



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
MESTRADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

CLAUDEONE MANOEL DO NASCIMENTO

**POTENCIAL BIOESTIMULANTE DE EXTRATOS DE ALGAS VERMELHAS
(*Kappaphycus alvarezii*) NA ATENUAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM PLANTAS
DE COENTRO**

MOSSORÓ

2025

CLAUDEONE MANOEL DO NASCIMENTO

**POTENCIAL BIOESTIMULANTE DE EXTRATOS DE ALGAS VERMELHAS
(*Kappaphycus alvarezii*) NA ATENUAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM PLANTAS
DE COENTRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Tecnologias em nutrição de plantas e soluções para convivência com a seca e salinidade.

Orientadora: Jeane Cruz Portela, Profa. Dra.

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 tomar-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.

N244p Nascimento, Claudeone Manoel do .
Potencial bioestimulante de extratos de algas
vermelhas (*Kappaphycus alvarezii*) na atenuação do
estresse salino em plantas de coentro /
Claudeone Manoel do Nascimento. - 2025.
69 f. : il.

Orientador: Jeane Cruz Portela.
Coorientador: Francisco de Assis de Oliveira.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2025.

1. *Coriandrum sativum* L.. 2. Cultivo sem solo.
3. Condutividade elétrica. 4. Stalker
(fertilizante foliar). I. Cruz Portela, Jeane ,
orient. II. Oliveira, Francisco de Assis de , co-
orient. III. 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.

CLAUDEONE MANOEL DO NASCIMENTO

**POTENCIAL BIOESTIMULANTE DE EXTRATOS DE ALGAS VERMELHAS
(*Kappaphycus alvarezii*) NA ATENUAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM
PLANTAS DE COENTRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Tecnologias em nutrição de plantas e soluções para convivência com a seca e salinidade.

Defendida em: 20/08/2025.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

JEANE CRUZ PORTELA

Data: 07/10/2025 15:40:29-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jeane Cruz Portela, Profa. Dra. (UFERSA)
Presidente



Documento assinado digitalmente

MARIA LAIANE DO NASCIMENTO SILVA

Data: 09/10/2025 13:09:30-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Maria Laiane do Nascimento Silva, Pesquisadora (EMBRAPA MEIO NORTE)
Membro Examinador



Documento assinado digitalmente

JOAQUIM EMANUEL FERNANDES GONDIM

Data: 07/10/2025 16:02:58-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Joaquim Emanuel Fernandes Gondim, Prof. Dr. (UVA)
Membro Examinador



Documento assinado digitalmente

JUSSIARA SONALLY JACOME CAVALCANTE

Data: 07/10/2025 16:41:24-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jussara Sonally Jácome Cavalcante, Pesquisadora (INSA)
Membro Examinador



Documento assinado digitalmente

FRANCISCO DE ASSIS DE OLIVEIRA

Data: 09/10/2025 15:31:16-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Francisco de Assis de Oliveira, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida e saúde, e por não ter desistido de mim. A Ele toda honra e toda glória. Meus sinceros agradecimentos pela renovação da minha fé diariamente, e força de vontade para alcançar este marco em minha jornada acadêmica porque só ele é conhecedor das batalhas enfrentadas até aqui.

Agradeço a minha família, em especial a meu pai Manoel Antônio Filho, minha mãe Maria Severina do Nascimento (In memória), a minha tia Maria Rita de Oliveira (In memoria) e a todos meus irmãos.

Agradeço a Universidade Federal Rural do Semiárido, campus Mossoró, RN. Em especial a todos professores, técnicos, laboratoristas, secretários(as) e colaboradores.

Agradeço à Professora Dra. Jeane Cruz Portela e ao Professor Dr. Francisco de Assis de Oliveira, carinhosamente chamado de Thikão amigão, por me concederem a oportunidade de tê-los como orientadora e coorientador, cujo apoio e suas lições foram valiosas e desempenharam um papel fundamental na minha formação, durante o curso de Mestrado nesta Universidade, principalmente, na execução das tarefas do projeto de pesquisa e também no meu crescimento profissional e pessoal, tornando esse sonho em realidade. A todos, meus sinceros agradecimentos, nunca esquecerei de tudo que fizeram por mim.

Agradeço a Coordenação do Programa por me ensinarem a ser um profissional ético, criterioso e pelos diversos ensinamentos que só tem de agregar a minha formação acadêmica.

Agradeço a Banca Examinadora por estar presente neste momento marcante de minha trajetória no curso de Pós Graduação em Manejo de Solo e água na UFERSA.

Agradeço aos meus amigos que, direta ou indiretamente, me ajudaram e muito a concluir esse projeto, em especial aqueles que fizeram parte do grupo de pesquisa Física do Solo e também do grupo de pesquisa Irrigação e Nutrição de Plantas (Irriga Nutri). Cada contribuição, foi essencial para o sucesso deste trabalho.

Agradeço a todos que, de alguma forma compartilharam seus conhecimentos, experiências e apoio ao longo dessa jornada. Esse trabalho é o resultado do esforço coletivo de muita gente e por isso, expresso minha sincera gratidão a todos que tornaram possível a realização deste estudo. Cada um de vocês tem um lugar no meu coração e serão eternamente lembrados. Agradeço de coração.

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”.

João 1:9

RESUMO GERAL

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma das hortaliças mais produzidas e consumidas no Brasil, especialmente no Nordeste, onde a utilização de água salina na irrigação pode comprometer o crescimento e a produtividade. Diante disto, para se obter êxito na produção dessa hortaliça deve-se adotar estratégia que mitigue o estresse salino sobre as plantas. A pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a eficiência da aplicação foliar de fertilizante à base de extrato de algas marinhas (*Kappaphycus alvarezii*) para mitigar o efeito do estresse salino na cultura do coentro. Foram realizados dois experimentos, ambos em sistema hidropônico utilizando substrato. O primeiro foi desenvolvido seguindo o delineamento em esquema fatorial 3×4 , sendo três condutividades elétricas da solução nutritiva (2,0; 5,5 e 7,0 dS m⁻¹) e quatro concentrações de Stalker (fertilizante foliar à base de extrato de algas marinhas), com aplicações via foliar (0,0; 2,5; 5,0 e 7,5 mL L⁻¹). Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de plantas (ALT), área foliar (AF), área foliar específica (AFE), suculência foliar (SF), massa fresca (MF) e massa seca (MS). O segundo experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial $3 \times 2 \times 2$, sendo três condutividades elétricas da solução nutritiva (2,0; 3,5 e 5,0 dS m⁻¹), duas condições de aplicação de extrato de algas (com e sem) e duas cultivares de coentro (Verdão e Frevo). Foram analisadas variáveis referentes às trocas gasosas (transpiração, taxa de assimilação líquida, condutância estomática, concentração interna de CO₂, eficiência intrínseca do uso da água e eficiência de carboxilação) e de crescimento (altura, número de hastes, massa fresca (parte aérea, raiz e total) e massa seca (parte aérea, raiz e total)). No primeiro experimento o estresse salino reduziu as variáveis ALT e AFE, independentemente das doses de Stalker, enquanto a AF, SF e AFE foram afetadas pelas doses de Stalker de forma isolada. As variáveis MF e MS foram afetadas pela interação entre os fatores estudados. O Stalker provocou aumento na MF e MS em salinidades baixa (2,0 dS m⁻¹) e média (5,5 dS m⁻¹), não ocorrendo resposta na salinidade alta (7,0 dS m⁻¹). Em condições de baixa e média salinidade, doses variadas de 3,5 a 7,0 mL L⁻¹ para média e baixa salinidade respectivamente, são recomendadas para obter maior produção de coentro. No segundo experimento verificou-se que a cv. Verdão mostrou-se mais tolerante à salinidade do que a cv. Frevo. A aplicação de Stalker teve efeito positivo apenas na cv. Frevo por esta cultivar ser mais sensível à salinidade. O cultivo de ambas as cultivares pode ser realizada em sistema hidropônico utilizando água salina até 5,0 dS m⁻¹ da solução nutritiva para a cv. Verdão, e até 3,5 dS m⁻¹ para a cv. Frevo.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L.; Cultivo sem solo; Condutividade elétrica; Stalker (fertilizante foliar)

GENERAL ABSTRACT

Coriander (*Coriandrum sativum* L.) is one of the most widely cultivated and consumed vegetables in Brazil, particularly in the Northeast region, where the use of saline water for irrigation can negatively affect plant growth and productivity. To ensure successful production of this crop, it is necessary to adopt strategies that mitigate the effects of salt stress on plants. This study aimed to evaluate the efficiency of foliar application of a seaweed extract-based fertilizer (*Kappaphycus alvarezii*) in alleviating salt stress in coriander cultivation. Two experiments were conducted using a hydroponic system with substrate. The first experiment followed a 3×4 factorial design, consisting of three levels of nutrient solution electrical conductivity (2.0, 5.5, and 7.0 dS m⁻¹) and four concentrations of Stalker (a foliar fertilizer based on seaweed extract) applied via foliar spraying (0.0, 2.5, 5.0, and 7.5 mL L⁻¹). The evaluated variables included plant height, leaf area, specific leaf area, leaf succulence, fresh mass, and dry mass. The second experiment used a completely randomized design in a $3 \times 2 \times 2$ factorial scheme, comprising three electrical conductivities of the nutrient solution (2.0, 3.5, and 5.0 dS m⁻¹), two conditions regarding the application of seaweed extract (with and without), and two coriander cultivars (Verdão and Frevo). The evaluated variables included gas exchange parameters (transpiration, net assimilation rate, stomatal conductance, internal CO₂ concentration, intrinsic water use efficiency, and carboxylation efficiency), as well as growth parameters (height, number of stems, fresh and dry mass of shoot, root, and total biomass). In the first experiment, salt stress reduced plant height and specific leaf area regardless of the Stalker doses, while leaf area, leaf succulence, and specific leaf area were affected independently by the fertilizer doses. Fresh and dry mass were influenced by the interaction between salinity and fertilizer application. Stalker increased fresh and dry mass under low (2.0 dS m⁻¹) and medium (5.5 dS m⁻¹) salinity levels, with no effect under high salinity (7.0 dS m⁻¹). Under these low and medium salinity conditions, doses ranging from 3.5 to 7.0 mL L⁻¹ proved effective for enhancing coriander yield. In the second experiment, the Verdão cultivar showed greater salt tolerance compared to Frevo. The application of Stalker had a positive effect only on the Frevo cultivar, which was more sensitive to salinity. Both cultivars can be cultivated hydroponically using saline water, with nutrient solution electrical conductivity up to 5.0 dS m⁻¹ for Verdão and up to 3.5 dS m⁻¹ for Frevo.

