 5- MÉTODO DE MEDIÇÃO DA ALTURA DE PLANTAS ADOTADO.



Fonte: a autora (2025).

Após 30 dias do início do experimento, a rúcula foi colhida para se realizar todas as medições necessárias como o comprimento e largura das três maiores folhas de cada planta com régua graduada, o número de folhas, assim como o comprimento das raízes. As medições foram realizadas por bancada, sendo colhidas todas as plantas da calha (repetição) para se iniciar as medições.

Posteriormente as amostras foram conduzidas até o laboratório de Nutrição de Plantas e pesou-se a massa fresca das mesmas. Em seguida foram colocadas em uma estufa de circulação de ar forçada à 60°C por 72 horas ou até que as amostras atingissem peso constante para que posteriormente pudesse ser obtida a massa seca das amostras. A alface foi colhida aos 45 dias após o transplântio e se repetiu todo o procedimento que foi realizado na rúcula.

Todos dados foram colocados em uma planilha no software Excel e foi realizada a análise de regressão para verificar o efeito das doses de Na sobre as variáveis avaliadas.

FIGURA 6- RÚCULA COLHIDA AOS 30 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO PARA AVALIAÇÃO DA MASSA FRESCA APÓS REALIZADA AS MEDIÇÕES.



Fonte: a autora (2025).

FIGURA 7- ALFACE COLHIDA AOS 45 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO PARA SE REALIZAR DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS A SEREM AVALIADAS.



Fonte: a autora (2025).

FIGURA 8 - SECAGEM DO MATERIAL VEGETAL DA RÚCULA NA ESTUFA DE CIRCULAÇÃO DE AR FORÇADO.



Fonte: a autora (2025).

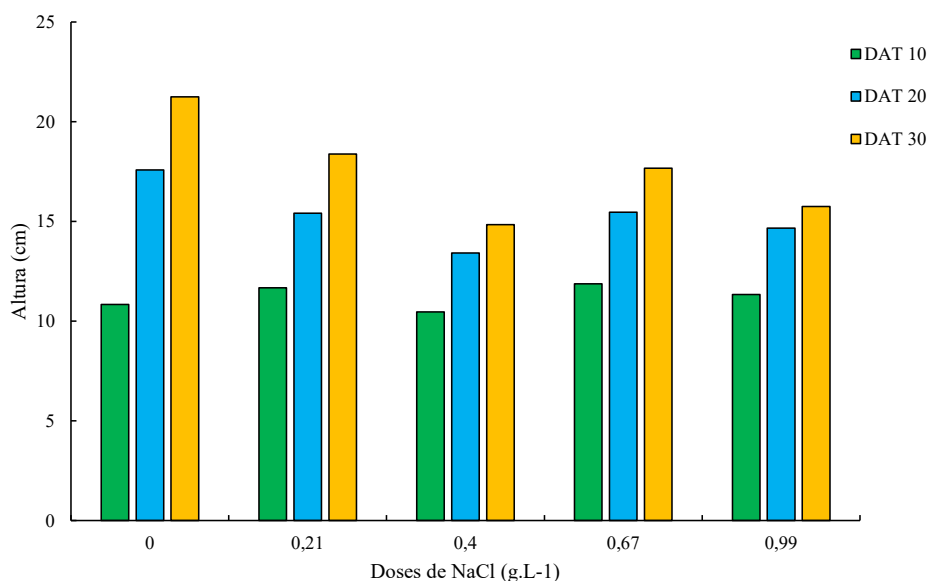
3 .RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise dos dados, foi realizada uma regressão polinomial utilizando o programa Excel para a maioria dos resultados, com exceção da variável altura da rúcula, que apresentou apenas três pontos de coleta, inviabilizando a elaboração de um gráfico de dispersão estatisticamente consistente. Ainda assim, essas análises permitiram avaliar as variáveis de crescimento da rúcula e da alface, possibilitando a visualização de uma relação entre as diferentes doses de sódio aplicadas.

3.1 AVALIAÇÕES DA RÚCULA

A salinidade é um fator que afeta diretamente o crescimento das hortaliças, e isso pôde ser constatado pela redução da altura das plantas de rúcula submetidas às diferentes doses de NaCl. O sódio foi adicionado 10 dias após o transplântio (DAT), tal efeito pode ser percebido no tempo 10 DAT, onde o crescimento apresentava-se similar para todos os tratamentos. Após a adição de sódio em 20 DAT, é possível perceber uma resposta negativa na altura da rúcula principalmente no tratamento 3 no qual a média ficou em 13,41 cm. Os resultados dos tratamentos 2, 4 e 5 foram mais próximos com o da testemunha (17,58 cm), apresentando médias de 15,41 cm; 15,45 cm; 14,66 cm. Essa resposta negativa à adição de sódio reflete a sensibilidade da cultura ao estresse osmótico provocado pela maior concentração de íons na solução. Aos 30 DAT o comportamento seguiu o mesmo padrão mostrando um crescimento levemente maior nos tratamentos com maiores doses salinas, podendo ser um sinal de adaptabilidade das culturas ao estresse salino (Figura 9).

FIGURA 9- ALTURA MÉDIA DAS PLANTAS DE RÚCULA (CM) AOS 10, 20 E 30 DIAS APÓS O TRANSPLANTE (DAT) SOB DIFERENTES DOSES DE NaCl (g. L⁻¹).



Fonte: a autora (2025).

