



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Alcides Alberto Ferreira Neto

**Uso do extrato de algas marinhas (*Kappaphycus alvarezii*) sob estresse salino na
couve-folha hidropônica**

MOSSORÓ-RN

2025

Alcides Alberto Ferreira Neto

Uso do extrato de algas marinhas (*Kappaphycus alvarezii*) sob estresse salino na couve-folha hidropônica

Monografia apresentada ao departamento de ciências agronômicas e florestais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis de Oliveira

MOSSORÓ

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P383u Ferreira Neto, Alcides Alberto.
Uso do extrato de algas marinhas (*Kappaphycus alvarezii*) sob estresse salino na couve-folha hidropônica / Alcides Alberto Ferreira Neto. - 2025.
39 f. : il.

Orientador: Francisco de Assis de Oliveira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2025.

1. Brassica oleracea var. acephala. 2. Extrato de algas. 3. Salinidade. I. Oliveira, Francisco de Assis de, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da Instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Alcides Alberto Ferreira Neto

**Uso do extrato de algas marinhas (*Kappaphycus alvarezii*) sob estresse salino na
couve-folha hidropônica**

Monografia apresentada ao departamento
de ciências agronômicas e florestais da
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Defendida em: 25 / 07 / 2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. FRANCISCO DE ASSIS DE OLIVEIRA
(UFERSA) - Presidente

Documento assinado digitalmente
 HELENA MARIA DE MORAIS NETA GOIS
Data: 28/07/2025 12:36:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. HELENA MARIA DE MORAIS NETA GÓIS
(UFERSA) - Membro Examinador

Ma. MARIA WILLIANE DE LIMA SOUZA
(UFERSA) - Membro Examinador

Eng Agr. MARIO JONAS VERAS COSTA
(UFERSA) Membro Examinado

Dedico este trabalho a Jorge Alberto e Maria Rita, por todo amor, dedicação e apoio incondicional ao longo da minha vida. Sou profundamente grato por cada gesto, cada palavra e cada incentivo que me trouxeram até aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pelo dom da vida, pelas bênçãos concedidas e por me sustentar em cada etapa dessa caminhada.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), por ter sido o ambiente onde cresci acadêmica e pessoalmente. Ao grupo de pesquisa IrrigaNutri, pelos aprendizados e oportunidades que contribuíram significativamente para minha formação.

Aos meus pais, Jorge Alberto Moreira Ferreira e Maria Rita da Costa Ferreira, pelo amor incondicional, pela base sólida que me deram e por sempre acreditarem em mim. São vocês que me ensinaram sobre força, humildade e fé. Amo vocês com todo o meu coração!

À minha família, em especial à minha namorada Sara Gabriely Souza Quirino, por todo amor, paciência e companheirismo durante essa jornada. Você esteve ao meu lado nos momentos mais desafiadores e comemorou comigo cada conquista. Ao meu irmão Jorge Rycharllys Costa Ferreira, minha cunhada Camila Machado Ferreira e meu sobrinho Jorge Machado Ferreira, por estarem presentes com carinho e incentivo.

Ao meu orientador Francisco de Assis de Oliveira, pela orientação dedicada, pela amizade e pelos valiosos ensinamentos acadêmicos e de vida. Seu exemplo de profissionalismo e humanidade me inspira profundamente. Muito obrigado!

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste sonho, meu sincero MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A couve-folha (*Brassica oleracea* var. *acephala*) é uma hortaliça de elevado valor nutricional, cujo cultivo pode ser afetado pela salinidade da água ou do solo. . Neste contexto, o uso de bioestimulantes à base de extrato de algas marinhas surge como uma alternativa sustentável para mitigar os efeitos do estresse salino. Logo o presente trabalho, teve como objetivo avaliar a eficiência do extrato de algas marinhas na atenuação do estresse salino em plantas de couve-folha cultivadas em ambiente protegido. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×5 , combinando duas salinidades da água (2,2 e 5,0 dS m⁻¹) com cinco doses de extrato de algas (0; 2,5; 5; 7,5; 10 mL L⁻¹), com quatro repetições. Avaliaram-se variáveis agronômicas e fisiológicas, além de características de qualidade pós-colheita. Os resultados indicaram que a salinidade reduziu significativamente o desempenho das plantas em diversas variáveis, como número total de folhas, produção e características do caule. Entretanto, a aplicação do extrato de algas influenciou positivamente a maioria dos parâmetros avaliados, especialmente nas doses entre 4 e 6 mL L⁻¹, promovendo incrementos expressivos no número e na massa de folhas comerciais, na área foliar e na massa fresca e seca.

Palavras-chave *Brassica oleracea* var. *acephala*. Extrato de algas. Salinidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Número total de folhas (A) e número de folhas comerciais (B) de couve em função da salinidade da solução nutritiva e doses de Stalker em cultivo hidropônico.....	19
Figura 2. Produção total de folhas (A) e produção de folhas comerciais (B) de couve em função da salinidade da solução nutritiva e doses de Stalker em cultivo hidropônico.....	20
Figura 3. Área foliar da folha da couve em função da salinidade da solução nutritiva e doses de Stalker em cultivo hidropônico.....	22
Figura 4. Área foliar específica (A), suculência foliar (B), comprimento de folha (C) e largura de folha (D) de couve submetida ao estresse salino em cultivo hidropônico.....	23
Figura 5. Comprimento do caule (A), diâmetro do caule (B) e massa seca do caule (C) de couve em função da salinidade da solução nutritiva.....	25
Figura 6. Massa fresca de caule (A) de couve em função da salinidade da solução nutritiva.....	26
Figura 7. Massa seca de folhas em couve submetida ao estresse salino e doses de Stalker em cultivo hidropônico.....	27
Figura 8. Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), e potencial hidrogeniônico (pH) de couve folha em função de estresse salino e dose de Stalker.....	29
Figura 9. Transpiração (A), condutância estomática (B), taxa de fotossíntese líquida (C), concentração intercelular de CO ₂ (D), eficiência instantânea de carboxilação (E e F) de couve folha submetida ao estresse salino e dose de Stalker em cultivo hidropônico.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo da análise de variância para número total de folhas (NTF), número de folhas comerciais (NFC), produção total de folhas (PTF) e produção de folhas comerciais (PFC) em couve folha submetida ao estresse salino e doses de Stalker em cultivo hidropônico.....	18
Tabela 2. Resumo da análise de variância para área foliar (AF), área foliar específica (AF), suculência foliar (SF) comprimento de limbo foliar (CF) e largura do limbo foliar (LF) de couve folha submetida ao estresse salino e doses de Stalker em cultivo hidropônico.....	22
Tabela 3. Resumo da análise de variância para comprimento de caule (CC), diâmetro de caule (DC), massa fresca de caule (MFC), massa seca de caule (MSC) e massa seca de folhas em couve submetida ao estresse salino e doses de Stalker em cultivo hidropônico.....	25
Tabela 4. Resumo da análise de variância para teor de sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e razão SS/AT em couve folha submetida ao estresse salino e doses de Stalker em cultivo hidropônico.....	28
Tabela 5. Resumo da análise de variância para transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A), concentração interna de CO ₂ (Ci), eficiência instantânea do uso da água 9EiUa) e eficiência de carboxilação em couve folha submetida ao estresse salino e doses de Stalker em cultivo hidropônico.....	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
3.1 Crescimento, produção de folhas e qualidade pós-colheita.....	18
3.2 Trocas gasosas.....	29
4. CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

A couve folha, pertencente ao gênero *Brassica*, espécie *Brassica oleracea*, grupo acephala, caracterizada pelas folhas que não formam uma cabeça aparece frequentemente nas listas de "alimentos mais saudáveis" ou "superalimentos" (Šamec *et al.*, 2018). Suas folhas são ricas em vitaminas A, C e K, bem como em minerais essenciais como cálcio e ferro (Abellán *et al.*, 2019). Além disso, devido ao seu alto valor nutricional, o consumo dessas hortaliças traz consideráveis benefícios para a saúde humana e garantem a segurança alimentar (Kalia *et al.*, 2023).

No Brasil, a maioria dos produtores de couve folha se concentra em áreas com menos de 10 hectares, favorecendo o uso intensivo de mão de obra familiar, geração de renda para o pequeno produtor e fixação do homem no campo (Silva *et al.*, 2020).

Apesar de ser cultivada predominantemente em solo, em condições de campo aberto, recentemente, como estudos vêm evidenciando o potencial da couve-folha em diferentes sistemas hidropônicos, em sistema Nutrient Film Technique (NFT) (Noboa *et al.*, 2019), sistema floating (DFT) (Kimera *et al.*, 2023) e em substrato (Oliveira *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2023; Melo *et al.*, 2024), os quais mostram que a cultura apresentou boa adaptação aos sistemas hidropônicos.

A salinidade do solo ou da água de irrigação é um dos efeitos abióticos que mais prejudicam o crescimento e a produtividade das culturas (Silva *et al.*, 2020). Esse tipo de estresse representa um desafio significativo para a agricultura, particularmente em regiões áridas e semiáridas onde a disponibilidade de água de boa qualidade é limitada (Wendemeneh *et al.*, 2020).

Estudos mostram que a salinidade afeta o desempenho das plantas por meio do desequilíbrio iônico, causando toxicidade, favorecendo o estresse oxidativo e seca fisiológica, reduzindo a absorção de nutrientes e água (Angon *et al.*, 2022; Sousa *et al.*, 2022). Esse fenômeno tem implicações diretas na eficiência fotossintética das plantas, além de promover a desidratação celular e danificar estruturas celulares, como membranas e proteínas (Hameed *et al.*, 2021).

A cultura da couve folha é classificada como moderadamente sensível, cuja salinidade limiar é $1,8 \text{ dS m}^{-1}$, com decréscimo relativo na produtividade de 9,7% por aumento unitário da salinidade. Em sistema hidropônico do tipo NFT, Ferreira *et al.*

(2017) encontraram salinidade limiar para a couve de 2,3 dS m⁻¹ (Ayers & Westcot, 1999).