Keywords: *Coriandrum sativum* L.; soilless cultivation; electrical conductivity; Stalker (foliar fertilizer)

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 –	Mapa do Brasil com destaque para a cidade de Mossoró, RN.....	25
Figura 2 –	Vista geral do experimento em casa de vegetação, Mossoró, RN, UFERSA, 2025.	25
Figura 3 –	Altura de plantas (A e B), área foliar (C e D), suculência foliar (E e F) e área foliar específica (G e H) de coentro em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (A) e doses de Stalker (B) em cultivo hidropônico.....	31
Figura 4 –	Produção de massa fresca do coentro em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e doses de Stalker em cultivo hidropônico.....	32
Figura 5 –	Produção de massa seca do coentro em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e doses de Stalker em cultivo semi-hidropônico.....	33

CAPÍTULO 2

Figura 1 –	Mapa do Brasil com destaque para a cidade de Mossoró, RN.....	48
Figura 2 –	Vista geral do experimento em casa de vegetação, Mossoró - RN, UFERSA, 2025.....	48

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 –	Características químicas da água utilizada para preparo das soluções proveniente do setor de abastecimento da UFERSA.....	27
Tabela 2 –	Resumo da análise de variância para altura (ALT), área foliar (AF), suculência foliar (SF), área foliar específica (AFE), produção de massa fresca (MF) e produção de massa seca (PMS) de coentro em função da condutividade elétrica da solução nutritiva.....	30

CAPÍTULO 2

Tabela 1 –	Variáveis de trocas gasosas avaliadas em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução nutritiva e aplicação foliar de Stalker.....	50
Tabela 2 –	Resumo da análise de variância para transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida (A), concentração interna de CO ₂ (Ci), eficiência intrínseca do uso da água (EiUa) e eficiência de carboxilação (EiCi) em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução e nutritiva e aplicação foliar de Stalker.....	51
Tabela 3 –	Valores médias para transpiração e condutância estomática em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução e nutritiva e aplicação foliar de Stalker.....	52
Tabela 4 –	Eficiência intrínseca do uso da água em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução e nutritiva e aplicação foliar de Stalker.....	53
Tabela 5 –	Valores médios para taxa de assimilação líquida (A), concentração interna de CO ₂ e eficiência de carboxilação (EiCi) em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução e nutritiva e aplicação foliar de Stalker.....	53
Tabela 6 –	Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT), comprimento de raiz (CR), número de hastes (NH), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca raiz (MFR) e massa fresca total (MFT) em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução e nutritiva e aplicação foliar de Stalker.....	54
Tabela 7 –	Valores médias para altura de plantas (cm) em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução e nutritiva e aplicação foliar de Stalker.....	55

Tabela 8 –	Valores médias para número de hastes, massa fresca da parte aérea e massa fresca total em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução e nutritiva e aplicação foliar de Stalker.....	55
Tabela 9 –	Massa fresca de raiz em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução e nutritiva e aplicação foliar de Stalker.....	56
Tabela 10 –	Resumo da análise de variância para massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca total (MST) e teor de água na parte aérea (%H ₂ O-PA) em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução e nutritiva e aplicação foliar de Stalker.....	56
Tabela 11 –	Valores médios de massa seca de raiz, massa seca de parte aérea e massa seca total de cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução e nutritiva e aplicação foliar de Stalker.....	57

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16
CAPÍTULO 1- MITIGAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM COENTRO HIDROPÔNICO COM FERTILIZANTE FOLIAR À BASE DE EXTRATO DE ALGAS MARINHAS	20
1. INTRODUÇÃO.....	23
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3. RESULTADOS.....	29
4. DISCUSSÃO	34
5. CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
CAPÍTULO 2- INTERAÇÃO ENTRE ESTRESSE SALINO E BIOESTIMULANTE STALKER EM DIFERENTES CULTIVARES DE COENTRO.....	44
1. INTRODUÇÃO.....	46
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
3. RESULTADOS.....	51
3.1 TROCAS GASOSAS.....	51
3.2 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO.....	54
4. DISCUSSÃO.....	58
4.1 TROCAS GASOSAS.....	58
4.2 CRESCIMENTO E RENDIMENTO.....	59
5. CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
CONSIDERAÇÕES FINAIS	63

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma espécie anual da família Apiaceae, originária da região do Mediterrâneo, amplamente cultivada e consumida no Brasil, sobretudo no Nordeste (KUMAR et al., 2008). Além de seu uso culinário, a cultura possui elevado valor nutricional, sendo fonte de vitaminas (A, C, B1 e B2) e minerais como cálcio e ferro, além de apresentar propriedades medicinais que justificam sua aplicação nas indústrias alimentícia e farmacêutica (ACÍMOVIĆ, 2013; DE; DE, 2021).

Apesar de sua importância socioeconômica, o cultivo do coentro em regiões semiáridas enfrenta desafios relacionados à qualidade da água disponível para irrigação, frequentemente salina, condição que compromete o crescimento, a fisiologia e a produtividade da cultura. Essa limitação evidencia a necessidade de estratégias de manejo que possibilitem a produção sustentável da hortalíça em ambientes sujeitos ao estresse salino.

O coentro é cultivado predominantemente em condições de campo aberto, e seu cultivo tem sido realizado por pequenos e médios produtores, especialmente para a produção de massa verde (LINHARES et al., 2015). Por outro lado, a cultura tem ganhado espaço entre os produtores em sistema hidropônico, apresentando boa adaptação, principalmente ao sistema semi-hidropônico (OLIVEIRA et al., 2016; DINIZ et al., 2019). A hidroponia proporciona melhor controle do crescimento das plantas, possibilitando maior qualidade e produtividade do produto por meio do gerenciamento cuidadoso da concentração de oxigênio dissolvido, temperatura, composição de nutrientes, pH e condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva (SAVVAS; GRUDA, 2018).

A qualidade da água utilizada na preparação da solução nutritiva é um fator fundamental para se obter alta produtividade e qualidade dos produtos em cultivos que utilizam a Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes (NFT) (PAULUS et al., 2011). Entretanto, quando se dispõe apenas de água salina, a condutividade elétrica da água da solução nutritiva deve ser considerada como o principal fator de restrição da produção (KIM et al., 2016), uma vez que seus efeitos de toxicidade e osmótico são mais severos do que os causados pelo excesso de fertilizantes utilizados na composição da solução nutritiva.

Os aumentos na concentração de íons, especialmente Na^+ e Cl^- em nível celular nas plantas também induzem desequilíbrios nutricionais e osmóticos, bem como o acúmulo de espécies reativas de oxigênio, que afetam negativamente o metabolismo e a função celular das plantas (CARBAJAL-VÁZQUEZ et al., 2022).

Em estudo com coentro cultivado em hidroponia, observou-se que a eficiência hídrica e os componentes de produção foram mais impactados pelo aumento da condutividade elétrica na solução nutritiva. Além disso, o estresse salino reduz o acúmulo de nutrientes essenciais e aumenta a concentração de íons de sódio, resultando em menor crescimento e produtividade (BEZERRA et al., 2022).

Uma possível forma de aliviar os efeitos nocivos da salinidade seria projetar e utilizar estratégias de manejo que possam aumentar o potencial da planta para manter a tolerância e a produtividade mesmo sob condições de estresse salino (BAKYANI et al., 2022). Os extratos de algas vêm sendo pesquisados como agentes ante estressantes, uma vez que têm demonstrado aumentar a atividade do sistema antioxidante (enzimático e não-enzimático) nas plantas (ERVIN et al., 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.

Algas marinhas são usadas como fonte de muitos estimuladores de crescimento de plantas comerciais para melhorar a regulação de processos fisiológicos, bioquímicos e moleculares para aumentar as defesas das plantas contra estresses bióticos e abióticos (SHUKLA et al., 2019). Esses resultados benéficos ocorrem porque as aplicações do extrato de algas marinhas também regulam a expressão dos genes envolvidos na biossíntese de carboidratos (amido, sacarose, rafinose), aminoácidos (prolina e isoleucina) e álcoois de açúcar (inositol e trealose) (JITHESH et al., 2019).

Dentre as espécies comercializadas mundialmente, a alga vermelha tropical *Kappaphycus alvarezii* é a quinta mais cultivada, amplamente utilizada na indústria alimentícia, e com sua expansão para outros campos como agricultura, farmacêutica, cosmética, nutrição animal e outros setores econômicos importantes na indústria em geral, ou seja, combustíveis e biofilmes (NUNES et al., 2024).

A composição química da macroalga *Kappaphycus alvarezii* varia conforme a literatura. De acordo com KHALIL et al. (2018): 65,2% de carboidratos, 3,4% de proteínas, 1,1% de gordura e 11,6% de cinzas. Por outro lado, KHOTIJAH et al. (2020) relatam 5,4% de proteína, 33,3% de carboidratos, 8,6% de gordura, 3% de fibra bruta e

22,5% de cinzas. Ademais, a alga *K. alvarezii* é rica em polissacarídios, como agar, alginatos e carragenanas (KHOTIJAH et al., 2020) e elementos essenciais às plantas, com destaque para Na, K, Ca, Mg; Fe, Zn, Mn e Cu (SURESH KUMAR et al., 2015).

Na agricultura moderna, as microalgas são consideradas como bioestimulante, biofertilizante ou agente antiestresse abiótico, visto que não são propriamente fonte de nutrientes para as plantas, mas se caracterizam por seus efeitos bioativos, estimulando resposta de sinalização nas plantas (BELLO et al., 2021; FERNÁNDEZ et al., 2021; FERREIRA et al., 2021).

A aplicação de extratos de microalgas é recomendada não apenas como um intensificador morfológico e fisiológico, mas também para reduzir situações estressantes que afetam o crescimento e o desenvolvimento das culturas quando necessário, com impacto ambiental negativo limitado (BELLO et al., 2021).

Além de aumentar a tolerância aos estresses, a absorção de nutrientes, o crescimento e a produtividade, os bioestimulantes à base de algas marinhas também demonstraram ajudar a reduzir a dormência das sementes e melhorar os sistemas radiculares e a floração. Os bioestimulantes podem ser estratégia de manejo para enfrentar condições de déficit hídrico no campo, além da eficiência no diferencial de potencial hídrico, ajustamento osmótico, maior eficiência em absorver água, reter água, manter a turgidez, colaborando para formação de plantas vigorosas e com maior eficiência de suportar um período de déficit hídrico (RICCE et al., 2011; FERRARI et al., 2015).

Em estudo com a cultura do trigo sob salinidade, os resultados obtidos evidenciaram melhorias nos parâmetros morfológicos, físico-bioquímicos e na expressão gênica, favorecendo o crescimento e aumentou a produtividade das plantas (PATEL et al., 2018). Observou-se que, sob estresse salino, as plantas tratadas com extrato de algas apresentaram menor razão Na^+/K^+ , maior teor de Ca^{2+} , redução dos danos à membrana celular, menor vazamento de eletrólitos e menor teor de malondialdeído, mantendo maior conteúdo de água nos tecidos (PATEL et al., 2018).

O estresse salino compromete as trocas gasosas foliares, principalmente em função dos danos ao tecido fotossintético, alterações nas características estomáticas e restrição da disponibilidade de CO_2 para a carboxilação. Além disso, esse tipo de estresse pode acelerar a senescência foliar, agravando ainda mais as limitações ao processo fotossintético (SANOUBAR et al., 2016).

A resposta das plantas está relacionada ao impacto do estresse salino na atividade fotossintética, provocado pelo acúmulo de íons Na^+ e/ou Cl^- nos cloroplastos. Esse acúmulo interfere nos processos bioquímicos e fotoquímicos da fotossíntese. Além disso, a salinidade reduz a assimilação de CO_2 devido ao fechamento dos estômatos, o que compromete ainda mais a eficiência fotossintética (SILVA et al., 2021). A redução na condutância estomática é consequência da diminuição do potencial hídrico foliar, levando à perda de turgor (SOUSA et al., 2022). A diminuição da transpiração em plantas está relacionada ao fechamento dos estômatos em resposta ao estresse osmótico causado pelo aumento da salinidade (MASTROGIANNIDOU et al., 2016).

Em estudo com tomateiro, sob condições de estresse hídrico, a aplicação foliar de extratos aquosos de *Kappaphycus alvarezii* promoveu um aumento no rendimento de frutos do tomateiro, mesmo quando submetido à irrigação deficitária (VAGHELA et al., 2022). A mitigação de estresses abióticos proporcionada por extratos de algas marinhas frente aos efeitos adversos da seca, do frio e do estresse salino tem sido atribuída a mecanismos como o aprimoramento da morfologia radicular, o acúmulo de carboidratos não estruturais favorecendo o armazenamento energético, a intensificação do metabolismo e os ajustes hídricos, além do aumento nos níveis de prolina (ALI et al., 2018).