A partir da condutividade elétrica de 1,5 dS m⁻¹ foi observado um decréscimo na produtividade da rúcula, sendo a testemunha o tratamento que obteve um maior desempenho. Ao comparar visualmente a testemunha com os demais tratamentos com adição de sódio é perceptível que o Na reduziu todas as variáveis avaliadas, porém, o comprimento da raiz foi mais afetado, principalmente no tratamento 3 (0,40 g/90L) (Figura 10). Neto (2020) testou diferentes doses de sódio na água de irrigação da rúcula cultivada em vasos e também observou uma diminuição na massa fresca das raízes a partir da condutividade elétrica de 1,5 dS m⁻¹ e consequentemente, do número de folhas o qual apresentou uma redução de 47,5% quando comparado os tratamentos de maiores e menores doses de sódio.

FIGURA 10- DESENVOLVIMENTO DA MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA E DAS RAÍZES DA RÚCULA NOS DIFERENTES TRATAMENTOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE SÓDIO.

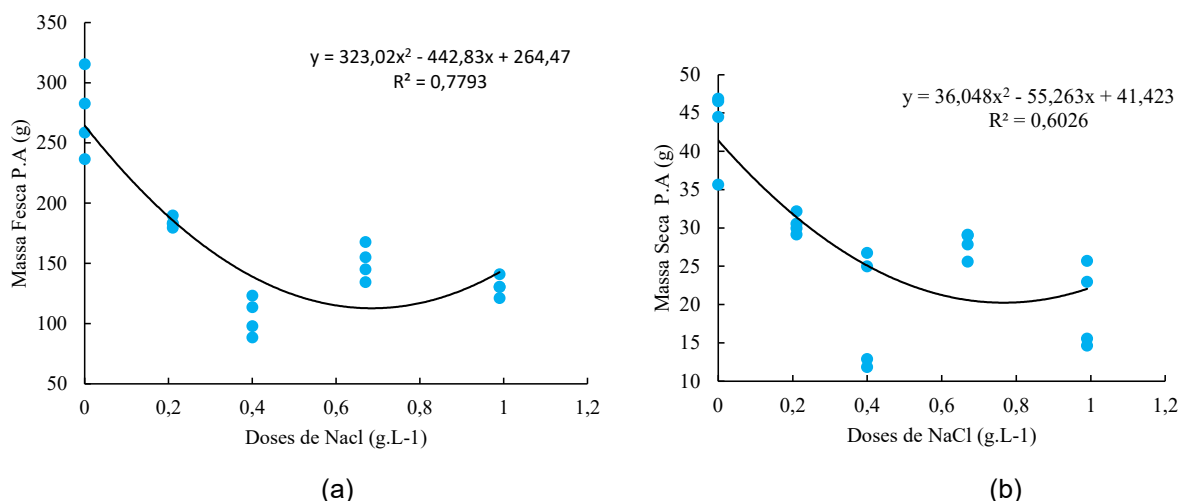


FONTE: A autora (2025).

A salinidade provocou redução na produção de massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea conforme a adição de NaCl. É possível observar que a testemunha obteve o maior peso MFPA, com valores próximos a 330 g. Porém, nos demais tratamentos com diferentes níveis de sódio a massa fresca diminuiu conforme a concentração de sódio aumentava na solução nutritiva, com uma redução de 72% conforme a adição do sal. Este efeito pode estar relacionado ao estresse salino, dificultando a absorção de água e nutrientes. Observa-se também que houve uma pequena inclinação positiva na curva nas concentrações mais elevadas, podendo indicar uma adaptação ou tolerância por parte das plantas à salinidade. A MSPA teve o mesmo padrão da MFPA tendo um decréscimo nos valores conforme a adição de NaCl, apresentando uma redução de 74,5% (Figura 11). Os resultados foram equivalentes ao trabalho de Silva et al. (2009), os quais avaliaram a salinidade na cultura da rúcula em sistema hidropônico com utilização

de duas fontes de águas salobras sendo uma obtida através da adição de NaCl à água dessalinizada e a outra fonte sendo a combinação da água natural de um poço tubular, água do rejeito da dessalinização da água natural e água dessalinizada. Os autores observaram um comportamento similar entre as duas fontes de água em que a salinidade apresentou efeitos negativos, tendo uma diminuição significativa no acúmulo de massa fresca e seca da parte aérea. Além disso, observaram sintomas severos nas plantas como clorose e queima das bordas foliares, enquanto no presente trabalho foram apenas constatados um pequeno amarelecimento nas folhas de algumas plantas.

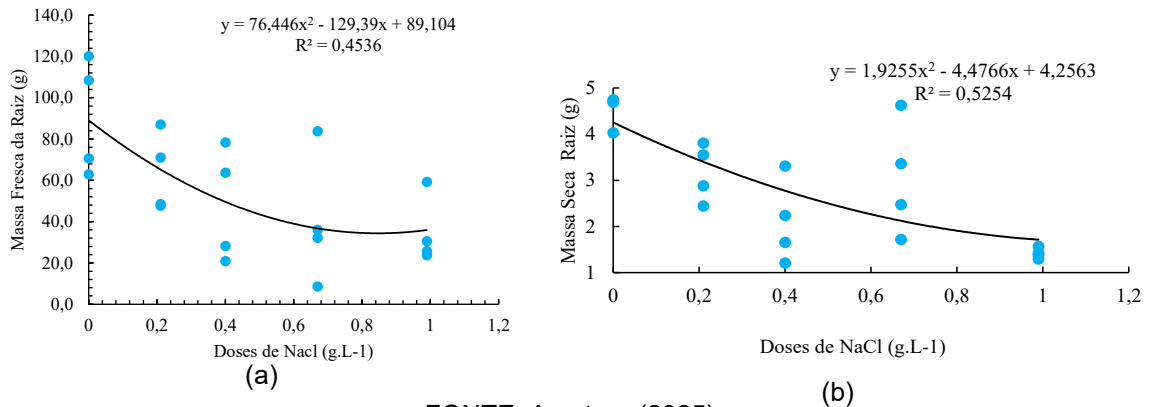
FIGURA 11- AVALIAÇÃO DA MASSA FRESCA (A) E SECA (B) DA PARTE AÉREA DA CULTURA DA RÚCULA SOB DIFERENTES DOSES DE NaCl (g.L⁻¹).