Estudos desenvolvidos com a cultura da couve folha submetida ao estresse salino, em cultivo hidropônico, mostraram que a elevada condutividade elétrica da solução nutritiva pode reduzir o processo fotossintético e desenvolvimento foliar, provocar desbalanço nutricional, e reduzir o rendimento das plantas (Viana *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2023; Oliveira *et al.*, 2023; Melo *et al.*, 2024; Pascual *et al.*, 2024).

Diante disto, deve-se adotar estratégias que possibilitem a redução do estresse salino na cultura. Os bioestimulantes à base de algas marinhas já demonstraram em inúmeras pesquisas seu potencial em estimular o crescimento das plantas, aumentar o número de flores, frutos e raízes, melhorando a tolerância das plantas à salinidade, à seca e ao calor (Battacharyya *et al.*, 2015).

Pode-se considerar os extratos de algas também como agentes atenuadores, uma vez que afetam o sistema antioxidante (enzimático e não-enzimático) das plantas, aumentando a tolerância do vegetal frente a condições ambientais adversas e melhorando a capacidade de recuperação após o estresse (Ervin *et al.*, 2004; Zhang & Ervin, 2004; Nair *et al.*, 2011), o que pode potencialmente incrementar ou, ao menos, manter a produção das plantas, mesmo sob condições não ideais de cultivo.

Em plantas de trigo submetidas a condições de estresse salino, Patel *et al.* (2018) observaram que o extrato de *Kappaphycus alvarezii* foi aplicado via foliar protege a membrana celular, evitando o vazamento de eletrólitos; portanto, reduzindo parâmetros de estresse como as quantidades de espécies reativas de oxigênio, ânion superóxido e peróxido de hidrogênio.

No Brasil, vários estudos já foram desenvolvidos utilizando biofertilizantes à base de extratos de algas marinhas como estratégia para reduzir o efeito estresses abióticos sobre as plantas, principalmente em culturas graminíferas, como soja (Cavalcante *et al.*, 2020) e arroz (Castro *et al.*, 2023). No entanto, são escassos estudos com este bioestimulante na produção de hortaliças folhosas submetidas à salinidade.

Diante do exposto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a eficiência do extrato de algas marinhas como atenuante do estresse salino na couve folha em sistema hidropônico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no período de 01/04/2025 a 01/07/2025, em casa de vegetação localizada no setor de experimental do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, no campus Oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró, RN (5° 11' LS; 37° 20' LO e 18 m de altitude).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos foram obtidos pela combinação de duas salinidades da água utilizada na solução nutritiva (2,2 dS m⁻¹ e 5,0 dS m⁻¹) com cinco doses de extrato de algas (0, 2,5, 5, 7,5 e 10 mL L⁻¹).

O plantio foi realizado com mudas de couve-folha, cv. Manteiga de Giorgia, produzidas em bandejas com 120 células e substrato de fibra de coco, fertirrigadas diariamente por capilaridade. Quando as mudas apresentaram 4 a 5 folhas definitivas, foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade para 10 L, contendo substrato de fibra de coco. O transplante ocorreu na data de 01/04/2025.

O extrato de algas (Stalker) foi aplicado via foliar, utilizando um pulverizador com capacidade para 5 L. No preparo da solução, foi utilizado um adjuvante (Facility) para melhorar a cobertura na aplicação e a absorção pelas plantas. A aplicação do extrato foi realizada quinzenalmente, conforme a dosagem de cada tratamento, com início 30 DAT.

Para as duas condições salinas, foi utilizada solução nutritiva recomendada por Furlani *et al.* (1999) para o cultivo hidropônico de folhosas, contendo os seguintes fertilizantes, em g 1000 L⁻¹: 750 g de nitrato de cálcio, 500 g de nitrato de potássio, 400 g de sulfato de magnésio e 150 g de MAP. Além desses, foram utilizados compostos comerciais de micronutrientes, conforme a recomendação do fabricante.

As fertirrigações foram realizadas com frequência de seis vezes ao dia, por meio de um sistema de gotejamento composto por um conjunto moto-bomba, uma caixa d'água de 500 litros, linha lateral de mangueira flexível (16 mm) e emissores de microtubo do tipo espaguete, com 5,0 cm de comprimento e diâmetro interno de 2,0 mm.

A primeira colheita foi realizada 41 DAT (10/05/2025), quando as folhas apresentaram comprimento do limbo foliar principal maior que 20 cm, deixando-se cinco folhas por planta (Trani *et al.*, 2015).

As demais colheitas foram realizadas quinzenalmente, totalizando cinco colheitas. Em cada colheita, as folhas colhidas foram levadas ao Laboratório de Hidroponia da UFERSA, para serem analisadas e classificadas em comerciais ou não comerciais (apresentando alguma deformação provenientes de ataque de pragas ou doenças, bem como, tamanho menor do que o pré-estabelecido). As folhas foram avaliadas quanto às seguintes variáveis:

Número total de folhas (NTF): determinado por contagem manual de todas as folhas de cada planta.

Número de folhas comerciais (NFC): determinado pela contagem manual das folhas com padrão comercial.

Comprimento (CF) e largura (LF) do limbo foliar: determinados utilizando uma fita métrica graduada em cm, considerando a maior folha da planta, expresso em cm.

Área foliar (AF), determinada pelo método dos discos foliares, sendo realizado a partir de amostras de 10 discos retirados de diferentes porções da folha da couve, com o auxílio de um vazador, ferramenta cilíndrica afiada e com área interna de 5 cm². Em seguida as amostras dos discos foliares de área conhecida, foram colocados em estufa em estufa ventilada a 65 °C, por 72 horas para a obtenção da matéria seca, equação 1.

$$AF = \frac{(MSF \times AD)}{MSD} \quad (1)$$

em que:

AF – área foliar, cm²;

MSF – massa seca de folhas, g;

AD – área do disco, cm²;

MSD – massa seca dos discos, g.

Área foliar específica (AFE): obtida pela razão entre área foliar e a massa seca de folhas (AF/MSF), expressa em cm² g⁻¹ de MSF. A MSF foi considerada como sendo a MSPA, tendo em vista que a parte aérea das plantas é composta basicamente por folhas (Eq. 2).

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \quad (2)$$

em que:

AFE – área foliar específica, $\text{cm}^2 \text{ g MSF}^{-1}$;

AF – área foliar, cm^2 ;

MSF – massa seca de folhas, g.

Massa fresca comercial (MFC): Determinada logo após a coleta, utilizando-se uma balança digital de precisão, expressa em g planta^{-1} .

Massa seca total (MST): obtida após a secagem das plantas em estufa com circulação forçada de ar, na temperatura de $65 \text{ }^\circ\text{C} (\pm 1)$, permanecendo na estufa por 72 horas ou até que atingisse peso constante. Em seguida foram pesadas em balança digital de precisão (0,01g);

Suculência foliar (SUCF): determinada pela relação entre a massa de água contida na folha e a área foliar, conforme equação 3, conforme (Mantovani, 1999).

$$\text{SUCF} = \frac{(\text{MFF} - \text{MSF})}{\text{AF}} \quad (3)$$

em que:

SUCF – suculência foliar, $\text{g H}_2\text{O cm}^{-2}$;

MFF – massa fresca de folhas, g;

MSF – massa seca de folhas, g;

AF – área foliar, cm^2 .

Altura de plantas (ALT): determinada medindo-se todas as plantas do colo até o broto terminal, usando auxílio de uma trena métrica, expressa em cm.

Diâmetro do caule (DC): Para a determinação do diâmetro do caule, utilizou-se um paquímetro digital realizando a medida na região do colo da planta, expresso em mm.

A análise de trocas gasosas foi realizada utilizando um analisador de gases por infravermelho (IRGA) que ocorreu na data 26/05/2025, para as avaliações das trocas gasosas utilizou-se um analisador de gás no infravermelho, modelo “LCPro +” - ADC Bio Scientific Ltd. operando com controle de temperatura a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, irradiação de 1200

μmol de fótons $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e vazão de ar de 200 mL min^{-1} no nível atmosférico de CO_2 . Foram analisadas as variáveis:

- Concentração interna de CO_2 ($C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$)⁻¹)
- Transpiração ($E - \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$),
- Condutância estomática ($G_s - \text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$),
- Fotossíntese líquida ($A - \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$),
- Eficiência instantânea do uso da água ($E_i\text{UA} - A/E, \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}/\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
- Eficiência de carboxilação instantânea ($E_i\text{Ci} - A/C_i, \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1} / \mu\text{mol mol}^{-1}$)⁻¹), calculados pelas equações 6 e 7:

$$E_i\text{UA} = \frac{A}{E}$$

$$E_i\text{Ci} = \frac{A}{C_i}$$

onde:

A – Taxa de assimilação de CO_2 ;

E – Transpiração;

C_i – Concentração interna de CO_2 ;

Além das variáveis de produção e fisiológicas, foram realizadas análises de qualidade pós-colheita das folhas, utilizando o suco do limbo foliar. A coleta para análise pós-colheita ocorreu na data de 06/06/2025. As variáveis analisadas foram:

Teor de sólidos solúveis (SS): determinado com o auxílio de refratômetro digital ATAGO PR-100 Palette (Attago Co. Ltd., Japan), com correção automática de temperatura e com escala variando de 0 até 32%. As amostras resultaram da retirada de uma alíquota proveniente da mistura das diferentes partes da planta (folha) e homogeneizadas em liquidificador, sendo os resultados expressos em °Brix.

Potencial hidrogeniônico (pH): determinado diretamente no suco, com o auxílio de um potenciômetro digital modelo DMPH-2 Digimed, previamente calibrado em soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 (AOAC, 2005).

Acidez titulável (AT): determinada conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (1985), determinada por titulação de uma alíquota de 10 g de suco, em duplicata, à

qual foram adicionados 40 mL de água destilada e em seguida, procedeu à titulação com solução de NaOH a 0,3 N. O ponto final da titulação foi determinado com o auxílio do potenciômetro digital até o pH atingir 8,1. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido málico.

Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT): determinada pela relação entre o valor de SS e da AT (Chitarra & Chitarra, 2005).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias referentes aos tipos de água foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). As médias referentes ao efeito das doses de biofertilizante foram avaliadas por meio de análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento, produção de folhas e qualidade pós-colheita

A interação entre os fatores salinidade e doses de Stalker(SxD) afetou as variáveis: número de folhas comerciais (NFC), produção total de folhas (PTF) e produção de folhas comerciais (PFC) em nível de 1% de probabilidade. Para o número total de folhas (NTF) houve efeito significativo apenas do fator salinidade de forma isolada, em nível de 5% de probabilidade (Tabela 1).

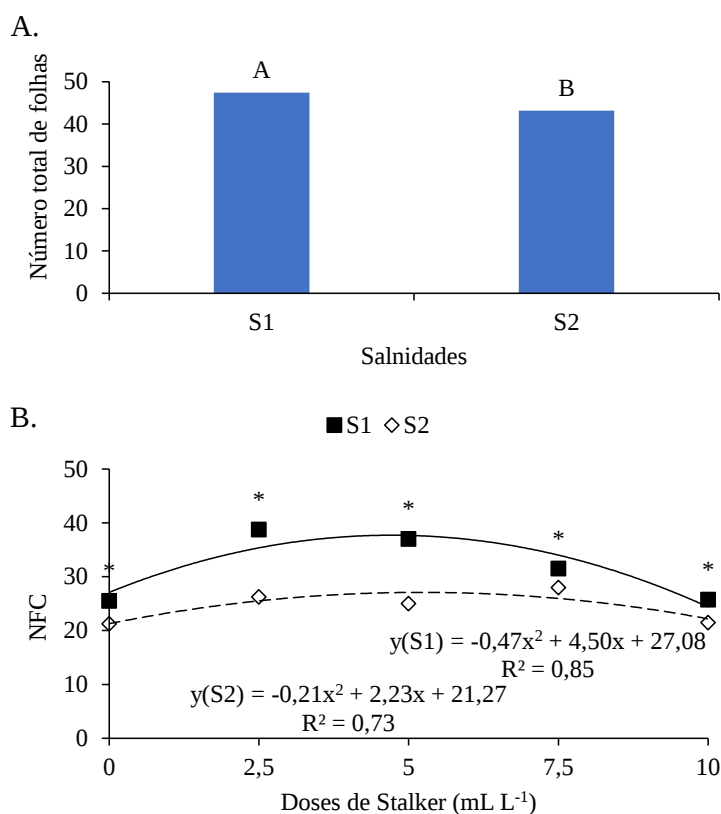
Tabela 1. Resumo da análise de variância para número total de folhas (NTF), número de folhas comerciais (NFC), produção total de folhas (PTF) e produção de folhas comerciais (PFC) em couve folha submetida ao estresse salino e doses de Stalker em cultivo hidropônico

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios			
		NTF	NFC	PTF	PFC
Salinidade (S)	1	183,48*	448,9**	472245,05**	466184,23**
Doses (D)	4	49,14 ^{ns}	20,33*	18181,98*	15124,28*
SxD	4	31,30 ^{ns}	134,21**	53018,60**	78811,98**
Resíduo	30	38,62	7,6	6359,52	5341,09
CV (%)		13,72	10,08	9,62	13,42

ns – não significativo; * e ** - significativos a 0,05 e 0,01, respectivamente pelo teste F

O NTF foi afetado apenas pela salinidade, em que a fertirrigação com solução nutritiva salinizada (S2) provocando redução de 9,02% (Figura 1A).

O NFC foi afetado pelas doses de Stalker nas duas salinidades e de forma quadrática, sendo os maiores valores obtidos nas doses 4,8 e 5,3 mL L⁻¹, com 37,6 e 27,02 folhas por planta para as salinidades S1 e S2, respectivamente. Comparando-se esses valores com os obtidos na ausência de Stalker, foram observados aumentos de 38,9% para S1 e 27,8% para S2 (Figura 1B). Com relação ao efeito da salinidade, verifica-se que o uso de água salinizada reduziu o NFC independentemente das doses de Stalker, com maiores reduções nas doses 2,5 e 5,0 mL L⁻¹, nas quais ocorreram reduções em média de 30% (Figura 1B).



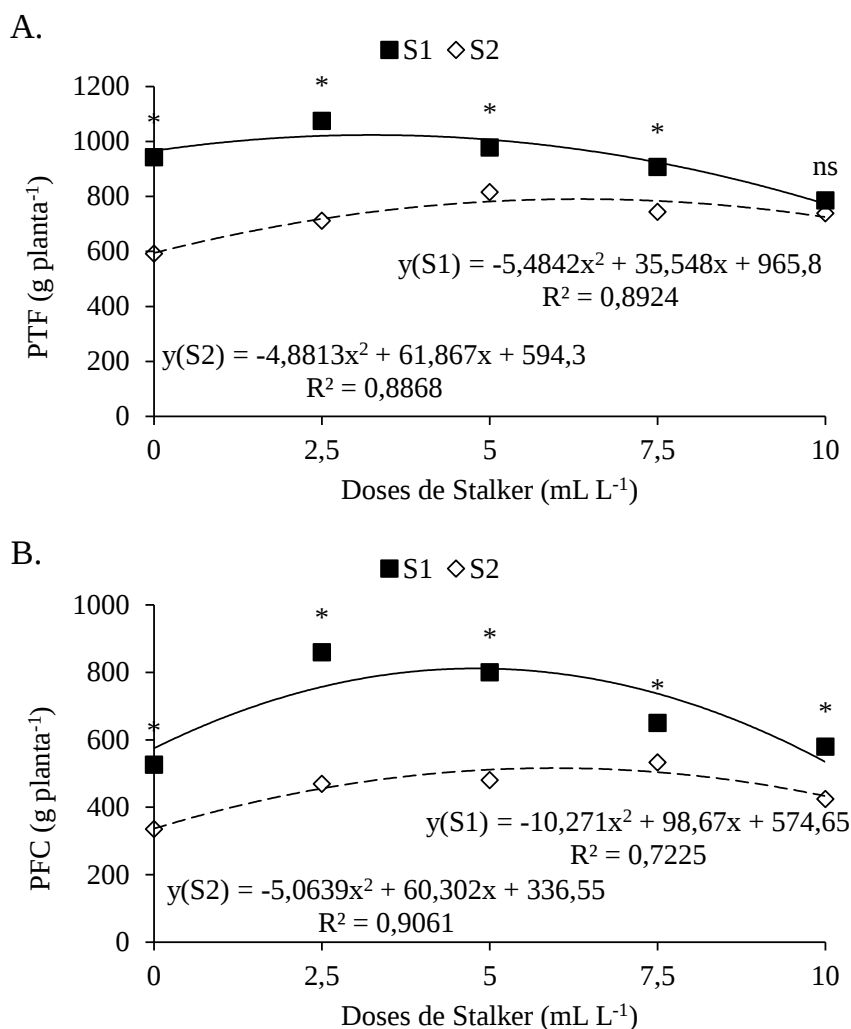
Colunas com a mesma letra não difere pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 1. Número total de folhas (A) e número de folhas comerciais (B) de couve em função da salinidade da solução nutritiva e doses de Stalker em cultivo hidropônico

A redução do número de folhas de couve em função do estresse salino também foi observada por vários autores (Viana *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2023; Melo *et al.*, 2024; Pascual *et al.*, 2024), os quais também observaram redução na emissão foliar, bem como na quantidade de folhas colhidas. De acordo com Petretto *et al.* (2019). Este comportamento é uma resposta morfológica para prevenir ou reduzir o estresse hídrico, caracterizando-se como uma estratégia adaptativa das plantas para sobreviver ao estresse salino.

As doses intermediárias de Stalker favoreceram a emissão foliar nas duas salinidades. Na literatura são escassos os estudos sobre o efeito de aplicação de extrato de outras espécies de algas marinhas em couve folha, no entanto outros autores observaram resposta positiva na aplicação desse produto em outras hortaliças como alface (Yusuf *et al.*, 2021; Rouphael *et al.*, 2022).

Para a produção total de folhas (PTF) também foi observada a resposta quadrática ao incremento nas doses de Stalker, com os maiores valores ocorrendo para as doses 3,2 e 6,3 mL L⁻¹, sendo 1138,6 e 790 g planta⁻¹, para as salinidades S1 e S2, respectivamente. De acordo com as equações de regressão, foram observados aumentos de 17,9% nas plantas fertirrigadas na solução nutritiva S1 e 33,0% na solução nutritiva S2, em comparação com os valores obtidos na ausência de Stalker (Figura 3). No tocante ao efeito da salinidade sobre a PTF nas diferentes doses de Stalker, verifica-se que a salinidade reduziu a PTF nas doses 0 a 7,5 mL L⁻¹, não ocorrendo diferença entre as salinidades na dose 10 mL L⁻¹. As maiores diferenças ocorreram 0 e 2,5 mL L⁻¹ de Stalker, sendo 37,3% e 33,8% respectivamente (Figura 2A).



* Diferença significativa entre as salinidades em cada dose de Stalker, pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 2. Produção total de folhas (A) e produção de folhas comerciais (B) de couve em função da salinidade da solução nutritiva e doses de Stalker em cultivo hidropônico

Analisando a produção de folhas comerciais (PFC), assim como para as variáveis NFC, PTF e PFC estas foram afetadas pelas doses de Stalker de forma quadrática. Na salinidade S1, a maior PFC ocorreu na dose 4,8 mL L⁻¹ (811,6 g planta⁻¹), representando um ganho de 41,2% em comparação com a PFC obtida na ausência de Stalker. Para S2, a dose 5,9 mL L⁻¹ de Stalker proporcionou uma maior PFC (516,2 g planta⁻¹), que representa um aumento de 53,4% em comparação com a obtida na ausência de Stalker (Figura 2B). Ainda na Figura 2B, verifica-se que a salinidade reduziu PFC, independentemente da dose de Stalker, com maiores diferenças nas doses 0,0 mL L⁻¹ (36,3%), 2,5 mL L⁻¹ (45,4%) e 5 mL L⁻¹ (40%).