Diante desse cenário, buscou-se por meio desta pesquisa responder às seguintes questões: quais os impactos do estresse salino sobre o crescimento e o desenvolvimento morfofisiológico do coentro? A aplicação foliar do extrato de algas marinhas é eficaz na atenuação desses efeitos? Como diferentes concentrações do bioestimulante influenciam o desempenho das plantas sob distintos níveis de salinidade? Há diferenças na tolerância ao estresse salino entre cultivares comerciais de coentro? E, por fim, o efeito do extrato de algas varia entre essas cultivares? As respostas a essas perguntas contribuem para o avanço no manejo sustentável do coentro em regiões semiáridas, propondo alternativas que possibilitem a produção da hortaliça mesmo sob condições adversas de salinidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AĆIMOVIĆ, M. G.; The influence of fertilization on yield of caraway, anise and coriander in organic agriculture. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 58, n. 2, p. 85-94, 2013.
- ALI, O.; RAMSUBHAG, A.; JAYARAMAN, J. *Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis seaweed extract improves seed germination in tomato and sweet pepper under nacl-induced salt stress. **Tropical Agricultura**, v. 95, p. 141-148, 2018.
- ALI, O.; RAMSUBHAG, A.; JAYARAMAN, J. Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment. **PLoS ONE**, v.14, e0216710, 2019.
- BAKYANI, M. R. F.; ALINIA, M.; KAZEMEINI, S. A.; ABADÍA, J.; DADKHODAIE, A. Foliar Application of melatonin improves the salt tolerance, ion and redox homeostasis and seed oil fatty acid profile in *Camelina sativa*. **Plants**, v. 11, n. 22, 3113, 2022.
- BELLO, A.S.; SAADAoui, I.; BEN-HAMADOU, R. “Beyond the Source of Bioenergy”: Microalgae in modern agriculture as a biostimulant, biofertilizer, and anti-abiotic stress. **Agronomy**, v. 11, n. 8, 1610, 2021.
- BEZERRA, R. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; PESSOA, U. C.; SILVA, Ê. F. F.; OLIVEIRA, T. F.; NOGUEIRA, K. F.; SOUZA, E. R. Water efficiency of coriander under flows of application of nutritive solutions prepared in brackish waters. **Water**, v. 14, n. 24, 4005, 2022.
- CARBAJAL-VÁZQUEZ, V. H.; GÓMEZ-MERINO, F. C.; ALCÁNTAR-GONZÁLEZ, E. G.; SÁNCHEZ-GARCÍA, P.; TREJO-TÉLLEZ, L. I. Titanium increases the antioxidant activity and macronutrient concentration in tomato seedlings exposed to salinity in hydroponics. **Plants**, v. 11, n. 8, 1036, 2022.
- DE, L. C.; DE, T. Nutrient rich foods in human diet as immunity boosters. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v.10, n. 3, p.197-206, 2021.
- DINIZ, A. A.; DIAS, N. S.; SOUZA, F. I.; SÁ, F. V. S.; ARAÚJO, N. O.; FERNANDES, A. L. M. Produção e qualidade do coentro cultivado com solução nutritiva em fibra de coco. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 3306-3313, 2019.
- 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.

- FERNÁNDEZ, F. G. A.; REIS, A.; WIJFFELS, R. H.; BARBOSA, M.; VERDELHO, V.; LLAMAS, B. The role of microalgae in the bioeconomy. **New Biotechnology**, v.61, p.99-107, 2021.
- FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.
- FERREIRA, A.; MELKONYAN, L.; CARAPINHA, S.; RIBEIRO, B.; FIGUEIREDO, D.; AVETISOVA, G.; GOUVEIA, L. Biostimulant and biopesticide potential of microalgae growing in piggery wastewater. **Environmental Advances**, v.4, 100062, 2021.
- JITHESH, M. N.; SHUKLA, P. S.; KANT, P.; JOSHI, J.; CRITCHLEY, A. T.; PRITHIVIRAJ, B. Physiological and transcriptomics analyses reveal that *Ascophyllum nodosum* extracts induce salinity tolerance in *Arabidopsis* by regulating the expression of stress responsive genes. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 34, p. 463-488, 2019.
- KHALIL, H. A.; YAP, S. W.; TYE, Y. Y.; TAHIR, P. M.; RIZAL, S.; FAZITA, M. N. Effects of corn starch and *Kappaphycus alvarezii* seaweed blend concentration on the optical, mechanical, and water vapor barrier properties of composite films. **BioResources**, v.13, n.1, p.1157- 1173, 2018.
- KHOTIJAH, S.; IRFAN, M.; MUCHDAR, F. Nutritional Composition of Seaweed *Kappaphycus alvarezii*. **Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan**, v.13, n.2, p.139-146, 2020.
- KIM, H.; JEONG, H.; JEON, J.; BAE, S. Effects of irrigation with saline water on crop growth and yield in greenhouse cultivation. **Water**, v. 8, n. 4, 127, 2016.
- KUMAR, A.; SINGH, R.; CHHILLAR, R. K. Influence of omitting irrigation and nitrogen levels on growth, yield and water use efficiency of coriander (*Coriandrum sativum*). **Acta Agronomica Hungarica**, v. 56, n. 1, p. 69-74, 2008.
- LINHARES, P. C. F.; PEREIRA, M. F. S.; MOREIRA, J. C.; PAIVA, A. C. C.; ASSIS, J. P.; SOUSA, R. P. Rendimento do coentro (*Coriandrum sativum* L) adubado com esterco bovino em diferentes doses e tempos de incorporação no solo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 3, p. 462-467, 2015.
- 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**, v. 13, p. 643, 2011.

- NUNES, A.; AZEVEDO, G. Z.; DUTRA, F. S.; SANTOS, B. R.; SCHNEIDER, A. R.; OLIVEIRA, E. R.; MOURA, S.; VIANELLO, F.; MARASCHIN, M.; LIMA, G. P. P. Uses and applications of the red seaweed *Kappaphycus alvarezii*: a systematic review. **Journal of Applied Phycology**, v. 36, p. 3409-3450, 2024.
- 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.
- OLIVEIRA, F. A.; SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, M. K.T.; SILVA, R.T.; MARTINS, D. C.; COSTA, J. P. B. M. Production of coriander in substrate fertigated with increasing nutrient concentration. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, p. 275-279. 2016.
- 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.
- PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 29-3, 2011.
- RICCE, W. S.; ALVES, S. J.; PRETE, C. E. C. Época de dessecação de pastagem de inverno e produtividade de grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1220-1225, 2011.
- 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.
- SAVVAS, D.; GRUDA, N. Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry - A review. **European Journal of Horticultural Science**, v. 83, n. 3, p. 280-293, 2018.
- SHUKLA, P. S.; MANTIN, E. G.; ADIL, M.; BAJPAI, S.; CRITCHLEY, A. T.; PRITHIVIRAJ, B. *Ascophyllum nodosum* based biostimulants: sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, 655, 2019.
- 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.

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.

SURESH KUMAR, K.; GANESAN, K.; SUBBA RAO, P.V. Seasonal variation in nutritional composition of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty-an edible seaweed. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, p.2751-2760, 2015.

VAGHELA, P.; DAS, A. K.; TRIVEDI, K.; ANAND, K. G. V.; SHINDE, P.; GHOSH, A. Characterization and metabolomics profiling of *Kappaphycus alvarezii* seaweed extract. **Algal Research**, v. 66, 102774, 2022.

CAPÍTULO 1

MITIGAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM COENTRO HIDROPÔNICO COM FERTILIZANTE FOLIAR À BASE DE EXTRATO DE ALGAS MARINHAS

RESUMO: O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma hortaliça amplamente cultivada na região Nordeste do Brasil, especialmente por pequenos e médios produtores, que utilizam água de baixa qualidade quanto ao teor salino. Portanto, deve-se adotar estratégias que possibilitem aumentar a tolerância das plantas a salinidade, a exemplo do uso de extratos de algas marinhas, que vem sendo apontada como uma estratégia promissora para mitigar o estresse salino. Objetivou-se avaliar a eficiência da aplicação do extrato de algas marinhas (*Kappaphycus alvarezii*) para mitigar o efeito do estresse salino na cultura do coentro. O experimento foi desenvolvido seguindo o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 3×4 , sendo três condutividades elétricas da solução nutritiva (2,0; 5,5 e 7,0 dS m⁻¹) e quatro concentrações de fertilizante foliar à base de extrato de algas marinhas com aplicações via foliar (0,0; 2,5; 5,0 e 7,5 mL L⁻¹), utilizando o produto comercial Stalker. As plantas foram coletadas 30 dias após a semeadura, e avaliadas quanto as seguintes variáveis: altura (ALT), área foliar (AF), área foliar específica (AFE), suculência foliar (SF), massa fresca (MF) e massa seca (MS). O estresse salino reduziu as variáveis ALT e AFE, independentemente das doses de Stalker, enquanto AF, SF e AFE foram afetadas positivamente pelas doses de Stalker de forma isolada diminuindo o efeito do estresse salino sobre as plantas. As variáveis MF e MS foram afetadas pela interação entre os fatores estudados. O Stalker provocou aumento na MF e MS em salinidades baixa (2,0 dS m⁻¹) e média (5,5 dS m⁻¹), não ocorrendo resposta na salinidade alta (7,0 dS m⁻¹). Recomenda-se, em condições de baixa e média salinidade, doses variadas de 3,5 a 7,0 mL L⁻¹ de Stalker, para obter maior produção de coentro.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L.; Cultivo sem solo; Salinidade; *Kappaphycus alvarezii*

ABSTRACT: Coriander (*Coriandrum sativum* L.) is a widely cultivated vegetable in the Northeast region of Brazil, especially by small and medium-sized producers who often use water with high salinity levels. Therefore, strategies that enhance plant tolerance to salinity should be adopted, such as the use of seaweed extracts, which have been considered a promising approach to mitigate salt stress. This study aimed to evaluate the effectiveness of seaweed extract (*Kappaphycus alvarezii*) in mitigating the effects of salt stress on coriander crops. The experiment was conducted in a randomized block design in a 3×4 factorial scheme, consisting of three electrical conductivities of the nutrient solution (2.0, 5.5, and 7.0 dS m⁻¹) and four concentrations of a foliar fertilizer based on seaweed extract applied via foliar spray (0.0, 2.5, 5.0, and 7.5 mL L⁻¹), using the commercial product "Stalker." Plants were harvested 30 days after sowing and evaluated for the following variables: plant height (PH), leaf area (LA), specific leaf area (SLA), leaf succulence (LS), fresh mass (FM), and dry mass (DM). Salt stress reduced PH and SLA regardless of the Stalker doses, while LA, LS, and SLA were positively affected by the Stalker doses alone, thereby reducing the impact of salt stress on the plants. FM and DM were influenced by the interaction between the studied factors. Stalker increased FM and DM at low (2.0 dS m⁻¹) and moderate (5.5 dS m⁻¹) salinities, but no response was observed under high salinity (7.0 dS m⁻¹). It is recommended that, under low and moderate salinity conditions, Stalker doses ranging from 3.5 to 7.0 mL L⁻¹ be used to achieve higher coriander yields.

Key words: *Coriandrum sativum* L.; Soilless cultivation; Salinity; *Kappaphycus alvarezii*

1 INTRODUÇÃO

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma das hortaliças condimentares mais produzidas e consumidas no Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. Além de seus usos culinários, o coentro é apreciado por seu aroma distinto, sabor e potenciais benefícios à saúde graças a sua rica composição química, que contribui para seu potencial bioativo e efeitos benéficos para a saúde humana (PANDEY et al., 2023). Os extratos e fitoquímicos bioativos do coentro têm sido relatados por uma ampla gama de atividades biológicas, incluindo atividades antioxidantes, anticancerígenas, neuroprotetoras, ansiolíticas, hipnóticas, anticonvulsivantes, analgésicas, antiinflamatórias e antidiabéticas (PRACHAYASITTIKUL et al., 2018).

Da mesma forma como ocorre com outras hortaliças, o rendimento do coentro é afetado por estresses abióticos, variação fenológica e plasticidade fenotípica, condições climáticas e fatores agrícolas e genéticos (KHODADADI et al., 2021). A salinidade, seja do solo ou da água de irrigação, destaca-se entre os principais fatores abióticos que afetam o rendimento do coentro. Estudos indicam que a cultura é sensível à salinidade, com uma pesquisa apontando um limiar próximo de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ em experimentos com diferentes níveis de sais. Contudo, a tolerância pode variar conforme a adubação e outros fatores ambientais. Em cultivo hidropônico a cultura produz melhor em níveis de salinidade baixo na faixa de $0,5$ a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ com o pH entre $5,5$ e $6,7$.

O aumento na concentração de íons, especialmente de sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-) no nível celular nas plantas também induzem desequilíbrios nutricionais e osmóticos, bem como o acúmulo de espécies reativas de oxigênio, que afetam negativamente o metabolismo e a função celular das plantas (CARBAJAL-VÁZQUEZ et al., 2022).