FONTE: A autora (2025).

A produção de raízes foi um dos parâmetros mais afetados no experimento, apresentando uma redução de 93% na massa fresca das raízes (MFR) e de 74% na massa seca (MSR) quando comparado o tratamento de maior e menor desempenho (Figura 12). Brandão (2018) também verificou uma diminuição na massa fresca das raízes da rúcula a partir de 1,0 dS m⁻¹, tendo uma redução de até 84% no tratamento de maior concentração salina. A baixa produção de raízes pode justificar a baixa produção da MFPA nos tratamentos com a adição de NaCl. Segundo Jardina et al. (2017), a absorção dos nutrientes é altamente influenciada pelo tamanho do sistema radicular. Quanto maior as raízes, maior será a absorção de nutrientes.

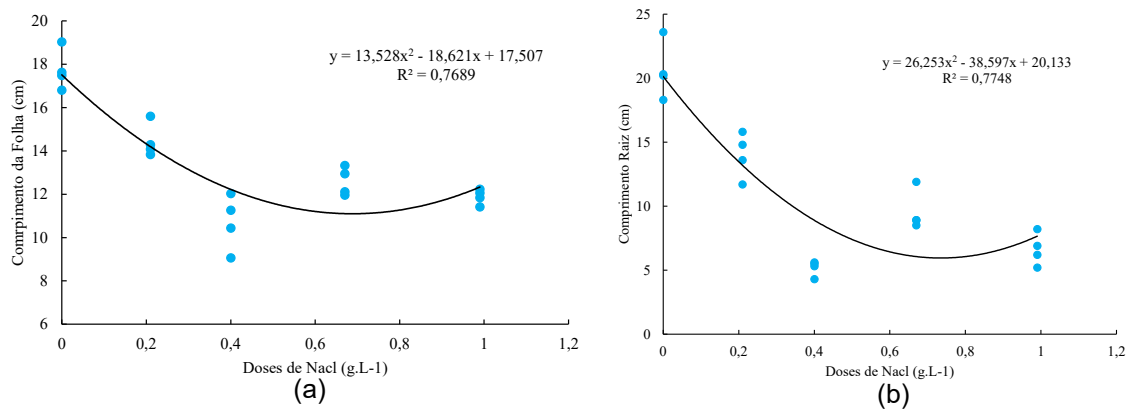
FIGURA 12- AVALIAÇÃO DA MASSA FRESCA (A) E SECA (B) DA RAIZ (B) DA CULTURA DA RÚCULA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE NACL (g.L-1).



FONTE: A autora (2025).

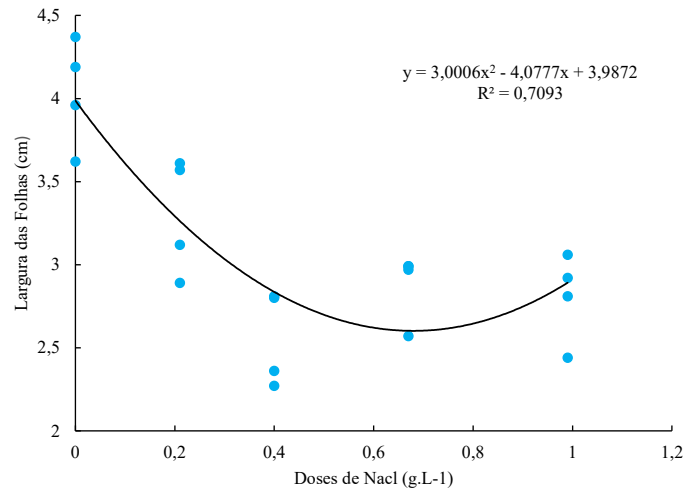
Na figura 13 observa-se o gráfico referente ao comprimento das folhas e raízes, o qual também apresentou um comportamento negativo à salinidade. Nos gráficos (a e b) pode-se analisar que o tratamento 3 com 0,40 g/L⁻¹ de sódio na solução nutritiva obteve as menores médias de comprimento foliar, raiz e de largura (gráfico 13) tendo uma redução de 52,4%; 80,5% e 49,7%, respectivamente.

FIGURA 13- AVALIAÇÃO DO COMPRIMENTO DAS FOLHAS (A) E DAS RAÍZES (B) DA CULTURA DA RÚCULA SOB DIFERENTES DOSES DE NACL (g.L-1).



FONTE: A autora (2025).

FIGURA 14- AVALIAÇÃO DA LARGURA DAS FOLHAS DA RÚCULA SOB DIFERENTES DOSES DE NaCl (g.L-1).