De forma geral, verificou-se que as variáveis PTF e PFC apresentaram comportamento semelhante, as quais foram reduzidas quando utilizou a fertirrigação com solução nutritiva salinizada (S2), corroborando com os resultados apresentados por Silva *et al.* (2023) e Melo *et al.* (2024). A redução da produção de folhas sob alta salinidade ocorre porque o estresse salino causa danos aos processos metabólicos e celulares da planta, incluindo a interrupção da homeostase iônica devido ao influxo excessivo de íons sódio (Na⁺) e ao efluxo de potássio (K⁺). Essa condição resulta, subsequentemente, em uma redução significativa nos níveis de potássio, inibindo os atributos de crescimento da planta (Kumari *et al.*, 2021).

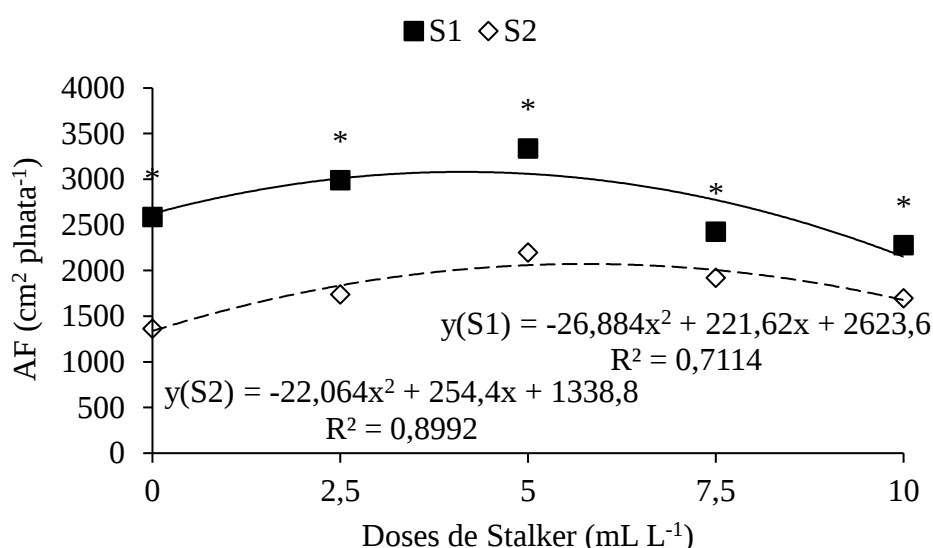
A interação entre os fatores salinidades e doses (SxD) afetaram a área foliar (AF), em nível de 1% de probabilidade. Para as demais variáveis ocorreu efeito significativo apenas no fator salinidade de forma isolada, a níveis de 5% de probabilidade para área foliar específica (AFE), e 1 % de probabilidade área foliar (AF), suculência foliar (SF), comprimento foliar (CF) e largura foliar (LF) (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para área foliar (AF), área foliar específica (AFE), suculência foliar (SF) comprimento de limbo foliar (CF) e largura do limbo foliar (LF) de couve folha submetida ao estresse salino e doses de Stalker em cultivo hidropônico

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		AF	AFE	SF	CF	LF
Salinidade (S)	1	8115685,58**	14,20*	23423,18**	121,24**	28,57**
Doses (D)	4	208402,87 ^{ns}	1,66 ^{ns}	1140,83 ^{ns}	4,33 ^{ns}	1,66 ^{ns}
SxD	4	844573,42**	0,93 ^{ns}	1813,32 ^{ns}	1,94 ^{ns}	5,00 ^{ns}
Resíduo	30	90309,00	2,87	881,97	3,13	1,79
CV (%)		13,45	8,15	9,53	8,73	8,40

ns – não significativo; * e ** - significativos a 0,05 e 0,01, respectivamente pelo teste F

Foi observado que a área foliar (AF), foi afetada de forma quadrática pelas doses de Stalker nas duas salinidades. Na salinidade S1 ocorreu um incremento na AF até a dose 4,12 mL L⁻¹ (3080,4 cm² planta⁻¹), e na S2 a dose 5,76mL L⁻¹ proporcionou maior AF (2072,24 cm² planta⁻¹). Comparando esses valores os obtidos na dose 0,0 mL L⁻¹ de Stalker, ocorreram ganhos de 17,41% em S1 e 54,78% em S2 (Figura 5). Também se observou que independente da dose de Stalker aplicada a salinidade reduziu a AF, sendo que S1 foi superior a S2, nas doses 0,0 mL L⁻¹ (47,2%), 2,5mL L⁻¹ (41,9%), 5 mL L⁻¹ (34,1%), 7,5 mL L⁻¹ (20,8%), 10 mL L⁻¹ (25,6%) (Figura 3).

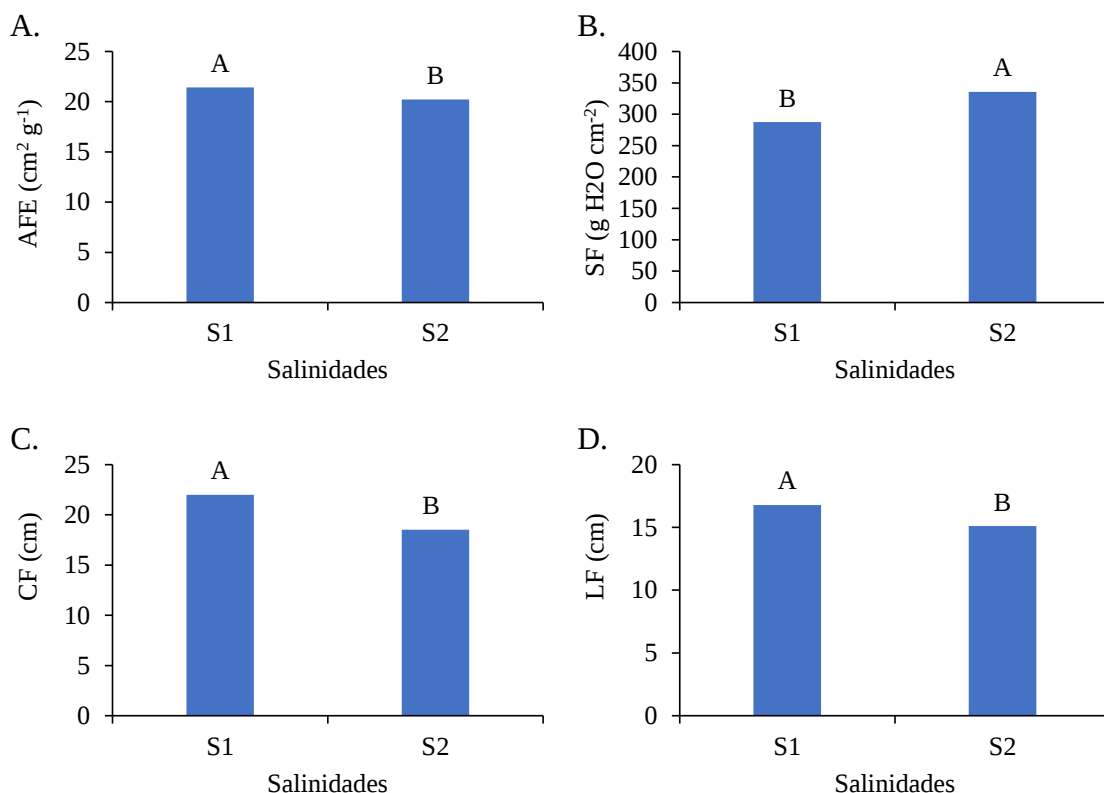


* Diferença significativa entre as salinidades em cada dose de Stalker, pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 3. Área foliar da folha da couve em função da salinidade da solução nutritiva e doses de Stalker em cultivo hidropônico

A redução da área foliar é um mecanismo de sobrevivência que as plantas possuem quando submetidas ao estresse salino, pois quando as plantas são expostas ao estresse hídrico, o fechamento estomático é induzido para reter água na planta, reduzindo a transpiração foliar (Khalid *et al.*, 2023). Com isto, percebe-se o efeito benéfico da aplicação do extrato de algas marinhas para reduzir o efeito da salinidade, uma vez que mesmo em condição salina provocou aumento na expansão foliar.

A salinidade afetou negativamente as variáveis área foliar específica (AFE), suculência foliar (SF), comprimento foliar (CF) e largura foliar (LF), sendo observadas reduções de 5,6; 16,8; 15,8; 10,1%, respectivamente para as variáveis AFE (Figura 4A), SF (Figura 4B), CF (Figura 4C) e LF (Figura 4D).



Colunas com a mesma letra não difere pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 4. Área foliar específica (A), suculência foliar (B), comprimento de folha (C) e largura de folha (D) de couve submetida ao estresse salino em cultivo hidropônico

Em estudo desenvolvido por Oliveira *et al.* (2022) e Oliveira *et al.* (2024), ambos trabalhando com couve rabano, também observaram redução na área foliar específica. A

AFE expressa a razão entre a área foliar disponível para realizar a atividade fotossintética e acumular fotoassimilados nas folhas. Assim, o aumento dessa variável demonstrou redução na espessura da lâmina foliar, demonstrando que o efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva foi mais expressivo na taxa de assimilação líquida do que na formação de fitomassa (Oliveira *et al.*, 2022).

O aumento na suculência foliar (SF) na maior salinidade deve-se a uma estratégia de adaptação das plantas ao estresse salino. Conforme Costa *et al.* (2003), o aumento da SF deve-se possivelmente, de um aumento no volume das células do mesofilo esponjoso em detrimento ao volume das células do parênquima paliçádico.