A elevada concentração de sais na solução nutritiva pode afetar negativamente o coentro de várias formas, pois as relações hídricas são inibidas pelo estresse salino (BEZERRA et al., 2022). A salinidade diminuiu as trocas gasosas das plantas de coentro, compromete a fluorescência da clorofila *a*, afetando parâmetros importantes como fluorescência inicial, máxima e variável, concentrações de clorofila *a* e *b* (RABIEI et al., 2020; NAVARRO et al., 2022; PESSOA et al., 2025). O efeito do estresse salino sobre os processos fisiológicos reflete diretamente sobre a produção de biomassa da parte aérea

e da raiz e o consumo de água do coentro (BEZERRA et al., 2022; NAVARRO et al., 2023; SANTOS JÚNIOR et al., 2023; PESSOA et al., 2025).

O uso de água salina na produção de alimentos é um dos grandes desafios de produtores e pesquisadores na atualidade. Diante desse desafio, surge a necessidade da adoção de tecnologias e estratégias que permitam o uso de água salina com menor impacto na produção e qualidade dos produtos colhidos (GUEDES et al., 2015).

Dentre as estratégias pesquisadas, o uso de produtos feitos à base de extratos de algas marinhas como agente mitigador do estresse salino, vem se destacando de maneira promissora em várias culturas. As algas marinhas são ricas em substâncias químicas promotoras de crescimento, como auxinas, citocinina, cinetina, zeatina e giberelina, e sua aplicação tem efeitos positivos na germinação, no estabelecimento de culturas, no rendimento das culturas e confere tolerância ao estresse biótico e abiótico (MUGHUNTH et al., 2024).

A alga marinha mais estudada é a alga marrom intertidal *Ascophyllum nodosum* (L.) L e Jolis. Vários autores já demonstraram o efeito benéfico da aplicação de extrato *Ascophyllum nodosum* em várias culturas, a exemplo de alface (CHRYSGYRIS et al., 2018; MOHAMMED et al., 2022), cebola (ABBAS et al., 2020), e coentro (TURSUN, 2022), entre outras culturas.

No Brasil, recentemente vêm sendo desenvolvidos alguns estudos com alga vermelha (*Kappaphycus alvarezii*) em culturas produtoras de cereais. Em estudo com soja, MARTINS NETO et al. (2024) observaram que a aplicação de extrato dessa alga promoveu incrementos nos parâmetros biométricos; no índice de Clorofila a, b e total; e na produtividade de grãos. Além disso, promove maior resiliência no déficit hídrico, bem como aumentos fisiológicos e de produtividade expressivos na cultura da soja (CAVALCANTE et al., 2020).

Diante disso, sugere-se que a aplicação de doses crescentes de fertilizante foliar à base de extrato de algas vermelhas (*Kappaphycus alvarezii*) atenua os efeitos do estresse salino sobre o crescimento e desenvolvimento da cultura do coentro em sistema hidropônico.

Apesar da potencialidade do uso de extrato de *Kappaphycus alvarezii* como mitigador do estresse abiótico, ainda são escassos estudos sobre a eficiência deste insumo no cultivo hidropônico de hortaliças. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de

doses de fertilizante foliar à base de extrato de algas marinhas vermelhas (*Kappaphycus alvarezii*) sobre a cultura do coentro submetido ao estresse salino em cultivo hidropônico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do Local

O experimento foi desenvolvido nos meses de outubro de 2024 a novembro de 2024, em casa de vegetação localizada no setor Experimental do Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais (DCAF), no campus Oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, RN (5° 11' LS; 37° 20' LO e 18 m de altitude).

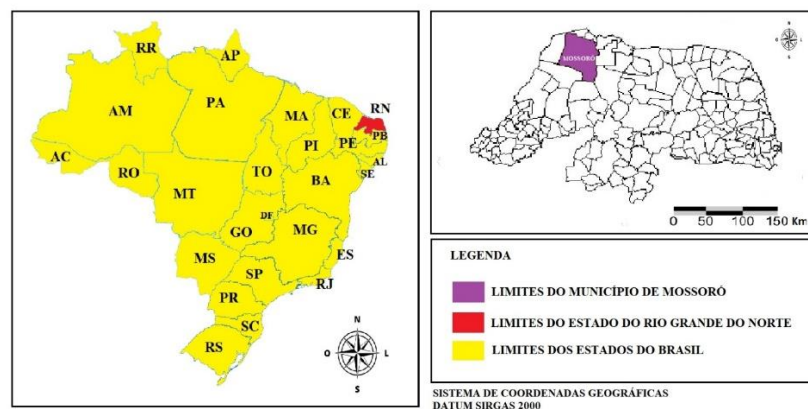


Figura 1. Mapa do Brasil com destaque para a cidade de Mossoró, RN.

Fonte: Adaptado de IBGE (2025).



Figura 2 - Vista geral do experimento em casa de vegetação, Mossoró - RN, UFERSA, 2025.

Fonte: Autoria própria (2025).

Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como é BShw – seco e muito quente, com duas estações distintas: uma estação seca, tipicamente de junho a janeiro, e uma estação chuvosa, de fevereiro a maio (Beck et al., 2018). A região de estudo apresenta temperatura média de 27,8 °C, umidade relativa de 68,9% e precipitação de aproximadamente 555 mm (CLIMATE, 2021).

2.2 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 3×4 , sendo três níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (2,0; 5,5 e 7,0 dS m⁻¹, para observar o comportamento das plantas de coentro quando submetidas a salinidade baixa, média e alta) e quatro concentrações de Stalker, aplicadas via foliar (0,0; 2,5; 5,0 e 7,5 mL L⁻¹). As doses de Stalker foram definidas com base em dois fatores principais. O primeiro, o nível de estresse salino no ambiente de cultivo. Em situações de maior salinidade, a eficácia diminui. O Segundo fator, com o objetivo de maximizar a produtividade em condições adversas, melhorando parâmetros como massa fresca e seca do coentro sob diferentes condutividades elétricas. Cada tratamento teve três repetições, sendo a unidade experimental representada por uma bandeja plástica com capacidade para 20 litros de substrato. Cada bandeja continha quatro fileiras espaçadas em 0,15 m, e 20 plantas por fileira.

O produto comercial Stalker é um fertilizante foliar à base de extratos de algas marinhas, contendo oligossacarídeos (fucanos, ácido algínico), hormônios vegetais naturais (auxinas, citocininas e giberelinas), aminoácidos livres e compostos fenólicos. Formulado para estimular biossíntese de metabólitos primários e secundários, fixação/assimilação de nutrientes, crescimento, aumentar a tolerância a estresses abióticos e melhorar a qualidade das culturas agrícolas).

2.3 Implantação da cultura

O cultivo foi realizado em sistema hidropônico utilizando substrato, em bandejas plásticas (14 × 37 × 60 cm, para altura, largura, comprimento, respectivamente). As bandejas foram dispostas sobre uma bancada de madeira com 0,5 m de altura, utilizando o espaçamento de 0,10 m entre bandejas. O substrato utilizado foi preparado pela mistura de fibra de coco e areia fina lavada na proporção 2:1 (v/v).

A semeadura foi realizada de forma direta, utilizando sementes de coentro, cv. Verdão, colocando-se 30 sementes por fileira, na profundidade de 2,0 cm. Após a plena emergência realizou-se o desbaste, deixando 20 plantas por fileira. A cv. Verdão tem grande importância econômica e social, que se estende pela região Nordeste e seu uso comercial é significativo, tornando-a um foco de estudos para otimização da produção e programas de melhoramento genético, além disso, também é uma ótima fonte de renda para os agricultores.

2.4 Manejo da irrigação e preparo das soluções nutritivas

Foram realizadas duas aplicações do fertilizante foliar a base de extrato de algas, aos 15 e 24 dias após a semeadura, utilizando um pulverizador (5 L), aplicando o volume suficiente para molhar toda a folhagem das plantas. A água utilizada para preparo das soluções foi proveniente do setor de abastecimento da UFERSA (Tabela 1).

Tabela 1 - Características químicas da água utilizada para preparo das soluções proveniente do setor de abastecimento da UFERSA

pH	CE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃	CO ₃ ²⁻	RAS
	dS m ⁻¹	mmol _c L ⁻¹							(mmol L ⁻¹) ^{1/2}
7,57	0,54	0,83	1,20	0,31	3,79	2,40	3,20	0,60	3,76

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Para a menor condutividade elétrica foi utilizada água coletada diretamente no sistema de abastecimento da UFERSA. As águas com as demais condutividades elétricas (3,5 e 5,0 dS m⁻¹) foram preparadas pela adição de NaCl até a obtenção das CEs desejadas.

Todas as soluções nutritivas foram preparadas utilizando como referência a recomendação de FURLANI et al. (1999), para o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas, apresentando as seguintes concentrações de fertilizantes, em mg L⁻¹: 750 de nitrato de cálcio; 500 g de nitrato de potássio; 150 g de fosfato monoamônio; 400 g de sulfato de magnésio; 0,15 g de sulfato de cobre; 0,50 g de sulfato de zinco; 1,50 g de sulfato de manganês; 1,50 g de ácido bórico; 0,15 g de molibdato de sódio e 60 g de FeEDDHA-6%. Após o preparo da solução nutritiva, foi realizada a leitura da condutividade elétrica utilizando um condutivímetro de bolso, obtendo-se valores de 2,0; 5,5 e 7,0 dS m⁻¹.

O controle das irrigações foi realizado através de um temporizador digital, adotando uma programação com seis irrigações diárias (07:00h, 09:00h, 11:00h, 13:00h, 15:00h e 17:00h). A duração de cada irrigação foi determinada ao longo do experimento, conforme a necessidade das plantas.

Para cada solução nutritiva foi utilizado um sistema de bombeamento independente, contendo uma eletrobomba para o recalque da solução nutritiva a partir de um reservatório com capacidade de 500 L. linhas laterais com tubos de polietileno flexíveis (16 mm) e emissores do tipo microtubos (2 mm) e 4 cm de comprimento. Quando necessário foi realizada a reposição da solução nutritiva, conjuntamente com os valores de pH foram ajustados para a faixa de 5,5 a 6,5, utilizando soluções de NaOH (1 M) para aumentar o pH, ou HCl (1 M) para reduzir o pH.

2.5 Características avaliadas

As plantas foram colhidas aos 30 dias após a semeadura, considerando como parcela útil as 10 plantas mais representativas da parcela, e avaliadas a partir das seguintes variáveis:

Altura de planta (AP): determinada utilizando uma régua graduada (escala em cm), considerando apenas a parte aérea das plantas;

Área foliar (AF): determinada pela metodologia dos discos foliares, utilizando 10 discos de cada amostra, 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.

Produção de massa fresca (MF): determinada logo após a coleta das plantas, utilizando uma balança analítica (0,01 g).

Massa seca (MS): as amostras de plantas foram acondicionadas em sacos de papel identificados e colocadas para secar em estufa de circulação forçada, com temperatura regulada a 65 °C (± 1 °C), até que atingissem massa constante. Em seguida, foram pesadas em uma balança com precisão de 0,01 g.

Suculência foliar (SF): determinada a partir da razão entre o teor de água na folha e área foliar, utilizando-se a seguinte equação 2.

$$SUF = \frac{(MFF - MSF)}{AF} \quad (2)$$

em que

SF – suculência foliar, g H₂O cm²;

MF – massa fresca de folhas, g;

MS – massa seca de folhas, g;

AF – área foliar, cm² planta⁻¹.

A área foliar específica (AFE): determinada pela razão entre a área foliar e a massa seca de folhas, equação 3.

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \quad (3)$$

em que:

AFE – área foliar específica, cm² g⁻¹;

AF – área foliar, cm²;

MS – massa seca de folhas, g.

2.6 Análise dos resultados

Os resultados obtidos foram analisados por meio da análise de variância, realizando-se o desdobramento dos fatores sempre que ocorrerem efeito significativo da interação entre os fatores. As variáveis referentes às condutividades elétricas foram analisadas através do teste de comparação de médias (Tukey, 0,05), enquanto o efeito das doses de Stalker foi analisado através da análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas através do software SISVAR (FERREIRA, 2019).