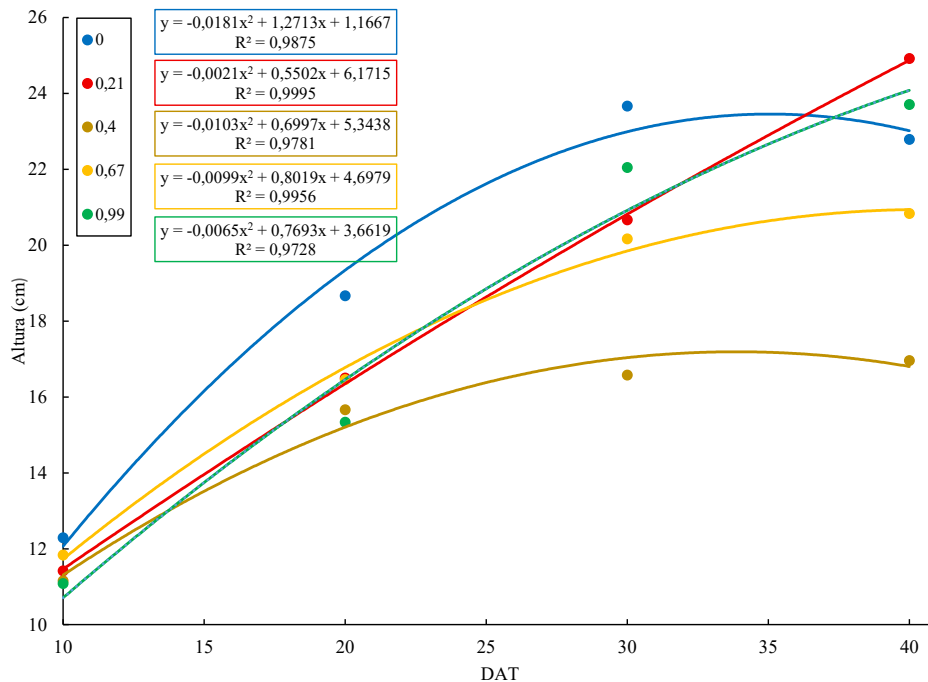


FONTE: A autora (2025).

3.2 AVALIAÇÕES DA ALFACE MIMOSA VERDE

A figura 15 evidencia que a altura da alface foi maior na ausência de NaCl. Porém, o tratamento 3 (0,40 g/90L) foi o que menos apresentou desempenho e os demais apresentaram comportamento similar com a testemunha. Nota-se que, em doses mais elevadas, as curvas tendem a estabilizar ou até a apresentar leve redução na altura, especialmente nos DAT finais, o que reforça o efeito inibitório do excesso de sódio na solução nutritiva.

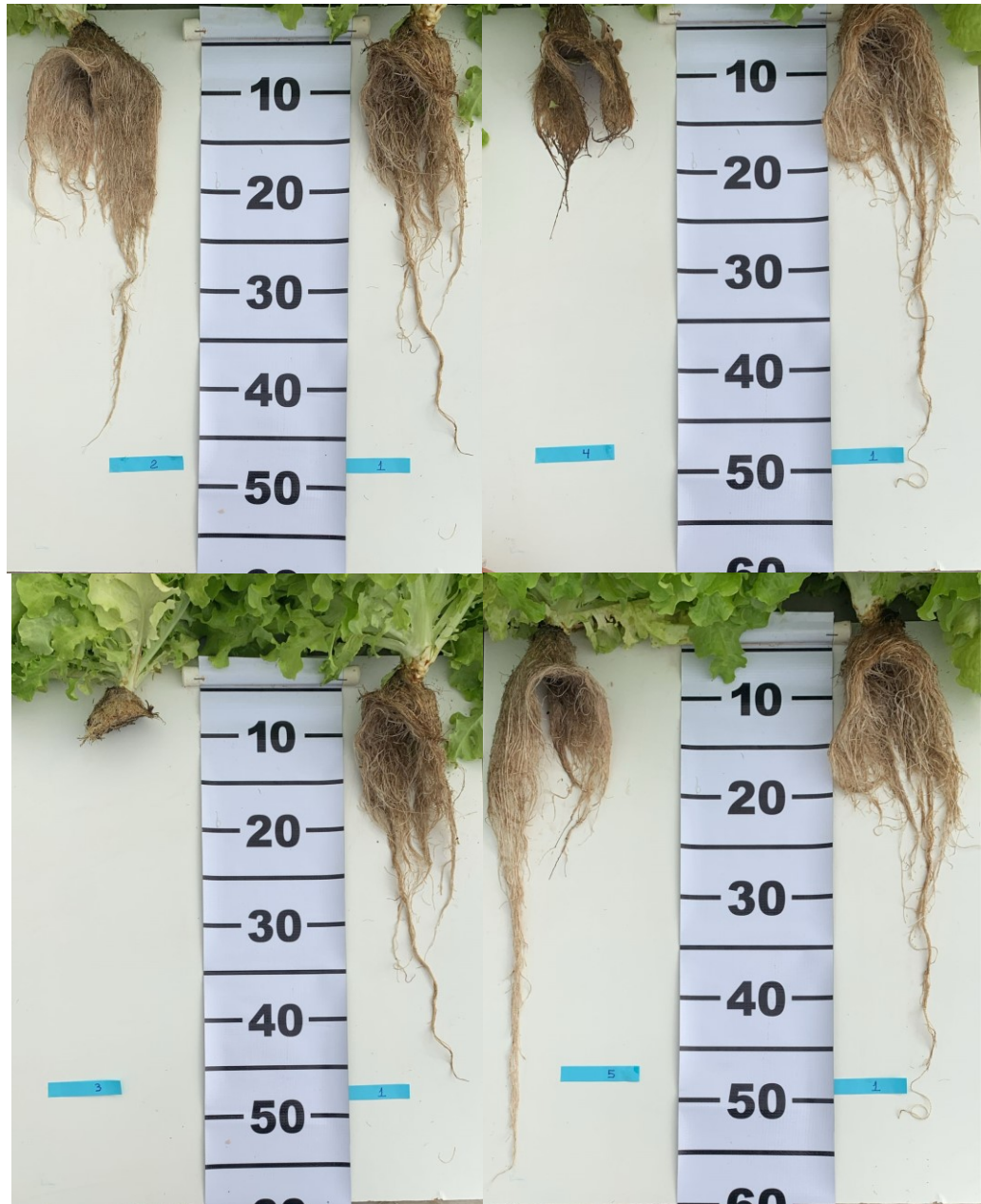
FIGURA 15- ALTURA MÉDIA DAS PLANTAS DE ALFACE EM FUNÇÃO DOS DIAS APÓS O TRANSPLANTE (DAT) SOB DIFERENTES DOSES DE NACL (g. L^{-1}). AS LINHAS REPRESENTAM OS AJUSTES DE REGRESSÃO POLINOMIAL PARA CADA DOSE, COM SUAS RESPECTIVAS EQUAÇÕES E COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO



Fonte: a autora (2025).