Melo *et al.* (2024) também observaram redução nas dimensões do limbo foliar da couve folha submetida ao estresse salino, fato este também observado por Silva *et al.* (2023) trabalhando com couve-flor submetida a estresse salino. O efeito da salinidade sobre as variáveis CF e LF, conforme apresentado anteriormente, refletiu diretamente sobre área foliar (Figura 3).

Este comportamento pode ser atribuído ao estresse osmótico e à toxicidade iônica causada pelas altas concentrações de salinidade, impedindo a absorção de água e nutrientes necessária às plantas, afetando negativamente a divisão e expansão celular (Muthusamy & Lee, 2024).

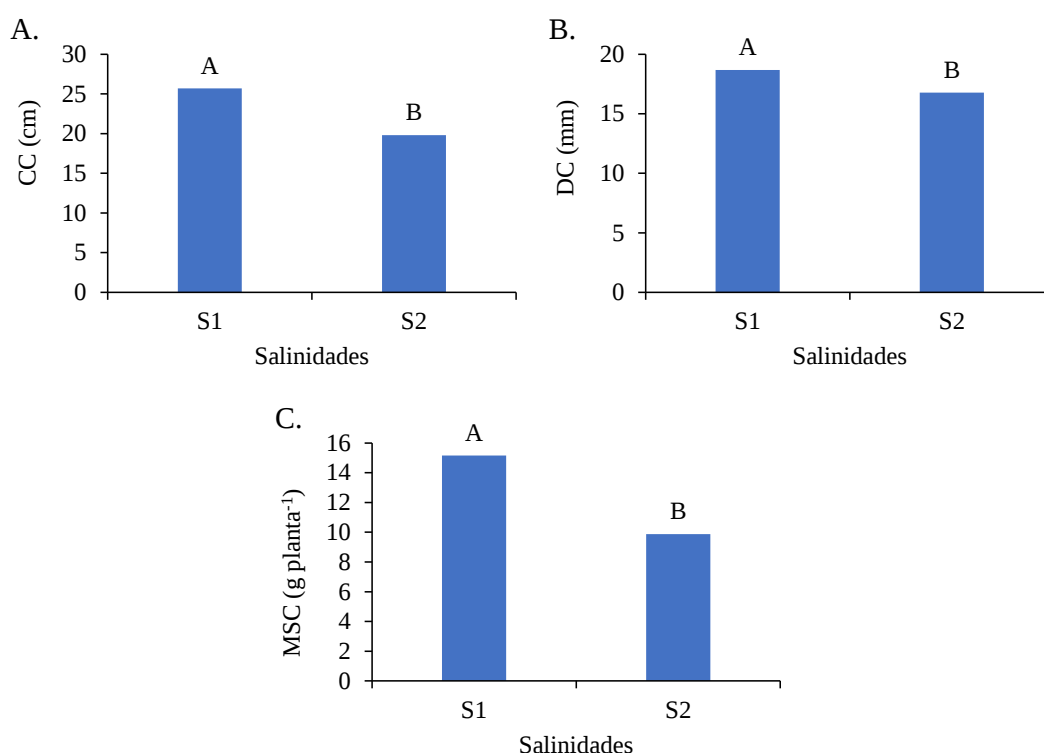
A interação entre os fatores salinidade e dose (SxD) afetou a massa seca de folhas (MSF), em nível de 1% de probabilidade, para as demais variáveis ocorreu efeito significativo no fator salinidade de forma isolada para comprimento de caule (CC), massa fresca de caule (MFC), massa seca de caule (MSC) a níveis de 1% de probabilidade, e para diâmetro de caule (DC) em nível de 5 % de probabilidade. O fator dose isolado afetou apenas a variável MFC ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para comprimento de caule (CC), diâmetro de caule (DC), massa fresca de caule (MFC), massa seca de caule (MSC) e massa seca de folhas em couve submetida ao estresse salino e doses de Stalker em cultivo hidropônico

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		CC	DC	MFC	MSC	MSF
Salinidade (S)	1	345,74**	36,38*	14819,03**	279,04**	7968,48**
Doses (D)	4	67,44 ^{ns}	9,63 ^{ns}	806,68**	5,92 ^{ns}	157,08 ^{ns}
SxD	4	18,16 ^{ns}	9,71 ^{ns}	458,07 ^{ns}	3,53 ^{ns}	948,63**
Resíduo	30	33,98	7,83	211,57	7,85	113,03
CV (%)		25,61	15,78	18,24	22,39	12,35

ns – não significativo; * e ** - significativos a 0,05 e 0,01, respectivamente pelo teste F

As variáveis comprimento de caule (CC), diâmetro de caule (DC) e massa seca de caule (MSC) foram afetadas de forma negativa pela salinidade da solução nutritiva (S2), sendo observadas reduções de 22,9; 10,2; 34,9; %, respectivamente para as variáveis CC (Figura 5A), DC (Figura 5B), MSC (Figura 5C).



Colunas com a mesma letra não difere pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 5. Comprimento do caule (A), diâmetro do caule (B) e massa seca do caule (C) de couve em função da salinidade da solução nutritiva.

A massa fresca de caule (MFC) foi reduzida com o uso de água salinizada em preparo da solução nutritiva, ocorrendo uma perda de 38,9% (Figura 6A). A MFC também foi afetada pelas doses de Stalker, ocorrendo resposta quadrática em que o maior valor ($89,2 \text{ g planta}^{-1}$) foi obtido na dose $4,3 \text{ mL L}^{-1}$ de Stalker, representando um ganho de 15,0% em comparação com a MFC obtida na ausência de Stalker (Figura 6B).

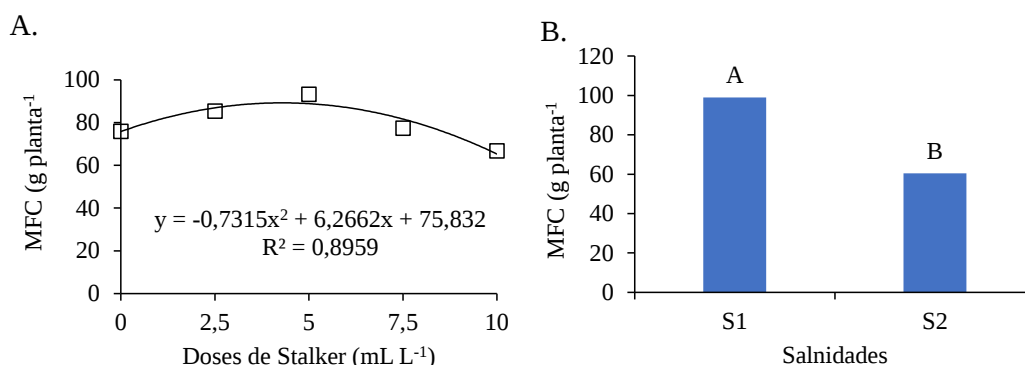


Figura 6. Massa fresca de caule (A) de couve em função da salinidade da solução nutritiva

Esses resultados referentes ao crescimento das plantas de couve (CC, DC, MFC e MSC), estão de acordo com os apresentados por Salachna *et al.* (2017). Esses autores atribuem essa resposta ao fato da salinidade inibir mitoses, alongamento celular e, consequentemente, reduz o peso fresco e seco, especialmente da parte aérea.

Para a variável massa seca de folhas (MSF) verificou-se que não houve efeito significativo das doses de Stalker nas plantas fertirrigadas com solução nutritiva não salinizada (S1), obteve-se MSF média de $98,1 \text{ g planta}^{-1}$. Para as plantas submetidas a solução salinizada (S2), ocorreu resposta quadrática, onde a melhor dose encontrada foi a de $6,05 \text{ mL L}^{-1}$ de Stalker conseguindo uma MSF de $82,79 \text{ g planta}^{-1}$, enquanto na dose $0,0 \text{ mL L}^{-1}$ foi obtido $53,9 \text{ g planta}^{-1}$, tendo um aumento de 53,7% (Figura 7).

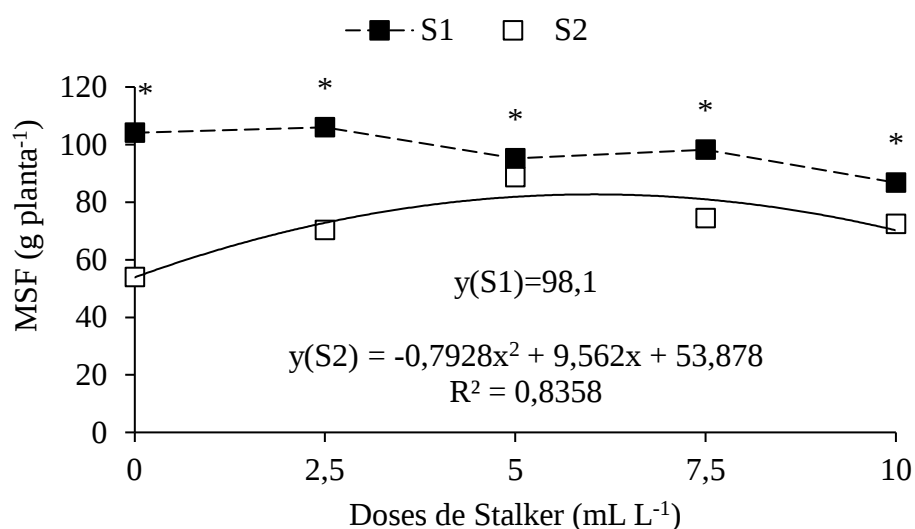


Figura 7. Massa seca de folhas em couve submetida ao estresse salino e doses de Stalker em cultivo hidropônico

A salinidade pode afetar o crescimento das plantas porque a redução do potencial osmótico do solo diminui a disponibilidade de água e nutrientes (González *et al.*, 2021). Para equilibrar isso, as plantas diminuem seu potencial osmótico, que é sua estratégia de adaptação ao estresse salino, reduzindo as atividades fotossintéticas e, consequentemente, a produção de biomassa (Oliveira *et al.*, 2024).