3 RESULTADOS

A interação entre os fatores condutividade elétrica (CE) e bioestimulante (Stalker) apresentou efeito significativo sobre as variáveis produção de massa fresca (MF) e massa seca (MS), ao nível de 5% de probabilidade. A condutividade elétrica (CE) influenciou significativamente a altura das plantas (ALT), com nível de significância de 1%, e a área foliar específica (AFE), com significância de 5%. A aplicação do fertilizante foliar à base de extrato de algas influenciou significativamente, de forma isolada, as variáveis área foliar (AF), suculência foliar (SF) e área foliar específica (AFE), com nível de significância de 1% ($p < 0,01$) (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para altura (ALT), área foliar (AF), suculência foliar (SF), área foliar específica (AFE), produção de massa fresca (MF) e produção de massa seca (PMS) de coentro em função da condutividade elétrica da solução nutritiva

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		ALT	AF	SF	AFE	MF	MS
CE	2	268,89**	23,32 ^{ns}	111,94 ^{ns}	5704,69*	4088569,90**	11400,07**
Stalker	3	7,69 ^{ns}	79,28**	294,23**	11326,97**	29421,07 ^{ns}	690,61 ^{ns}
CE × Stalker	6	7,06 ^{ns}	4,31 ^{ns}	55,34 ^{ns}	2655,56 ^{ns}	72912,24*	2883,29*
Blocos	2	2,27 ^{ns}	0,48 ^{ns}	88,68 ^{ns}	852,16 ^{ns}	158631,80 ^{ns}	3284,85*
Resíduo	22	5,79	9,75	57,35	1664,95	63181,42	822,69
CV (%)	-	11,32	17,98	18,14	16,31	9,25	11,65

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

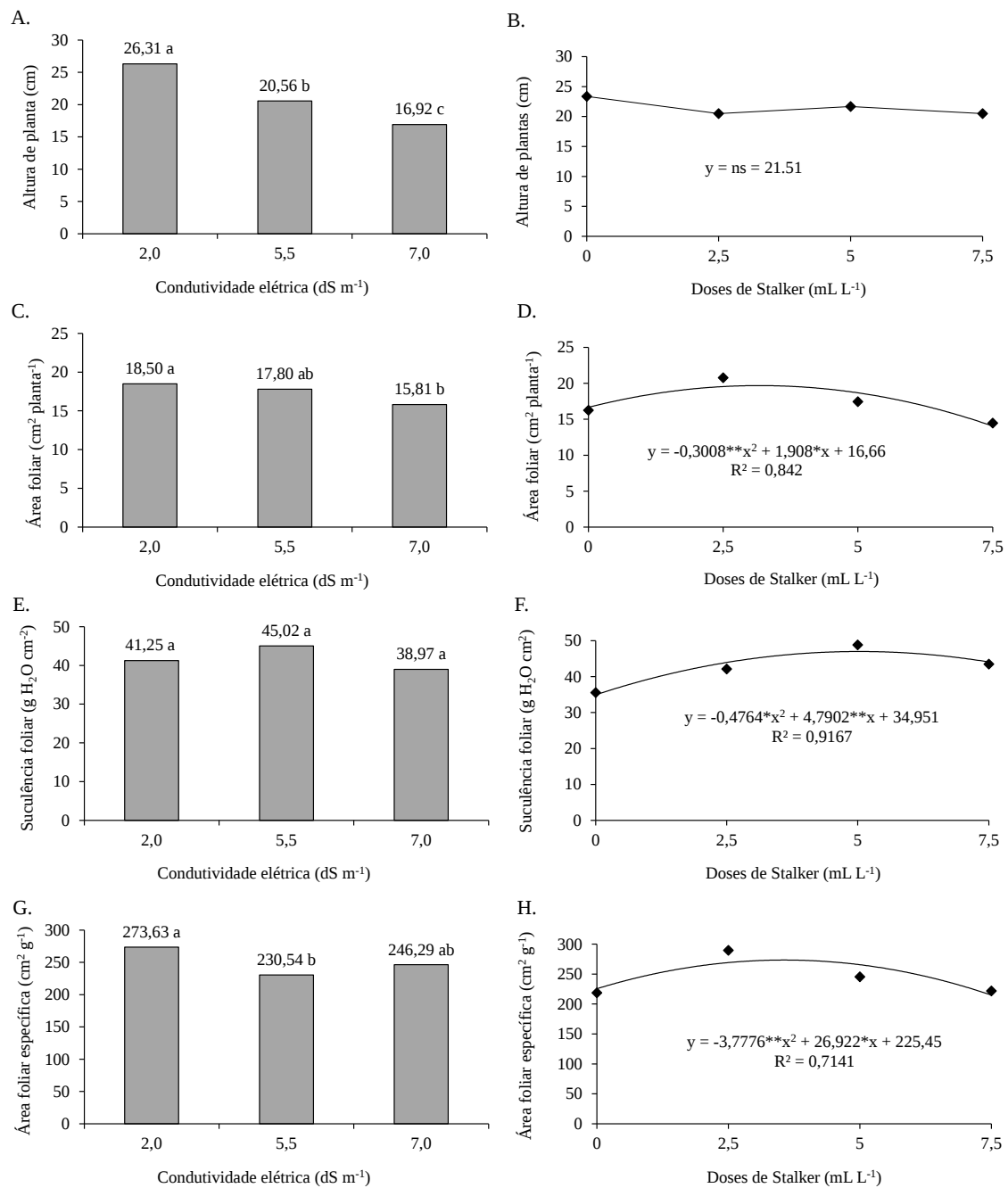
CE – Condutividade elétrica; GL – graus de liberdade; CV – coeficiente de variação; ns – não significativo;

* e ** - significativos 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F

As plantas com maior altura (26,31 cm) foram obtidas na solução nutritiva padrão (2,0 dS m⁻¹). O uso de água salinizada afetou a altura das plantas de coentro, ocorrendo reduções de 25,53% e 35,69%, respectivamente para as CEs 5,5 e 7,0 dS m⁻¹, em comparação com os valores obtidos na menor CE (Figura 3A). Não foi observado efeito das doses de Stalker sobre a altura das plantas de coentro, obtendo-se altura média de 21,51 cm (Figura 3B). A área foliar foi afetada pela CE apenas quando utilizou um maior nível salino (7,0 dS m⁻¹), na qual ocorreu menor valor (15,81 cm² planta⁻¹), representando uma perda 14,54% em comparação com área foliar obtida na CE 2,0 dS m⁻¹ na qual obteve-se 18,50 cm² planta⁻¹ (Figura 3C). O incremento nas doses de Stalker afetou a

área foliar de forma quadrática, sendo o maior valor ($19,68 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) obtido para a dose $3,17 \text{ mL L}^{-1}$, equivalendo ao incremento de 18,16% em comparação com o valor obtido na dose zero ($16,66 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) (Figura 3D).

Não foi observado efeito da salinidade sobre a suculência foliar (SF) de coentro, obtendo-se um valor médio de $41,75 \text{ g H}_2\text{O cm}^2$ (Figura 3E). Quanto aos efeitos das doses de Stalker foi observada resposta quadrática, sendo o maior valor $46,99 \text{ g H}_2\text{O cm}^2$ e obtido para a dose $5,03 \text{ mL L}^{-1}$, equivalendo ao incremento de 34,45% em comparação com o valor obtido na dose zero $34,95 \text{ g H}_2\text{O cm}^2$ (Figura 3F).



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); B: ns – não significativo

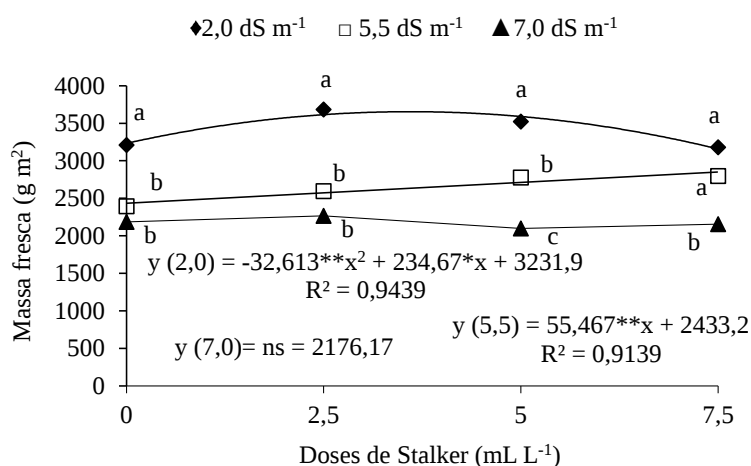
Figura 3 - Altura de plantas (A e B), área foliar (C e D), suculência foliar (E e F) e área foliar específica (G e H) de coentro em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (A) e doses de Stalker (B) em cultivo hidropônico

A área foliar específica foi afetada pela salinidade quando submetidas a 5,5 dS m⁻¹, no qual obteve-se 230,54 cm² g⁻¹, representando uma perda 15,75% em comparação com área foliar específica obtida na CE 2,0 dS m⁻¹ (273,63 cm² g⁻¹). Não houve diferença

significativa entre as salinidades 5,5 e 7,0 dS m⁻¹ (Figura 3G). Assim como observados nas variáveis área foliar (Figura 3D) e suculência foliar (Figura 3F), também ocorreu resposta quadrática para a área foliar específica ao incremento nas doses de Stalker. De acordo com a equação de regressão ajustada, o maior valor (273,42 g H₂O cm²) foi obtido com a dose 3,56 mL L⁻¹ de Stalker, equivalendo ao incremento de 17,54% em comparação com o valor obtido na dose zero (225,45 g H₂O cm²) (Figura 3H).

A condutividade elétrica da solução nutritiva afetou produção de massa fresca (MF) independentemente das doses de Stalker. No entanto, a aplicação de Stalker na dose 7,5 mL L⁻¹ reduziu o efeito do estresse salino sobre a MF para a CE 5,5 dS m⁻¹ (Figura 4).

A produção de massa fresca (MF) foi afetada de forma quadrática pelo aumento nas doses de Stalker, sendo os maiores valores obtidos na dose 3,6 mL L⁻¹ de Stalker (3654,05 g m²), representando um incremento de 13,06% em comparação com MF obtida na menor dose de Stalker (0,0 mL L⁻¹), em que se obteve 3231,90 g m². As plantas submetidas a fertirrigação com solução nutritiva de CE 5,5 dS m⁻¹ apresentaram resposta linear e positiva ao aumento nas doses de Stalker, de forma que a maior massa fresca ocorreu na dose 7,5 mL L⁻¹ (2849,20 g m²). Comparando-se essa MF com os valores obtidos na ausência de Stalker (2433,30 g m²), observa-se aumento de 17,09%. Não foi observada resposta significativa da aplicação de Stalker sobre a MF das plantas fertirrigadas com solução nutritiva de CE 7,0 dS m⁻¹, obtendo-se MF média de 2176,10 g m² (Figura 4).

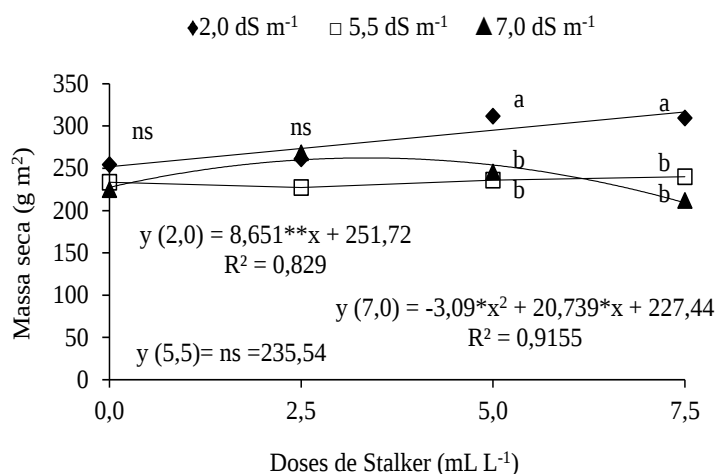


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não difere entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$) entre as CEE para cada dose de Stalker; ns, *, ** - não significativo, significativo à 5% e 1%, respectivamente

Figura 4 - Produção de massa fresca do coentro em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e doses de Stalker em cultivo hidropônico

Não foi observado efeito da salinidade sobre a massa seca do coentro nas plantas submetidas as aplicações foliares de Stalker nas doses 0,0 e 2,5 mL L⁻¹. No entanto, ocorreu resposta significativa ao aumento da salinidade nas doses 5,0 e 7,5 mL L⁻¹, nas quais os maiores valores foram obtidos na menor CE em ambas as doses (Figura 5).