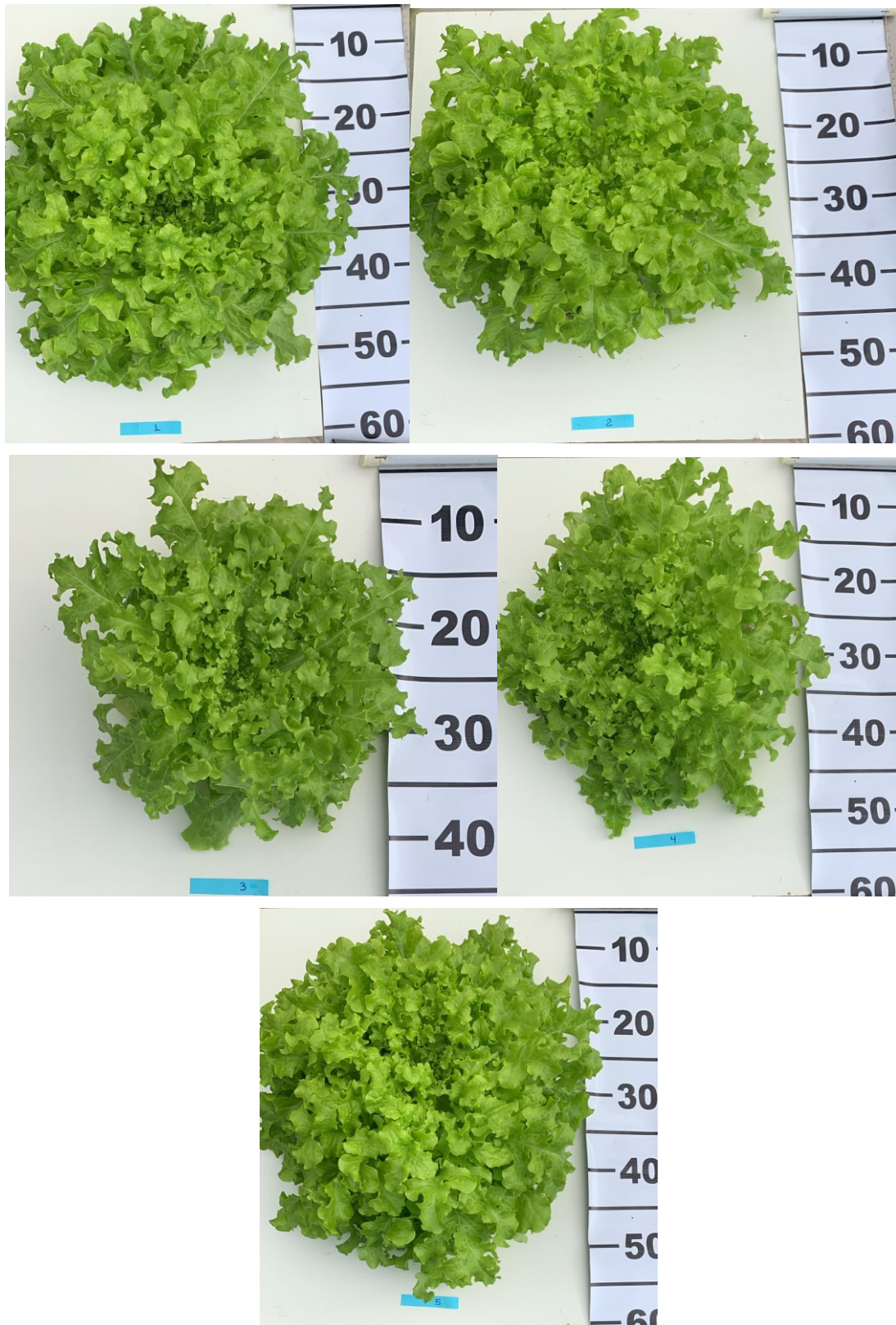
Na cultura da alface a adição de sódio na solução nutritiva não teve um efeito expressivo quando se observavam os tratamentos visualmente, onde todas as plantas estavam vigorosas, com uma boa produção de raízes, com exceção do tratamento 3 (0,40 g/90L) (Figura 16). Este tratamento obteve uma produção de raízes e de massa fresca muito baixa apresentando um pequeno porte das plantas, podendo ser justificado por alguma alteração na solução nutritiva que pode ter afetado as plantas (Figura 17).

FIGURA 16- COMPARAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DA ALFACE NOS DIFERENTES TRATAMENTOS.



Fonte: a autora (2025).