Em estudo desenvolvido com mostarda (*Brassica juncea* L.), Yusuf *et al.* (2020) observaram efeito positivo de biofertilizante à base de extrato de alga marinha *Kappaphycus alvarezii* sobre o crescimento das plantas. O efeito benéfico da aplicação de extrato de algas sobre as plantas submetidas ao estresse salino pode ser atribuído à ação deste insumo proporcionar melhorar a absorção de água e nutrientes pelas plantas, aumentar a resistência ao estresse salino (Castro *et al.*, 2023).

A interação entre salinidade e doses de Stalker (S×D) não apresentou efeito significativo em nenhuma das variáveis de pós-colheita. Entretanto, o fator salinidade teve efeito significativo ($p \leq 0,01$) em todas as variáveis analisadas. O fator dose afetou significativamente ($p \leq 0,05$) as variáveis acidez titulável (AT) e sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para teor de sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT) e razão SS/AT em couve folha submetida ao estresse salino e doses de Stalker em cultivo hidropônico

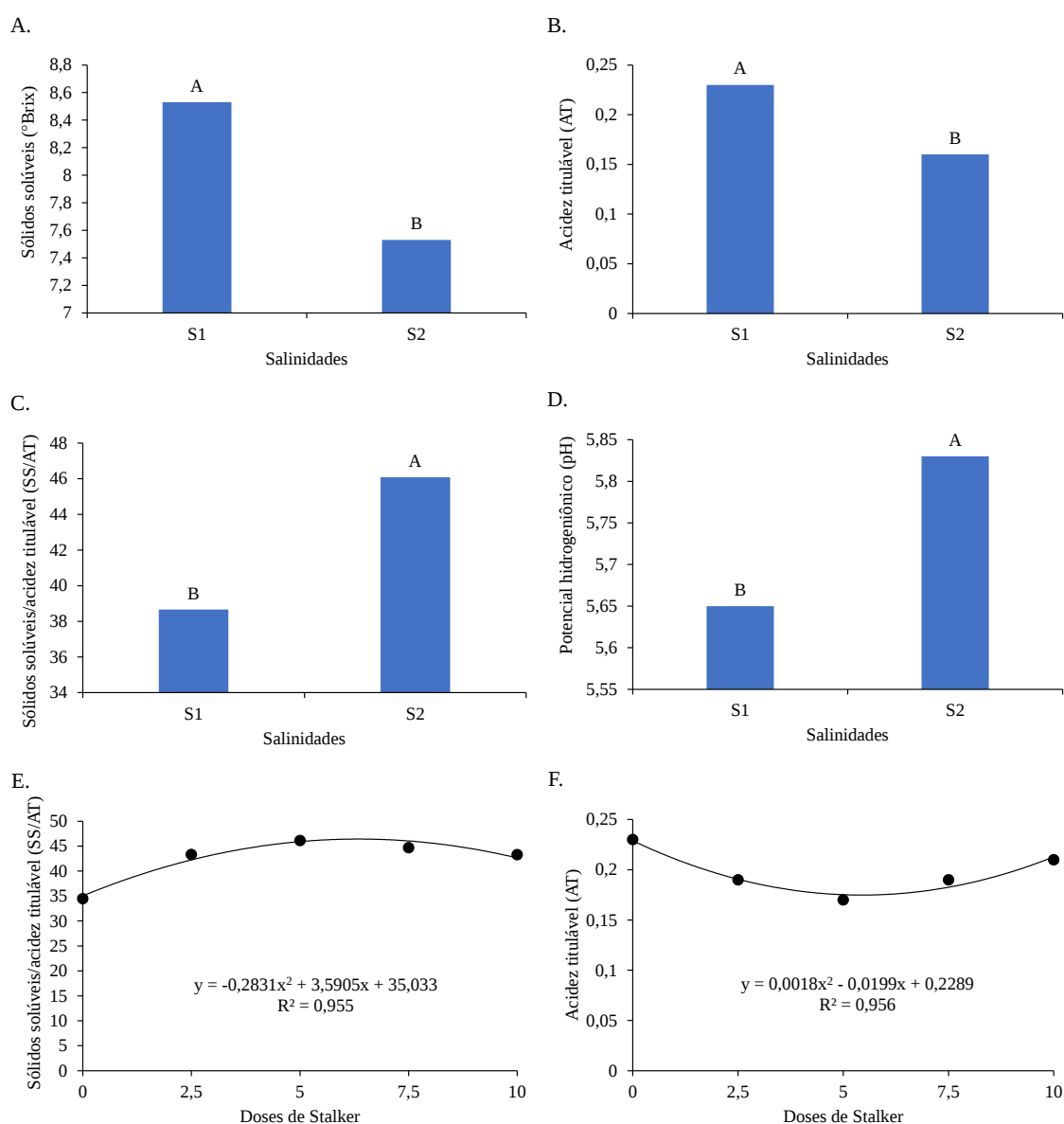
Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		SS	pH	AT	SS/AT
Salinidade (S)	1	10,0000**	0,308002**	0,040323**	551,157760**
Doses (D)	4	1,3215 ^{ns}	0,012385 ^{ns}	0,004003*	167,448847*
SxD	4	0,9375 ^{ns}	0,002940 ^{ns}	0,001723 ^{ns}	106,340272 ^{ns}
Resíduo	30	0,5785	0,006229	0,001043	45,160738
CV (%)		9,47	1,37	16,33	15,86

ns – não significativo; * e ** - significativos a 0,05 e 0,01, respectivamente pelo teste F

As variáveis sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) foram reduzidas com o uso de água salinizada em preparo da solução nutritiva (S2), ocorrendo uma perda de 11,7 e 30,4%, respectivamente (Figura 8A e 8B). Nas variáveis sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) e potencial hidrogeniônico (pH) ocorreu um aumento de 19,2 e 3,2%, respectivamente com o uso da S2 (Figura 8C e 8D).

Esses resultados diferem dos apresentados por Melo *et al.* (2024), em que os autores não observaram efeito da salinidade sobre características de qualidade pós-colheita em duas cultivares de couve folha. De acordo com Verruma-Bernardi *et al.* (2021) o teor de sólidos solúveis na couve pode variar dependendo de fatores como material genético, condições ambientais e sistema de cultivo, com SS variando de 5,07 a 9,12. Portanto, os valores de SS obtidos no presente estudo estão dentro da faixa observada por esses autores, independentemente das soluções nutritivas estudadas.

As variáveis AT e a SS/AT foram afetadas pelas doses de Stalker, ocorrendo resposta quadrática para ambas as variáveis. Para a AT o aumento das doses provocou redução até a dose 5,52 mL L⁻¹ de Stalker, obtendo-se 0,17% ac. Cítrico, representando uma diminuição de 31,6% em comparação com a AT obtida na ausência de Stalker (Figura 8F), para a razão SS/AT, verificou-se que o incremento nas doses de Stalker proporcionou aumento na SS/AT até a dose 6,34 mL L⁻¹ de Stalker (SS/AT = 35,0), representando um aumento de 24,5% em comparação com a SS/AT obtida na ausência de Stalker (Figura 8E).



Colunas com a mesma letra não difere pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 8. Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), e potencial hidrogeniônico (pH) de couve folha em função de estresse salino e doses de Stalker

3.2 Trocas gasosas

A interação entre salinidade e doses de Stalker ($S \times D$) apresentou efeito significativo a 1% de probabilidade para as variáveis transpiração (E) condutância estomática (gs), concentração intercelular de CO_2 (Ci) e a 5% na variável taxa de assimilação líquida de CO_2 (A). Os fatores salinidade e doses de Stalker afetaram de

forma isolada a variável eficiência instantânea de carboxilação (EiCi). A eficiência instantânea de uso de água (EiUA) não teve efeito significativo em nenhum dos fatores, seja de forma isolada ou em interação (Tabela 5)

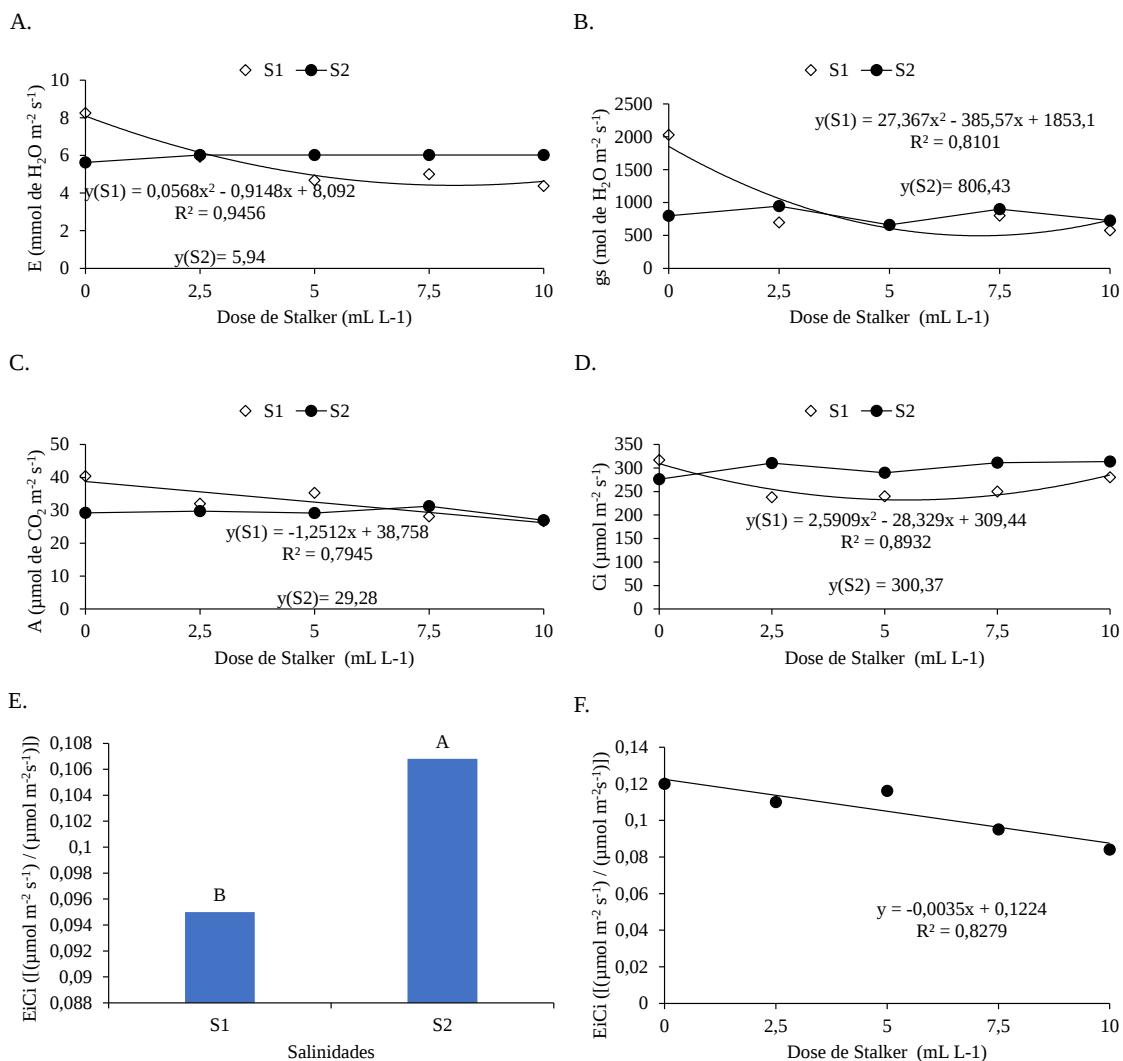
Tabela 5. Resumo da análise de variância para transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência instantânea do uso da água (EiUa) e eficiência de carboxilação em couve folha submetida ao estresse salino e doses de Stalker em cultivo hidropônico