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$) entre as CEs para cada dose de Stalker; ns, *, ** - não significativo, significativo à 5% e 1%, respectivamente

Figura 5 - Produção de massa seca do coentro em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e doses de Stalker em cultivo semi-hidropônico

A massa seca do coentro foi afetada pelas doses de Stalker de forma variada de acordo com o nível salino utilizado. na menor salinidade (2,0 dS m⁻¹) ocorreu resposta positiva e linear, de forma que o aumento nas doses de Stalker proporcionou aumento na massa seca, sendo o maior valor 316,60 g m⁻², obtido na dose 7,5 mL L⁻¹ de Stalker. Comparando-se esse valor com o obtido na dose 0,0 mL L⁻¹ 251,72 g m⁻²), ocorreu aumento de 25,77%. Não foi observado efeito do Stalker sobre a massa seca quando as plantas foram fertirrigadas com solução nutritiva de CE 5,5 dS m⁻¹, obtendo MS média de 235,64 g m⁻². Na maior salinidade (7,0 dS m⁻¹) ocorreu resposta quadrática ao aumento nas doses de Stalker, com os maiores valores obtidos na dose 3,36 mL L⁻¹ (262,24 g m⁻²), o que correspondendo ao incremento de 15,29%, em comparação com o valor obtido na ausência de Stalker (227,44 g cm⁻²) (Figura 5).

4 DISCUSSÃO

A análise estatística revelou que houve uma interação significativa entre os fatores condutividade elétrica da solução nutritiva (CE) e o bioestimulante Stalker sobre as variáveis produção de massa fresca (MF) e massa seca (MS), ao nível de 5% de probabilidade.

RODRIGUES e CARVALHO (2021) destacaram que bioestimulantes podem atenuar os efeitos negativos da elevada condutividade elétrica ao promover maior eficiência no uso da água e dos nutrientes, o que se reflete no acúmulo de matéria seca e fresca. Assim, os dados obtidos corroboram com a literatura existente, reforçando a importância de se considerar as interações entre fatores abióticos e produtos bioativos no manejo da nutrição do coentro.

A condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva apresentou efeito significativo sobre a altura das plantas (ALT) e sobre a área foliar específica (AFE) das plantas de coentro.

Esse resultado indica que variações na salinidade da solução influenciaram de maneira estatisticamente significativa o crescimento em altura das plantas, com alto grau de confiabilidade ($p < 0,01$), bem como afetaram, de forma moderadamente significativa, a distribuição da área foliar em relação à biomassa ($p < 0,05$). Tais efeitos sugerem que a CE atua como fator limitante ao desenvolvimento de coentro, possivelmente devido ao estresse osmótico e/ou iônico imposto às plantas, afetando tanto a expansão celular quanto a morfologia foliar.

A aplicação do fertilizante foliar à base de extrato de algas influenciou significativamente, de forma isolada, as variáveis área foliar (AF), suculência foliar (SF) e área foliar específica (AFE), com nível de significância de 1%.

Esses resultados corroboram os achados de LIMA et al. (2022), que observaram aumento significativo na AF, SF e AFE em plantas de coentro tratadas com extrato de algas, mesmo sob condições de estresse salino. De forma semelhante, SANTOS et al. (2021) relataram incremento na área foliar em cultivos de batata submetidos a diferentes doses de extrato de *Ascophyllum nodosum*, reforçando o efeito bioestimulante desse insumo.

A redução no crescimento do coentro em função da salinidade também foi observada por outros autores (REBOUÇAS et al., 2013; LIRA et al., 2015; HASSANEIN et al., 2022; BEZERRA et al., 2022; NAVARRO et al., 2022, 2023; SANTOS JÚNIOR et al., 2023; SILVA et al., 2024; PESSOA et al., 2025), que relataram diminuição no acúmulo de massa fresca e seca.

Esse comportamento está associado ao aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, o que compromete a divisão e a elongação celular, reduzindo o número de folhas e a altura das plantas (TAIZ et al., 2017; PARIDA; DAS, 2005).

A redução significativa da área foliar do coentro observada sob a CE de 7,0 dS m⁻¹ indica sensibilidade da cultura a níveis elevados de salinidade. Nesse tratamento, a área foliar média foi de 15,81 cm² planta⁻¹, representando uma redução de 14,54% em relação à CE de 2,0 dS m⁻¹ (18,50 cm² planta⁻¹).

Essa resposta negativa sugere que o estresse salino em níveis mais elevados compromete o desenvolvimento foliar, possivelmente devido a efeitos osmóticos e/ou tóxicos causados pelo acúmulo de sais, que reduzem a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Efeitos negativos semelhantes também foram registrados em outras hortaliças: GUIMARÃES et al. (2020) identificaram redução na área foliar e no crescimento da alface com o aumento da condutividade elétrica.

Segundo MUNNS e TESTER (2008), a redução da área foliar em plantas sob estresse salino é uma estratégia adaptativa para restringir a transpiração e conservar energia, resultando em menor produção de biomassa. A área foliar é uma variável de grande importância para o coentro, pois representa um indicativo de produtividade e envolve principalmente processos que ocorrem nas folhas (TAIZ et al., 2017).

A redução no crescimento das plantas em função do estresse salino ocorre devido aos processos morfológicos, metabólicos e genéticos retardados, resultando na diminuição da matéria seca (AL-ASHKAR et al., 2020).

De acordo com SOLTABAYEVA et al. (2021), o efeito da salinidade sobre a biomassa das plantas está relacionado à grande fração de energia direcionada pelas plantas para tolerar a salinidade em vez do consumo para crescimento e desenvolvimento. Tais achados reforçam a sensibilidade do coentro ao estresse salino, especialmente em condições de irrigação com águas de baixa qualidade, comuns em regiões semiáridas.

Fisiologicamente, o estresse salino afeta as plantas por meio de dois mecanismos principais: o efeito osmótico, que atua de forma imediata, e o efeito iônico, que se

manifesta de forma mais tardia. O efeito osmótico está relacionado à redução do potencial hídrico do solo, dificultando a absorção de água pelas raízes. Essa limitação hídrica reduz a turgescência celular, inibe a expansão dos tecidos e compromete o crescimento vegetativo, mesmo quando há disponibilidade aparente de água no solo (TAIZ et al., 2017).

Verifica-se pelos resultados, que a salinidade não teve efeito deletério na suculência foliar, e que o Stalker afetou significativamente esta variável, indicando que independente da salinidade da solução nutritiva, o Stalker tem efeito importante neste aspecto. O bioestimulante promoveu alterações morfofisiológicas importantes nas folhas das plantas, mesmo quando aplicado de forma isolada, ou seja, sem interação com outros fatores experimentais. Isso pode explicar porque houve diferença na aplicação do Stalker nas doses mais elevadas de salinidade para a massa fresca, mas não para massa seca.

NAVARRO et al. (2022) observaram uma redução na suculência foliar do coentro quando as plantas foram cultivadas sob maiores níveis de salinidade em sistema hidropônico do tipo NFT (Nutrient Film Technique). No entanto, é importante destacar que o sistema utilizado por esses autores difere do sistema adotado no presente estudo.

De acordo com OLIVEIRA et al. (2024) e GOIS et al. (2024), o cultivo em substrato confere maior tolerância das plantas à salinidade em comparação ao sistema NFT. Esses resultados reforçam a importância de se considerar o tipo de sistema hidropônico empregado, de modo a adequá-lo às exigências fisiológicas da cultura e às condições da infraestrutura disponível.

O cultivo em substrato, como fibra de coco, proporciona maior estabilidade hídrica e nutricional, favorecendo o desenvolvimento inicial das plantas e conferindo maior resiliência em ambientes com menor controle climático. NFT oferece maior oxigenação radicular e pode acelerar o crescimento da parte aérea, porém requer maior controle técnico e é mais sensível a falhas operacionais. Portanto, o cultivo em substrato tende a ser mais seguro em condições com limitações técnicas, enquanto o NFT é mais indicado para sistemas altamente controlados, onde é possível manter a estabilidade da solução nutritiva.

A área foliar específica (AFE) é um indicativo da espessura do limbo foliar, sendo que valores mais elevados correspondem a folhas mais finas. Assim, sob menor salinidade, as plantas apresentaram folhas menos espessas, enquanto na salinidade de 5,5 dS m⁻¹ observou-se um aumento na espessura foliar. Esse comportamento sugere que o

estresse salino comprometeu mais a expansão do limbo foliar do que o acúmulo de biomassa pelas plantas.

De acordo com PARIDA e DAS (2005), as taxas de alongação e divisão celular depende diretamente do processo de extensibilidade da parede celular, de forma que a resposta imediata das plantas a salinidade é a redução na expansão do limbo foliar.

Na literatura, são escassos estudos avaliando o efeito do estresse salino sobre a área foliar específica em coentro. No entanto, outros autores trabalhando com alface verificaram redução dessa variável em resposta ao estresse salino (GUIMARÃES et al., 2020; CHASKI; PETROPOULOS, 2022).

XU e LESKOVAR (2015) observaram que a aplicação de extrato de algas marinhas aumenta a área foliar específica em espinafre submetido ao estresse hídrico. Segundo os autores, a redução na área foliar específica em plantas sob estresse salino pode ser explicada pela diferença de sensibilidade entre a fotossíntese e a expansão foliar, uma vez que o estresse hídrico reduz a expansão foliar antes de afetar a fotossíntese. Dessa forma, o aumento na área foliar específica provocado pela aplicação do Stalker pode aumentar a tolerância das plantas ao estresse salino.

O fertilizante foliar Stalker é eficiente para promover o desenvolvimento foliar do coentro a partir da expansão do limbo foliar e consequentemente um maior índice fotossintético. O maior desenvolvimento foliar pode estar relacionado à composição do produto, já que as algas contêm fitormônios, como citocininas e giberelinas, que podem interagir na divisão e alongamento celular (ARRAIS et al., 2016).

Esses mecanismos se refletem nos resultados obtidos neste estudo, em que os tratamentos com Stalker apresentaram desempenho superior. Tais respostas evidenciam a ação positiva do bioestimulante sobre o crescimento das plantas, favorecendo um desenvolvimento mais vigoroso em comparação ao tratamento controle.

A dose de 5,03 mL L⁻¹ do fertilizante Stalker proporcionou o desenvolvimento de folhas mais finas. As folhas com menor espessura do limbo foliar podem apresentar maior eficiência fotossintética, pois facilitam a troca gasosa e promovem uma transpiração mais eficaz, o que é essencial para a regulação térmica e a absorção de água e nutrientes.

ÁLVAREZ et al. (2018) e SALES et al. (2024), ao trabalharem com plantas ornamentais, observaram que o uso de extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) induz respostas representativas ao estresse hídrico. Segundo ÁLVAREZ et al. (2018), em

condições de salinidade, o aumento da suculência tende a diminuir as concentrações de íons intracelulares e reduz o acúmulo excessivo de íons na seiva foliar.

O maior conteúdo de água nas células está associado ao aumento do tamanho celular ou à espessura da folha e a altos teores de água por unidade de área de superfície, o que facilita a diluição de sais nas folhas ou caules suculentos. Os mecanismos propostos para a suculência induzida por NaCl incluem acidificação e subsequente aumento da elasticidade da parede celular, bem como maior absorção de água e pressão de turgor celular (LIU et al., 2024).

Os resultados evidenciam que o efeito do bioestimulante Stalker sobre a massa seca da cultura variou em função da condutividade elétrica da solução nutritiva, revelando uma interação significativa entre o bioestimulante e os níveis de salinidade.

Em condição de baixa salinidade, houve resposta positiva e linear ao aumento das doses de Stalker, com incremento de 25,77% na massa seca na maior dose testada (7,5 mL L⁻¹), em comparação à testemunha (0,0 mL L⁻¹). Esse resultado indica que, sob estresse salino leve, o Stalker favorece o acúmulo de biomassa na cultura do coentro, possivelmente por estimular processos fisiológicos como o metabolismo do nitrogênio, a atividade fotossintética e a divisão celular, conforme discutido por TAIZ et al. (2017) e SILVA et al. (2020).