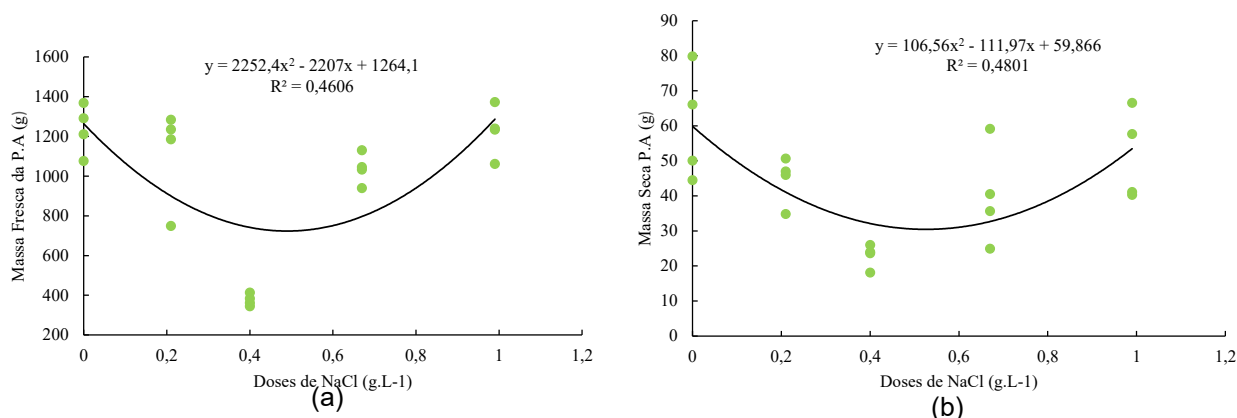
FIGURA 17- COMPARAÇÃO DA PARTE AÉREA DA ALFACE NOS DIFERENTES TRATAMENTOS.



Fonte: a autora (2025).

O tratamento 1 obteve uma redução de crescimento com a adição de sódio. Enquanto os demais tratamentos tiveram comportamentos bem similares com o da testemunha. A massa fresca apresentou 1.372,71 g no tratamento 5 e 1.368,89 g no tratamento 1, redução de 0,27% entre o tratamento com a maior dose de sódio e a testemunha. Já no tratamento 3 obteve apenas 344,36 g de massa fresca, tendo uma redução percentual de 74,83% em relação ao tratamento sem sódio. A matéria seca teve uma maior produção no tratamento testemunha, onde o tratamento 5 apresentou uma diminuição da produção de MS de 16% quando comparada com a testemunha (Figura 18).

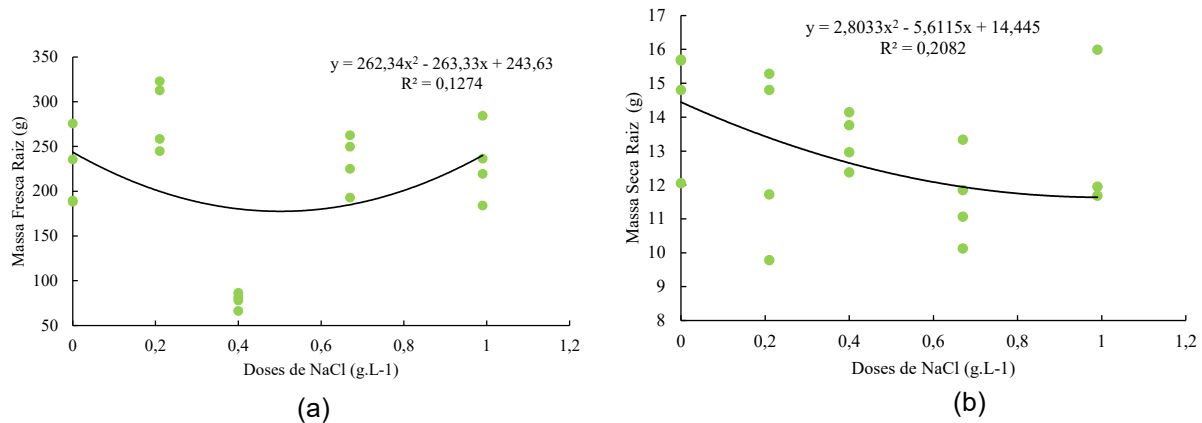
FIGURA 18- AVALIAÇÃO DA MASSA FRESCA (A) E SECA (B) DA PARTE AÉREA DA ALFACE SOB DIFERENTES DOSES DE NaCl (g.L-1).



FONTE: A autora (2025).

O comportamento da massa fresca e seca das raízes também seguiu um comportamento similar ao da MFPA e MSPA. Na massa fresca, o tratamento 2 se apresentou maior que a testemunha, tendo uma variação percentual 13,44% entre os dois tratamentos. A massa seca apresentou valores bem similares entre os tratamentos, porém, no tratamento 3 observou-se que a MSR apresentou valores mais altos quando comparado com os outros tratamentos. Esse resultado não segue a tendência observada nos demais tratamentos e fatores como, manejo ou possíveis erros experimentais podem ter influenciado esse dado (Figura 19).

FIGURA 19- AVALIAÇÃO DA MASSA FRESCA (A) E SECA (B) DA RAIZ (B) DA ALFACE SOB DIFERENTES NÍVEIS DE NaCl (g.L-1).



O comprimento das raízes foi reduzido com o aumento da salinidade, apresentando uma redução percentual de 7,55% do tratamento sem adição de sódio para o tratamento com mais Na, com médias de 25,7 cm e 23,76 cm, respectivamente (Figura 20). Além disso, o comprimento e largura das folhas também apresentaram pouca diferença entre os tratamentos com uma redução percentual de 7,76% e 15,63%, respectivamente quando comparados com a testemunha e o tratamento 5 (Figura 21).

FIGURA 20- AVALIAÇÃO DO COMPRIMENTO DAS RAIZES DA CULTURA DA ALFACE SOB DIFERENTES DOSES DE NaCl (g.L-1).