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		E	gs	A	CI	EiUa	EiCi
Salinidade (S)	1	0,171 ^{ns}	126808,506 ^{ns}	26,423 ^{ns}	2395,026 ^{ns}	0,000546 ^{ns}	0,001056*
Doses (D)	4	4,517**	588771,645**	112,905**	1328,004 ^{ns}	0,000538 ^{ns}	0,001310**
SxD	4	3,035**	577242,505**	92,027*	2621,843**	0,000451 ^{ns}	0,000569 ^{ns}
Resíduo	20	0,530	90464,069	24,815	649,245	0,000456	0,000227
CV (%)		12,69	33,40	16,96	8,74	53,81	14,93

ns – não significativo; * e ** - significativos a 0,05 e 0,01, respectivamente pelo teste F

Nas plantas fertirrigadas com solução salinizada (S2), não houve efeito das doses de Stalker sobre as variáveis transpiração (Figura 9A), condutância estomática (Figura 9B), taxa de fotossíntese líquida (Figura 9C) e concentração intercelular de CO₂ (Figura 9D), obtendo-se de 5,95 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹, 806,43 mol de H₂O m⁻²s⁻¹, 29,28 µmol de CO₂ m⁻² s⁻¹, 300,37 µmol m⁻² s⁻¹, para E, gs, A e Ci, respectivamente.

Na condição não salina, houve resposta quadrática para as doses de Stalker nas variáveis, transpiração (A), condutância estomática (B) e concentração intercelular de CO₂ (D), nas quais os maiores valores ocorreram na dose 0 mL L⁻¹ de Stalker, e reduziram até as doses de 8,1; 7,0 e 5,5 mL L⁻¹ de Stalker, nas quais obteve-se 4,4 H₂O m⁻² s⁻¹, 2825,5 mol de H₂O m⁻² s⁻¹ e 232,0 µmol m⁻² s⁻¹ e tendo reduções de 45,5; 48,06 e 25,0% para as variáveis E (Figura 9A), gs (Figura 9B) e Ci (Figura 9D), respectivamente.



Colunas com a mesma letra não difere pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 9. Transpiração (A), condutância estomática (B), taxa de fotossíntese líquida (C), concentração intercelular de CO_2 (D), eficiência instantânea de carboxilação (E e F) de couve folha submetida ao estresse salino e doses de Stalker em cultivo hidropônico

Para a variável taxa de fotossíntese líquida (A), o incremento nas doses de Stalker provocou redução linear nesta variável, de forma que o maior valor ($38,758 \mu\text{mol de CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) enquanto na dose 10 mL L^{-1} ocorreu o menor valor ($26,246 \mu\text{mol de CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), provocando redução de 32,3% (Figura 9C).

Com relação a eficiência de carboxilação (EiCi), ocorreu efeito isolado da salinidade e das doses de Stalker. As plantas submetidas ao estresse salino apresentaram aumento de 12,42% na EiCi em resposta à salinidade (Figura 9E). Quanto ao efeito das doses de Stalker, ocorreu resposta linear e negativa, de forma que o maior valor (0,12

$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)/($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ocorreu na dose 0,0 mL L⁻¹, e na maior dose do produto provocou redução de 28,6% (Figura 9F).

De forma geral verifica-se que na ausência de Stalker, as variáveis E, gs, A e Ci foram reduzidas nas plantas fertirrigadas com solução nutritiva salinizada. Esses resultados estão de acordo com os apresentados por outros autores (Salachna *et al.*, 2017; Pavlović *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2023), os quais também observaram que o estresse salino afetou negativamente o processo de trocas gasosas em plantas de couve folha.

Esta resposta das plantas à salinidade ocorre porque o estresse salino afeta a atividade fotossintética devido ao acúmulo de íons Na⁺ e/ou Cl⁻ nos cloroplastos, que afetam os processos bioquímicos e fotoquímicos envolvidos na fotossíntese. Além disso, o estresse salino diminui a captação de CO₂ devido ao estresse salino, causando o fechamento dos estômatos, reduzindo o processo fotossintético (Silva *et al.*, 2021).

A redução na condutância estomática em resposta ao estresse salino é consequência da diminuição do potencial hídrico foliar, levando à perda de turgor (Sousa *et al.*, 2022). A diminuição da transpiração em plantas sob estresse salino está relacionada ao fechamento dos estômatos em resposta ao estresse osmótico causado pelo aumento da salinidade (Mastrogiannidou *et al.*, 2016).

De acordo com Sanoubar *et al.* (2016), as trocas gasosas foliares são geralmente prejudicadas pelo estresse salino, devido aos danos causados pelo sal no tecido fotossintético, a alterações nas características estomáticas com a consequente restrição da disponibilidade de CO₂ para carboxilação ou à aceleração da senescência.

Em estudo desenvolvido com espargos, Al-Ghamdi e Elansary (2018) constataram que a aplicação foliar de biofertilizante a base de extratos de algas marinhas aumentou o conteúdo de clorofila, condutância estomática, taxa fotossintética e taxas de transpiração, assim como observado no presente estudo.

4. CONCLUSÕES

A salinidade da água de irrigação interfere significativamente no crescimento da couve, principalmente nas variáveis de altura de planta e número de folhas.

A aplicação do extrato de algas apresentou efeitos positivos isolados em algumas variáveis fisiológicas e de crescimento, com destaque para a taxa de assimilação de CO₂.

O extrato de algas não foi suficiente para mitigar, de forma consistente, os efeitos negativos do estresse salino nas condições avaliadas.

A ausência de interação significativa entre os fatores salinidade e doses do extrato indica que o potencial bioestimulante do produto depende de condições específicas de aplicação.

Novos estudos são necessários para otimizar o uso desse bioestimulante sob condições salinizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELLÁN, Á.; DOMÍNGUEZ-PERLES, R.; MORENO, D.A.; GARCÍA-VIGUERA, C. Sorting out the value of cruciferous sprouts as sources of bioactive compounds for nutrition and health. **Nutrients**, v. 11, 429, 2019.

AL-GHAMDI, A. A.; ELANSARY, H. O. Synergetic effects of 5-Aminolevulinic acid and *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on asparagus phenolics and stress related genes under saline irrigation. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 129, p.273-284, 2018.

ANGON, P.; TAHJIB-UL-ARIF, M.; SAMIN, S.; HABIBA, U.; HOSSAIN, M.; BRESTIČ, M. How do plants respond to combined drought and salinity stress? – A Systematic Review. **Plants**, v. 11, 2884, 2022.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p.

BATTACHARYYA, D.; BABGOHARI, M. Z.; RATHOR, P.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 39-48, 2015.

CASTRO, T. A. V. T.; TAVARES, O. C. H.; TORCHIA, D. F. O.; SILVA, H. F. O.; DE MOURA, O. V. T.; CANTARINO, R. E.; LOPES, S. A.; VIÊGAS, C. V.; VENDRAMINI, A. L. A.; SANTOS, L. A.; BERBARA, R. L. L. GARCÍA, A. C. Organic fragments of k-carrageenan, lipids and peptides plus K-rich inorganic fraction in *Kappaphycus alvarezii* biomass are responsible for growth stimulus in rice plant when applied both foliar and root pathway. **Algal Research**, v. 71, 103040, 2023.

CAVALCANTE, W. S.; DA SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R.; NASCIMENTO, P. E. R.; CORRÊA, F. R. Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **Irriga**, v. 25, n. 4, p. 754-763, 2020.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 483p.

COSTA, P. H. A.; SILVA, J. V.; BEZERRA, M. A.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.3, p.289-297, 2003.