O aumento da massa fresca em resposta à aplicação de Stalker pode estar ligado com a maior concentração de auxina ou maior atividade de auxina, presente no fertilizante, que está relacionado com a expansão e turgescência celular, além de ser responsável por estimular o crescimento radicular, o qual, quando bem desenvolvido, promove a produção de citocinina, hormônio responsável diretamente pelo crescimento e desenvolvimento da parte aérea, resultando em maiores produções de biomassa (FRANÇA; MOREIRA, 2022).

De acordo com CHANTHINI et al. (2024), a aplicação de extratos de algas contribui para uma maior tolerância das plantas à salinidade, por meio do aumento na concentração de enzimas antioxidantes, como peroxidase, superóxido dismutase e ascorbato peroxidase. Além disso, essa aplicação intensifica as atividades da clorofila, favorecendo a alocação de açúcares e água, bem como a eficiência no uso dos fotoassimilados. Esses efeitos, em conjunto, protegem as plantas e promovem seu crescimento e produtividade de forma mais eficaz e ecologicamente sustentável.

Os resultados obtidos no presente estudo demonstram a potencialidade do uso de Stalker para promover benefícios na produção do coentro. A aplicação do produto contribuiu significativamente para a manutenção do desempenho produtivo das plantas sob condições de estresse salino, demonstrando seu potencial como ferramenta de manejo em ambientes com limitações hídricas e salinas. Assim, o uso do Stalker representa uma alternativa viável e de fácil aplicação, especialmente em regiões semiáridas, contribuindo para a sustentabilidade da produção agrícola e para a segurança alimentar de pequenos produtores que dependem do cultivo de hortaliças como o coentro.

5 CONCLUSÕES

Com base na hipótese e nos objetivos propostos, a salinidade da solução nutritiva reduziu a altura e a área foliar das plantas de coentro, sobretudo nas maiores condutividades elétricas (5,5 e 7,0 dS m⁻¹).

Doses de Stalker superiores a 5,0 mL L⁻¹ pode ser uma prática viável para pequenos agricultores em regiões com alta salinidade, melhorando a produtividade do coentro.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ABBAS, M.; ANWAR, J.; ZAFAR-UL-HYE, M.; KHAN, R. I.; SALEEM, M.; RAHI, A. A.; DANISH, S.; DATTA, R. Effect of seaweed extract on productivity and quality attributes of four onion cultivars. **Horticulturae**, v. 6, 2, 28, 2020.
- AL-ASHKAR, I.; ALDERFASI, A.; ROMDHANE, W. B.; SELEIMAN, M. F.; EL-SAID, R. A.; AL-DOSS, A. Morphological and genetic diversity within salt tolerance detection in eighteen wheat genotypes. **Plants**, v. 9, n. 3, p. 287, 2020.
- ÁLVAREZ, S.; RODRÍGUEZ.; BROETTO, F.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Long term responses and adaptive strategies of *Pistacia lentiscus* under moderate and severe deficit irrigation and salinity: Osmotic and elastic adjustment, growth, ion uptake and photosynthetic activity. **Agricultural Water Management**, v. 202, p. 253-262, 2018.
- ARRAIS, I. G.; SILVA, C. C.; ALMEIDA, J. P. N.; DANTAS, L. L. G. R.; OLIVEIRA, F. S.; MENDONÇA, V. Extrato da alga *Ascophyllum odosum* (L.) Le Jolis na produção

de porta-enxertos de *Annona glabra* L. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 234-241, 2016.

BECK, H.; ZIMMERMANN, N.; McVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Data descriptor: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, p. 1-12, 2018.

BEZERRA, R. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; PESSOA, U. C.; SILVA, Ê. F. F.; OLIVEIRA, T. F.; NOGUEIRA, K. F.; SOUZA, E. R. Water efficiency of coriander under flows of application of nutritive solutions prepared in brackish waters. **Water**, v. 14, 4005, 2022.

CARBAJAL-VÁZQUEZ, V. H.; GÓMEZ-MERINO, F. C.; ALCÁNTAR-GONZÁLEZ, E. G.; SÁNCHEZ-GARCÍA, P.; TREJO-TÉLLEZ, L. I. Titanium increases the antioxidant activity and macronutrient concentration in tomato seedlings exposed to salinity in hydroponics. **Plants**, v. 11, 1036, 2022.

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.

CHANTHINI, K. M. P.; PAVITHARA, G. S.; SENTHIL-NATHAN, S.; MALAFAIA, G. An in-depth review on the mechanistic insights of marine macroalgal compounds in enhancing plant tolerance to stress induced by saline soil conditions. **Toxin Reviews**, v. 43, p. 1-19, 2024.

CHASKI, C.; PETROPOULOS, S.A. The Effects of Biostimulant Application on Growth Parameters of Lettuce Plants Grown under Deficit Irrigation Conditions. **Biology and Life Science Forum**, v. 16, n. 1, 4, 2022.

CHRYSGYRIS, A.; XYLIA, P.; ANASTASIOU, M.; PANTELIDES, I.; TZORTZAKIS, N. Effects of *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on lettuce growth, physiology and fresh-cut salad storage under potassium deficiency. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, p. 5861-5872, 2018.

CLIMATE-DATA.ORG. Clima. 2021. Available at: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-grande-do-norte/mossoro-4448/>>. Access on: Jun. 05, 2024.

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.

FRANÇA, W. M. S.; MOREIRA, C. O. **Desenvolvimento inicial de milho (*Zea mays*) a partir de aplicações de micronutrientes e extrato de algas**, 2022. Disponível em: http://repositorio.cesg.edu.br/bitstream/CESG/17/1/W%c3%a1llace%20TCC%20Corrigido-compactado_compressed.pdf. Acesso em: 04 de junho de 2025.

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

GÓIS, H. M. M. N.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, R. R. T.; PINTO, F. F. B.; AROUCHA, E. M. M.; QUEIROZ, G. C. M.; ALMEIDA, J. G. L.; OLIVEIRA, C. E.. Lettuce growing in different hydroponic systems and nutrient concentrations of the nutrient solution. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.28, e279686, 2024.

GUEDES, R. A. A.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, R. C.; MEDEIROS, A. S.; GOMES, L. P.; COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 913-919, 2015.

GUIMARÃES, Í. T.; DE ASSIS OLIVEIRA, F.; LEAL, C. C. P.; DE LIMA SOUZA, M. W.; ALVES, T. R. C. Foliar application of biofertilizer in semi-hydroponic lettuce fertigated with saline nutrient solution. **Comunicata Scientiae**, v. 11, e3115-e3115, 2020.

HASSANEIN, R. A.; HUSSEIN, O. S.; FARAG, I. A.; HASSAN, Y. E.; ABDELKADER, A. F.; Ibrahim, M. Salt-stressed coriander (*coriandrum sativum* L.) responses to potassium silicate, humic acid and gamma irradiation pretreatments. **Agronomy**, v, 12, 2268, 2022.

KHODADADI, M.; FOTOKIAN, M. H.; KAREEM, S. H. S. Genética da resistência ao estresse por déficit hídrico por meio da plasticidade fenotípica em coentro. **Scientia Horticulturae**, v. 286, 110233, 2021.

LIRA, R. M.; SANTOS, A. N.; SILVA, Ê. F. F.; SILVA, J. S.; BARROS, M. S.; GORDIN, L. C. Cultivo de coentro em diferentes níveis de salinidade e umidade do solo. **Revista Geama**, v. 1, n. 3, p. 293-303, 2015.

LIMA, M. J. A. de; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. de F.; FERREIRA, H. A. S. Aplicação de extrato de algas em plantas de coentro sob estresse salino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 16, n. 1, p. 70-79, 2022.

LIU, R.; WANG, T.; LI, Q.; WANG, L.; SONG, J. The role of tissue succulence in plant salt tolerance: an overview. **Plant Growth Regulation**, v. 103, n. 2, p. 283-292, 2024.

- MARTINS NETO, J. G.; SILVA, N. F.; CAVALCANTE, W. S. S.; TEIXEIRA, M. B.; MAGALHÃES, Y. C. M.; CABRAL, P. H. F.; MATIAS, V. C.; CUNHA, F. N.; RODRIGUES, E. Aplicação via foliar de *Kappaphycus alvarezii* em estágio vegetativo na cultura da soja. **Scientific Electronic Archives**, v. 17, n. 2, p. 1-8, 2024.
- MOHAMMED, A. A.; SÖYLEMEZ, S.; SARHAN, T. Z. Effect of biofertilizers, seaweed extract and inorganic fertilizer on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* var. longifolia L.). **Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**, v. 26, n. 1, p. 60-71, 2022.
- MUGHUNTH, R. J.; VELMURUGAN, S.; MOHANALAKSHMI, M.; VANITHA, K. A review of seaweed extract's potential as a biostimulant to enhance growth and mitigate stress in horticulture crops. **Scientia Horticulturae**, v. 334, 113322, 2024.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-681, 2008.
- NAVARRO, F. E. C.; SILVA, I. A. C. E.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; OLIVEIRA, T. F.; SILVA, G. F.; SILVA, Ê. F. F. Hydroponic coriander grown under nutritional solutions prepared with brackish water of different cation prevalence. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 736-745, 2023.
- NAVARRO, F. E. C.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; MARTINS, J. B.; CRUZ, R. I. F.; SILVA, M. M.; MEDEIROS, S. S. Physiological aspects and production of coriander using nutrient solutions prepared in different brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 11, p. 831-839, 2022.
- OLIVEIRA, F. A.; COSTA, M. J. V.; OLIVEIRA, M. C.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. T.; GÓIS, H. M. M. N.; RIBEIRO FILHO, J. C. Production and quality of pak choi grown in different hydroponic systems and electrical conductivities. **Revista Caatinga**, v. 37, e12436, 2024.
- PANDEY, B.; TRIPATHI, P. P.; TEWARI, C. P. *Coriander Sativum*: A review on chemical diversity and bioactive potential. **Natural Products Chemistry and Research**, v.108, p.879-884, 2023.
- PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: A Review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 60, p. 324-349, 2005.
- PESSOA, U. C. M.; SILVA, Ê. F. F.; OLIVEIRA, T. F.; FERREIRA, J. F. S.; SOUZA, E. R.; ROLIM, M. M.; SILVA, A. O.; SANTOS JÚNIOR, J. A. cilantro photosynthetic parameters in response to different flows of nutrient solutions prepared with brackish waters dominant in Na⁺, Cl⁻, or Ca²⁺. **Water**, v. 17, 1640, 2025.

- PRACHAYASITTIKUL, V.; PRACHAYASITTIKUL, S.; RUCHIRAWAT, S.; PRACHAYASITTIKUL, V. Coriander (*Coriandrum sativum*): A promising functional food toward the well-being. **Food Research International**, v. 105, p. 305-323, 2018.
- RABIEI, Z.; HOSSEINI, S. J.; PIRDASHTI, H.; HAZRATI, S. Physiological and biochemical traits in coriander affected by plant growth promoting rhizobacteria under salt stress. **Heliyon**, v. 6, e05321, 2020.
- REBOUÇAS, J. R. B.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. S.; SOUZA NETO, O. N.; DINIZ, A. A.; LIRA, R. B. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 624-634, 2013.
- RODRIGUES, L. F.; CARVALHO, R. P. de. Interação entre bioestimulante e condutividade elétrica da solução nutritiva na cultura do pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 86–92, 2021. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620210112>.
- SALES, J. R. S.; LACERDA, C. F.; MELO, A. S.; SOUSA, G. G.; MESQUITA, R. O.; FERREIRA, J. S. F.; OLIVEIRA, A. C.; CANJÁ, J. F.; CAVALCANTE, E. S.; RIBEIRO, R. M. R. Algae biostimulant improves salt tolerance and visual quality of tropical ornamental herbaceous species. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 28, n. 4, e278645, 2024.
- SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; FREIRE, M. M.; BARBOZA, M. L.; LIMA, L. R. F.; CAVALCANTE, A. R. Coriander production under nutrient solution prepared with brackish waters and seeding densities. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 9, p. 645-652, 2023.
- SANTOS, J. R. dos; PEREIRA, J. C.; LIMA, J. F.; SOUZA, R. T. Efeito de extrato de algas marinhas sobre o crescimento de plantas de batata. **Revista Agro@mbiente Online**, v. 15, n. 4, p. 1–10, 2021.
- SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; COSTA, I. P.; VASCONCELOS, R. S. Growth, production and water consumption of coriander grown under different recirculation intervals and nutrient solution depths in hydroponic channels. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n. 4, p. 281-294, 2020.
- SILVA, M. G.; GHEYI, H. R.; SILVA, L. L.; SILVA, P. C. C.; COREIA, M. R. S.; QUEIROZ, L. A.; SANTOS, T. S.; JESUS, M. J. S. Plant density to compensate for coriander production losses caused by the isolated and/or combined effects of salt and root-zone temperature stresses. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 13, n. 1-3, p. 32-59, 2024.