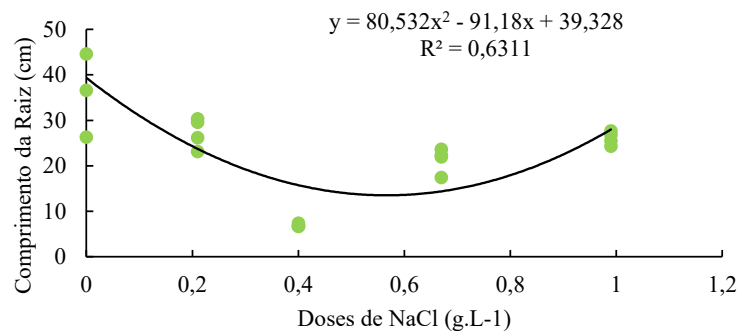
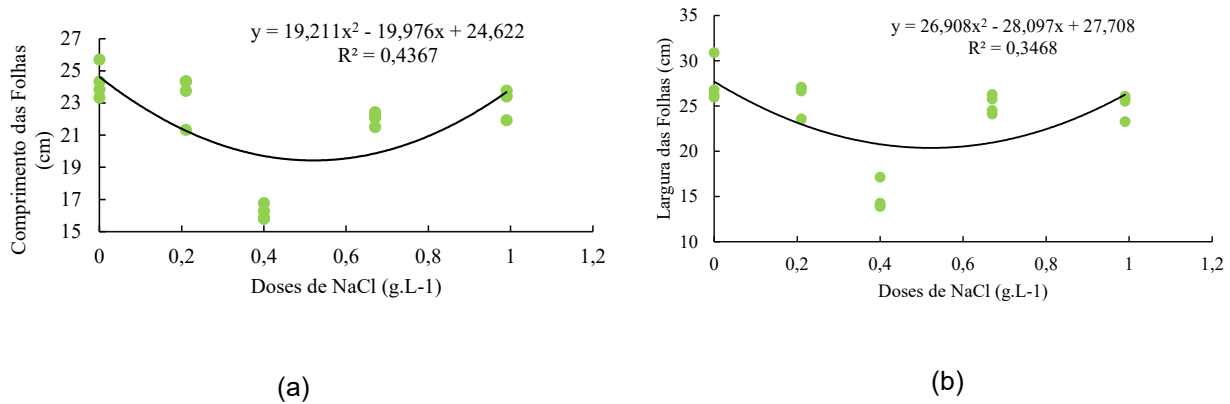


FIGURA 21- AVALIAÇÃO DO COMPRIMENTO E LARGURA DAS FOLHAS DA ALFACE SOB DIFERENTES DOSES DE NaCl (g.L-1).



FONTE: A autora (2025).

Alves et al. (2011) avaliou o cultivo de alface crespa cv. 'Verônica' em sistema hidropônico NFT testando três estratégias de uso de águas salobras obtidas com adição de NaCl à água doce e os resultados do presente trabalho foram similares com o dos autores. A MSPA, MSR e o CR não foram afetados significativamente entre os tratamentos. Esse comportamento reforça a viabilidade técnica do cultivo de alface em hidroponia utilizando águas de qualidade inferior, desde que manejadas de forma adequada.

Em todos os gráficos do experimento os valores de R^2 se demonstraram baixos, o que pode estar relacionado à elevada variabilidade dos dados, à influência de outros fatores não controlados no experimento ou à baixa sensibilidade da variável analisada à salinidade nas condições do estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A adição de sódio reduziu todos os parâmetros avaliados, porém o sistema radicular da cultura da rúcula foi mais prejudicado a partir da dose de 0,4 g.L⁻¹.
- Dentre os níveis de sódio adicionados, não foi observado um resultado satisfatório nas culturas.

3.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Analisar a composição nutricional das folhas e raízes, para permitir avaliar se as plantas possuem a capacidade de acumular sódio.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, C. F. S.; SILVA, E. M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; SILVA, L. A. **Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio**. Revista de Ciência Agrárias, v. 42, n. 1, p. 194–205, 2019.

ALVES, Márcio S.; SOARES, Tales M.; SILVA, Luana T.; FERNANDES, Joseane P.; OLIVEIRA, Mariana L. A.; PAZ, Vital P. S. **Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 15, n. 5, p. 491–498, 2011.

Bernardi, C. C. **Reuso de Água para Irrigação**. Monografia (Especialização em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada), SEA-FGV ECOBUSINESS SCHOOL, Distrito Federal. 63p, 2003.

COMETTI, N. N. **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultura hidropônica sistema NFT**. Seropédica: UFRRJ, 2003. 128 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Costa, M. E.; Nascimento, E. K. Á.; Oliveira Miranda, N.; Pimenta, A. S.; Santos Rodrigues, A. P. M.; Mendonça Júnior, A. F. **Efeito do biochar sobre condutividade elétrica e pH de solos irrigados com água salina**. Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente, v. 23, n. 2, p.189-204,2019.

Costa, F. G. B., Oliveira, A. F. M., Carvalho, M. A. B., Fernandes, M. B. & Batista, R. O. (2014) **Desenvolvimento inicial de cultivares de melão fertirrigadas com distintas proporções de esgoto doméstico em Mossoró-RN**. Revista Caatinga, 27(2), 116-123.

DEMARTELAERE, A. C. F. et al. **O cultivo hidropônico de alface com água de reuso**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 11, p. 90206390224, 2020

FARIAS, S. G. DE et al. **Efeitos da salinidade no crescimento de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) em sistema hidropônico**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 14, n. 2, p. 4364–4373, 2020.

FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A.; SOUZA, C. F. DE. **Hidroponia: fundamentos para cultivo de hortaliças**. Lavras: Editora UFLA, 2015

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p.
FAQUIN, Valdemar. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p.

FAQUIN, V.; FURLANI, P. R. **Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido**. Informe Agropecuário, v. 20, n. 200/201, p. 99–104, 1999

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2000

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia – sistema NFT**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. (Boletim Técnico, 168)

INOCENCIO, Maykom Ferreira; CARVALHO, Janice Guedes de; NETO, Antonio Eduardo Furtini. **Potássio, sódio e crescimento inicial de espécies florestais sob substituição de potássio por sódio**. Revista Árvore, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 113–123, fev. 2014.