ERVIN, E.H.; ZHANG, X.; FIKE, J.H. Ultraviolet-b radiation damage on Kentucky bluegrass II: Hormone supplement effects. **HortScience**, v. 39, n. 6, p. 1471-1474, 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p.529-535, 2019.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC. 1999. 52p. Boletim Técnico, 180

- GONZÁLES, H. H. S.; PEÑUELAS-RUBIO, O.; ARGENTEL-MARTÍNEZ, L.; PONCE, A. L.; ANDRADE, M. H. H.; HASANUZZAMAN, M.; AGUILERA, J. G.; TEODORO, P. E. Salinity effects on water potential and the normalized difference vegetation index in four species of a saline semi-arid ecosystem. **Plant Biology**, v.9, e12297, 2021.
- HAMEED, A.; AHMED, M. Z.; HUSSAIN, T.; AZIZ, I.; AHMAD, N.; GUL, B.; NIELSEN, B. L. Effects of salinity stress on chloroplast structure and function. **Cells**, v. 10, n. 8, 2023, 2021.
- KALIA, P.; SINGH, S.; SELVAKUMAR, R.; MANGAL, M.; NAGARATHNA, T. K. **Genome designing for nutritional quality in vegetable brassicas. in compendium of crop genome designing for nutraceuticals**; KOLE, C., Ed.; Springer: Singapore, 2023.
- KHALID, M. F.; HUDA, S.; YONG, M.; LI, L.; LI, L.; CHEN, Z. H.; AHMED, T. Alleviation of drought and salt stress in vegetables: crop responses and mitigation strategies. **Plant Growth Regulation**, v.99, p.177-194, 2023.
- KIMERA, F.; MUGWANYA, M.; DAWOOD, M.; SEWILAM, H. Growth response of kale (*Brassica oleracea*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under saline aqua-sandponics-vegeculture system. **Scientific Reports**, v.13, p.1-12, 2023.
- KUMARI, S.; CHHILLAR, H.; CHOPRA, P.; KHANNA, R. R.; KHAN, M. I. R. Potassium: A track to develop salinity tolerant plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 167, p. 1011-1023, 2021.
- MASTROGIANNIDOU, E.; CHATZISSAVVIDIS, C.; ANTONOPOULOU, C.; TSABARDOUKAS, V.; GIANNAKOULA, A.; THERIOS, I. Response of pomegranate cv. Wonderful plants to salinity. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.16, p.621-636, 2016.
- MELO, M. R. S.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; AROUCHA, E. M. M.; ALMEIDA, J. G. L.; LIMA, B. L. C.; PINTO, F. F. B.; MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I. B. Production and quality of hydroponic kale under salt stress and KNO₃ concentrations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.28, n.11, e279380, 2024.
- MUTHUSAMY, M.; LEE, S. I. Abiotic stress-induced secondary metabolite production in brassica: opportunities and challenges. **Frontiers in Plant Science**, v.14, 1323085, 2024.
- NAIR, P.; KANDASAMY, S.; ZHANG, J.; JI, X.; KIRBY, C.; BENKEL, B.; HODGES, M.D.; CRITCHLEY, A.T.; HILTZ, D.; PRITHIVIRAJ, B. Transcriptional and metabolomic analysis of *Ascophyllum nodosum* mediated freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **BMC Genomics**, London, v. 13, p. 643, 2011.
- NOBOA, C. S.; RAVAGNANI, C. A.; SANTOS, C. P.; OLIVEIRA, B. C.; FERNANDES, N.; VERRUMA-BERNARDI, M. R.; SALA, F. C. Hydroponic

production and sensory analysis of kale in the form of a pack of young plants. **Revista Ciência, Tecnologia e Ambiente**, v.9, p.1-9, 2019.

OLIVEIRA, F. A.; FREITAS, R. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SANTOS, S. T.; COSTA, J. P. B. M.; MORAIS NETA, H. M.; MARQUES, I. C. S.; CORDEIRO, C. J. X. Electrical conductivity of the nutrient solution for soilless cultivation of kohlrabi. **Horticultura Brasileira**, v.40, p.129-135, 2022.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA M. K. T.; SANTOS, S. T.; MEDEIRO, J. F.; GÓIS, H. M. N.; CORDEIRO, C. J. X.; ALVEZ, F. A. T.; COSTA, M. J. V.; Production and quality of purple kohlrabi under nutrient solutions of different electrical conductivities. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.28, n.1, e270704, 2024.

OLIVEIRA, F. A.; SILVA, D. D.; SANTOS, S. T.; OLIVEIRA, M. K. T.; NASCIMENTO, L.; SILVA, R. T.; SOUSA NETO, O. N.; PINTO, F. F. B. Mineral nutrition and hydroponic kale production under saline stress and calcium nitrate. **Horticultura Brasileira**, v.41, e2615, 2023.

PASCUAL, C.; XIANG, L.; HERNANDEZ, R.; HALL, S. Optimizing light intensity and salinity for sustainable kale (*Brassica oleracea*) production and potential application in marine aquaponics. **Sustainability**, v. 16, 10516, 2024.

PATEL, K.; AGARWAL, P.; AGARWAL, P. K. *Kappaphycus alvarezii* sap mitigates abiotic-induced stress in *Triticum durum* by modulating metabolic coordination and improves growth and yield. **Journal of Applied Phycology**, v. 30, p. 2659-2673, 2018.

PAVLOVIĆ, I.; MLINARIĆ, S.; TARKOWSKÁ, D.; OKLESTKOVA, J.; NOVÁK, O.; LEPEDUŠ, H.; BOK, V. V.; BRKANAC, S. R.; Strnad, M.; Salopek-Sondi, B. Early *Brassica* Crops Responses to Salinity Stress: A Comparative Analysis Between Chinese Cabbage, White Cabbage, and Kale. **Frontiers in Plant Science**, v.10, 450, 2019.

PETRETTO, G. L.; URGEGHEA, P. P.; MASSAC, D.; MELITO, S. Effect of salinity (NaCl) on plant growth, nutrient content, and glucosinolate hydrolysis products trends in rocket genotypes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 141, p.30-39, 2019.

ROUPHAEL, Y.; CARILLO, P.; GARCIA-PEREZ, P.; CARDARELLI, M.; SENIZZA, B.; MIRAS-MORENO, B.; COLLA, G.; LUCINI, L. Plant biostimulants from seaweeds or vegetal proteins enhance the salinity tolerance in greenhouse lettuce by modulating plant metabolism in a distinctive manner. **Scientia Horticulturae**, v.305, 111368. 2022.

SALACHNA, P.; PIECHOCKI, R.; BYCZYŃSKA, M. Plant growth of curly kale under salinity stress. **Journal of Ecological Engineering**, v.18, p.119-124, 2017.

ŠAMEC, D.; URLIC, B.; SALOPEK-SONDI, B. Kale (*Brassica oleracea* var. acephala) as a superfood: Review of the scientific evidence behind the statement. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. 15, p.2411-2422, 2018.

SANOUBAR, R.; CELLINI, A.; VERONI, A. M.; SPINELLI, F.; MASIA, A.; ANTISARI, L. V.; ORSINI, F.; GIANQUINTO, G. Salinity thresholds and genotypic variability of cabbage (*Brassica oleracea* L.) grown under saline stress. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, p. 319-330, 2016.

SILVA, C. B.; ALVES, C. F. G.; DA SILVA, J. C.; DE ALBUQUERQUE NETO, J. C.; DOS SANTOS, M. A. L.; SILVA, J. V. Efeitos da aplicação do ácido ascórbico em mudas de couve folha (*Brassica oleracea*) cultivadas em diferentes níveis salinos. **Revista Ciência Agrícola**, v.18, p.23-26, 2020.

SILVA, D. D.; OLIVEIRA, F. A.; NASCIMENTO, L.; SÁ, F. V. S.; SANTOS, S. T.; FERNANDES P. D. Leaf gas exchanges and production of kale under $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ concentrations in salinized nutrient solution, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.27, n.2, p.157-163, 2023.

SILVA, J. S.; SÁ, F. V. S.; DIAS, N. S.; FERREIRA NETO, M.; JALES, G. D.; FERNANDES, P. D. Morphophysiology of mini watermelon in hydroponic cultivation using reject brine and substrates. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p.402-408, 2021.

SOUSA, H. C.; SOUSA, G. G.; CAMBISSA, P. B. C.; LESSA, C. I. N.; GOES, G. F.; SILVA, F. D. B.; ABREU, F. S.; VIANA, T. V. A. Gas exchange and growth of zucchini crop subjected to salt and water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 815-822, 2022

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; BLAT, S. F.; PRELA-PANTANO, A.; TEIXEIRA, É. P.; ARAÚJO, H. S.; FELTRAN, J. C.; PASSOS, F. A.; FIGUEIREDO, G. J. B.; NOVO, M. C. S. S. **Couve de folha: do plantio à pós-colheita**. Campinas: Instituto Agrônômico, 36p, 2015.

VERRUMA-BERNARDI, M. R.; PIMENTA, D. M.; LEVRERO, G. R. R.; FORTI, V. A.; MEDEIROS, S. D. S.; CECCATO-ANTONINI, S. R.; COVRE, E. A.; FERREIRA, M. D.; MORET, R.; BERNARDI, A. C. C.; SALA, F. C. Yield and quality of curly kale grown using organic fertilizers. **Horticultura Brasileira**, v.39, p.112-121, 2021.

VIANA, J. S.; PALARETTI, L. F.; SOUSA, V. M.; BARBOSA, J. A.; BERTINO, A. M. P.; FARIA, R. T.; DALRI, A. B. Saline irrigation water indices affect morphophysiological characteristics of collard. **Horticultura Brasileira**, v. 39, p. 79-85, 2021.

WENDEMENEH, D.; AYANA, M.; SINGH, P.; HAILESLASSIE, A. Effect of on-farm water management practices and irrigation water source on soil quality in Central Ethiopia. **African Journal of Agricultural Research**, v. 16, p. 1481-1495, 2020.

YUSUF, R.; BAHRUDIN; MAS'UD, H.; SYAKUR, A.; AFRIANA, D. S.; KALABA, Y.; KRISTIANSEN, P. Application of local seaweed extracts on growth and yield of mustard greens (*Brassica juncea* L.). **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, v. 484, 012066, 2020.

YUSUF, R.; LAUDE, S.; ALFIANA; SYAKUR, A.; RAMLI. The potential of seaweed used as hydroponic solution on the growth and yields of lettuce (*Lactuca sativa* L.) **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, v. 653 012065, 2021.

ZHANG, X.; ERVIN, E.H. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 1737-1745, 2004.