IVANOVA, K.; ANEV, S.; TZVETKOVA, N.; GEORGIEVA, T.; MARKOVSKA, Y. Influence of salt stress on stomatal, biochemical and morphological factors limiting photosynthetic gas exchange in *Paulownia elongata* x *Fortunei*. *Comptes Rendus de l'Académie Bulgare Des Sciences*, v. 68, n. 2, p. 217–224, 2015.

JAAFAR, N. S.; JAAFAR, I. S. **Eruca sativa Linn.: pharmacognostical and pharmacological properties and pharmaceutical preparations**. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, v. 12, n. 3, p. 39–45, 2019

JARDINA, L. L.; CORDEIRO, C. A. M.; CASTRO SILVA, M. C.; SANCHES, A. G., ARAÚJO JUNIOR, P. V. **Desempenho produtivo e qualidade de cultivares de rúcula em sistema semi-hidropônico**. Journal of Neotropical Agriculture, v. 4, n. 1, p. 78–82, 2017.

Kronzucker, H. J., Coskun, D., Schulze, L. M., Wong, J. R., & Britto, D. T. (2013). **Sodium as nutrient and toxicant**. Plant and soil, 369, 1–23.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SOARES, H. R.; WILLADINO, L. G. **Growth, water consumption and mineral composition of watercress under hydroponic system with brackish water**. Horticultura Brasileira, v. 36, n. 1, p. 13–19, 2018.

LÉLIS, R. C. C. et al. **Desempenho de hortaliças folhosas em sistemas hidropônicos comerciais: desafios e potencialidades**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 17, n. 1, p. 1–10, 2023.

LIMA, G. G. et al. **Análise do desenvolvimento de cultivares de rúcula submetidas a diferentes tipos de substrato**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 12, p. 114775–114788, 2021.

LIMA, M. S. S. et al. **Qualidade e produtividade econômica de cultivares de alface conduzidas nas condições edafoclimáticas do sudoeste paraense**. Revista Agroecossistemas, v. 10, n. 1, p. 227–240, 2018.

Malavolta, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London, Academic Press Inc., 1986. 674p.

MARTINEZ, HERMINIA EMILIA PRIETO. Manual prático de hidroponia. 3. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2017. 286 p. ISBN 9788583660712.

MOREIRA NETO, Antonio. **Cultivo de plantas de rúcula sob níveis de salinidade da água de irrigação**. 2020. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Rio Largo, 2020.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. Annual Review Of Plant Biology, [S.L.], v. 59, n. 1, p. 651-681, 1 jun. 2008.

PASCALE, S.; ORSINI, F. & PARDOSSI, A. (2013). **Irrigation water quality for greenhouse horticulture**. In Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops; FAO Plant Production and Protection Paper217; Food and Agriculture Organization of the United Nations:Rome, Italy, 169–204 p

PAULETTI, V.; SERRAT, B. M. . **Nutrição de plantas aplicada**. 1. ed. , 2025. v. 1. 112p.

PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. **Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas**. Revista Ceres, Viçosa, v. 59, n. 1, p. 110–117, 2012.

PRIETO MARTINEZ, H. E.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. Viçosa: [s. n.], 1997

PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2016

RODRIGUES, R. R.; BERTOSSI, A. P. A.; GARCIA, G. O.; ALMEIDA, J. R.; SILVA, E. A. **Salinidade no desenvolvimento de cultivares de alface**. Agrarian academy, v.2, p.70, 2015.

ROMERO, R. R. **Resposta fisiológica de plantas de Eucalyptus grandis à adubação com potássio ou sódio**. Piracicaba, SP, 2008.

SAKATA. **Mimosa: tradição em alface Mimosa**. 2024.

SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; SOARES, T. M.; DANTAS, R. M. L.; SILVA, M. M. **Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização**. Revista Ciência Agronômica, v. 42, p. 319-326, 2011.

SILVA, A. R. DA et al. **Respostas de cultivares de alface à salinidade da água de irrigação em hidroponia.** Revista Agro@mbiente On-line, v. 13, n. 1, p. 36–43, 2019

SILVA, E. M.; SOUZA, C. F.; DIAS, N. S.; SILVA, M. S. **Efeito da salinidade da água de irrigação na produção de alface hidropônica.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 11, n. 3, p. 1207-1215, 2017.

SILVA, F. V. et al. **Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 8, n. 3, p. 476–482, 2013

SILVA, A. O. et al. **Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido-PE e rejeito de dessalinizador.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 6, n. 1, p. 147–155, 2011

SILVA, David James Rodrigues da et al. **Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT usando águas salobras nas condições semiáridas de Ibimirim - PE.** In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009, Campo Grande. Anais [...]. Porto Alegre: ABRH, 2009.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; PAZ, V. P. S.; OLIVEIRA, J.L. B. **Uso de águas salobras em sistemas hidropônicos de cultivo.** In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (Eds.). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 373–393.

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; BONFIM-MARIA, E. M. **Produção de alface utilizando águas salobras em sistema hidropônico.** Irriga, v. 12, p. 235 - 248, 2007.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 858p., 2017.

TRANI, P. E.; FORNSIER, J. B.; LISBÃO, R. S. **A cultura da rúcula.** Campinas, SP: Instituto Agrônomo, 1992. (Boletim Técnico IAC, 146)

VILAR, D. **Características das principais cultivares de alface.** 2021. Disponível em: <https://agrononline.com.br/portal/artigo/caracteriticas-das-principais-cultivares-de-alface/>. Acesso em: 12 jun. 2025