SOLTABAYEVA, A.; ONGALTAY, A.; OMONDI, J. O.; SRIVASTAVA, S. Morphological, physiological and molecular markers for salt-stressed plants. **Plants**, v. 10, n. 2, p. 243, 2021.

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

TURSUN, A. O. Effect of foliar application of seaweed (organic fertilizer) on yield, essential oil and chemical composition of coriander. **Plos one**, v. 17, n. 6, e0269067, 2022.

XU, C.; LESKOVAR, D. I. Effects of A. nodosum seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition value under drought stress. **Scientia Horticulturae**, v. 183, p. 39-47, 2015.

CAPÍTULO 2

INTERAÇÃO ENTRE ESTRESSE SALINO E BIOESTIMULANTE STALKER EM DIFERENTES CULTIVARES DE COENTRO

RESUMO: A produção de coentro pode ser afetada por vários fatores abióticos, com destaque para a salinidade. Diante disso, deve-se adotar estratégias que atenuem o efeito da salinidade, a exemplo de extratos de algas marinhas. Objetivou-se avaliar o desempenho de cultivares de coentro submetidas ao estresse salino e aplicação foliar de Stalker (extrato de algas marinhas) em cultivo hidropônico. O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial $3 \times 2 \times 2$, sendo três condutividades elétricas da solução nutritiva (2,0; 3,5 e 5,0 dS m⁻¹), duas condições de aplicação de Stalker (com e sem) e duas cultivares de coentro (Verdão e Frevo). Foram analisadas variáveis referentes às trocas gasosas (transpiração, taxa de assimilação líquida, condutância estomática, concentração interna de CO₂, eficiência intrínseca do uso da água e eficiência de carboxilação) e de crescimento (altura, número de hastes, massa fresca (parte aérea, raiz e total) e massa seca (parte aérea, raiz e total)). De acordo com os resultados obtidos foi possível constatar que as cultivares responderam de forma diferentes aos tratamentos aplicados. A cv. Verdão mostrou-se mais tolerante à salinidade do que a cv. Frevo. A aplicação de Stalker teve efeito apenas na cv. Frevo por ser mais sensível à salinidade. O cultivo de ambas as cultivares pode ser realizada em sistema hidropônico utilizando água salina até 5,0 dS m⁻¹ da solução nutritiva para a cv. Verdão, e até 3,5 dS m⁻¹ para a cv. Frevo.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L.; Cultivo sem solo; Salinidade; Verdão e Frevo

ABSTRACT: Coriander production can be affected by various abiotic factors, with salinity being one of the most significant. Therefore, strategies to mitigate the effects of salinity, such as the use of seaweed extracts, should be adopted. This study aimed to evaluate the performance of coriander cultivars subjected to salt stress and foliar application of Stalker (a seaweed extract) under hydroponic cultivation. The experiment was conducted in a completely randomized design, in a $3 \times 2 \times 2$ factorial scheme, consisting of three electrical conductivities of the nutrient solution (2.0, 3.5, and 5.0 dS m⁻¹), two application conditions of Stalker (with and without), and two coriander cultivars (Verdão and Frevo). Variables related to gas exchange (transpiration, net assimilation rate, stomatal conductance, internal CO₂ concentration, intrinsic water use efficiency, and carboxylation efficiency) and growth (plant height, number of stems, fresh mass (shoot, root, and total), and dry mass (shoot, root, and total)) were analyzed. The results showed that the cultivars responded differently to the applied treatments. The cultivar Verdão was more tolerant to salinity than Frevo. The application of Stalker had an effect only on the Frevo cultivar, due to its greater sensitivity to salinity. Both cultivars can be grown hydroponically using saline water, with nutrient solution conductivity up to 5.0 dS m⁻¹ for Verdão and up to 3.5 dS m⁻¹ for Frevo.

Key words: *Coriandrum sativum* L.; Soilless cultivation; Salinity; Verdão and Frevo

1 INTRODUÇÃO

O coentro (*Coriandrum sativum* L.), pertencente à família Apiaceae, é uma das hortaliças condimentares mais cultivadas e consumidas no mundo, com destaque para regiões da Ásia, América Latina, Europa e o Nordeste do Brasil. Valorizado tanto pelas folhas quanto pelas sementes, o coentro possui ampla utilização nas áreas culinária, medicinal e industrial, o que lhe confere significativa importância socioeconômica e agroecológica.

Do ponto de vista nutricional, o coentro é rico em compostos bioativos, como flavonoides, ácidos fenólicos e óleos essenciais, os quais conferem propriedades antioxidantes, antimicrobianas e anti-inflamatórias. Além disso, sua adaptabilidade a diferentes condições climáticas, ciclo curto de desenvolvimento e baixo custo de produção favorecem sua inserção em sistemas agrícolas de pequena e média escala, contribuindo para a segurança alimentar, geração de renda e diversificação da produção agrícola.

No Brasil, o coentro é produzido principalmente nas regiões Norte e Nordeste, e seu cultivo visa, principalmente, a obtenção de massa verde e da extração do óleo essencial, que são utilizados na culinária como ingredientes para dar sabor a diversos pratos (OLIVEIRA et al., 2007).

Dados recentes sobre a produção de coentro, tanto folhas quanto sementes são escassos nos registros públicos, o que dificulta mensurar com precisão a participação do Brasil no mercado internacional e os rendimentos obtidos localmente. Em âmbito regional, nota-se uma demanda interna elevada pelas folhas de coentro, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste, especialmente nos mercados de feira livre e nas centrais de abastecimento. Nessas regiões, também se destacam iniciativas voltadas para a produção orgânica ou práticas de manejo mais sustentáveis. A maior parte da produção é realizada por pequenos e médios produtores, que cultivam em campo aberto.

Apesar de sua relevância, a cultura enfrenta desafios produtivos, principalmente associados à salinidade da água e do solo. Recentemente, pesquisadores têm explorado o cultivo hidropônico de coentro, com ênfase na resposta da cultura à salinidade (SILVA et al., 2016, 2018, 2020; NAVARRO et al., 2022, 2023; PESSOA et al., 2025). A maior parte dos estudos indica que a elevação da salinidade da solução nutritiva reduz o crescimento e o rendimento da cultura.

O estresse salino afeta não apenas o crescimento vegetativo, mas também a fisiologia fotossintética e a absorção de nutrientes essenciais (potássio, cálcio e magnésio) (MUNNS;

TESTER, 2008). Tais distúrbios reduzem a expansão foliar e a biomassa, repercutindo diretamente na comercialização, que depende da aparência visual das folhas (REBOUÇAS et al., 2013; NAVARRO et al., 2022).

Desta forma, deve-se adotar estratégias de manejo que possibilite o uso de água salina e com menor redução na produtividade das culturas (GUEDES et al., 2015). Dentre as principais estratégias pesquisadas atualmente destaca-se o uso de fertilizantes e bioestimulantes provenientes de extratos de algas marinhas (SOUZA, 2023).

Os extratos de algas marinhas contêm compostos bioativos que atuam como sinalizadores pré-hormonais, influenciando positivamente o metabolismo das plantas (KHAN et al., 2009). Estudos recentes indicam que Extratos de *Kappaphycus alvarezii* melhoraram a absorção de água e nutrientes, resistência a estresses abióticos e estímulos ao desenvolvimento da microbiota dos solos e plantas submetidas a esses produtos, agindo também na proteção dos cultivos à pesticidas, patógenos e organismos danosos para a produção (KHOLSSI et al., 2022).

O biofertilizante a base de extratos de *Kappaphycus alvarezii* é capaz de atuar em parâmetros bioquímicos de diversas plantas, como, por exemplo, aumentando o conteúdo de clorofila e de aminoácidos nas plantas (SHUKLA et al., 2024). Estes compostos vêm ganhando destaque na agricultura por favorecer o crescimento das plantas, aumentar a tolerância a estresses e melhorar a qualidade das culturas.

Hipótese: A aplicação foliar de extrato de algas marinhas mitiga os efeitos negativos dos diferentes níveis de salinidade sobre o crescimento, a fisiologia e a produção de cultivares de coentro cultivadas em sistema hidropônico.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar o crescimento, a fisiologia e a produção de cultivares de coentro submetidas a diferentes níveis de salinidade e à aplicação foliar de extrato de algas marinhas em sistema hidropônico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do Local

O experimento foi desenvolvido nos meses de maio a junho de 2025, em casa de vegetação localizada no setor de experimental do Departamento de Ciência Agronômicas e Florestais, campus oeste, da universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil (5°12'4" S; 37°19'39" W, altitude média de 18 m).

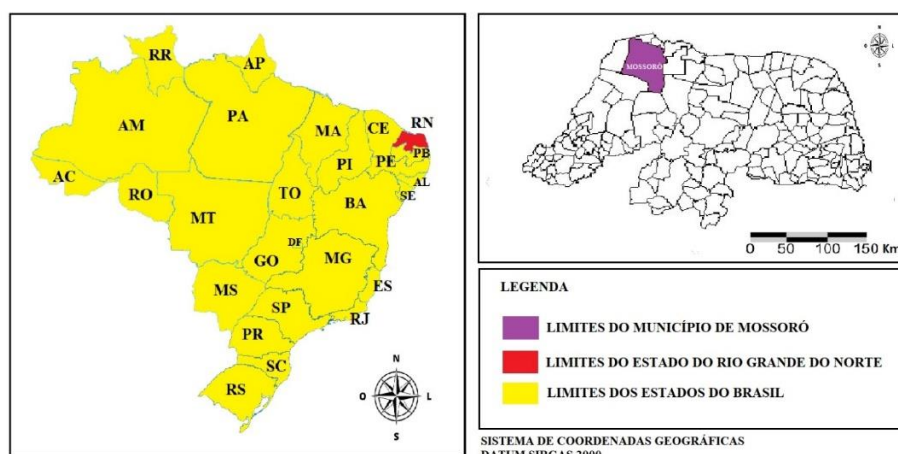


Figura 1. Mapa do Brasil com destaque para a cidade de Mossoró, RN.

Fonte: Adaptado de IBGE (2025).

A casa de vegetação possui estruturação com revestimento metálico e cobertura com filme plástico difusor (150 micras), medindo 7 m de largura por 18 m de comprimento, totalizando uma área de 126 m², com pé direito de 4,0 m de altura.



Figure 2 - Vista geral do experimento em casa de vegetação, Mossoró - RN, UFERSA, 2025.

Fonte: Autoria própria (2025).

2.2 Delineamento experimental

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2 x 2, com três repetições. Utilizaram-se soluções nutritiva com três condutividades elétricas (2,0; 3,5 e 5,0 dS m⁻¹), duas condições de aplicação de extrato de algas (7,5 mL L⁻¹ e 0,0 mL L⁻¹) para observar a melhor resposta das plantas nas condições avaliadas, quando submetidas a

dose elevada de STALKER e sem aplicação do mesmo) e duas cultivares de coentro (Verdão e Frevo). Cada unidade do experimento representada por uma bandeja plástica com capacidade para 20 dm³ (14 × 37 × 60 cm, para altura, largura, comprimento, respectivamente), contendo três fileiras com 40 cm de comprimento e espaçadas em 20 cm.

2.3 Implantação da cultura

Em cada fileira semeou-se 60 sementes na profundidade média de 3,0 cm, sendo uma cultivar por bandeja. O experimento foi conduzido utilizando um sistema hidropônico com substrato, funcionando de forma fechada com coleta e aproveitamento da solução nutritiva. O sistema composto por bancadas de madeira (0,6 m de altura), bandejas plásticas com capacidade para 20 litros, sistema de bombeamento, drenagem e coleta da solução nutritiva. Utilizou-se areia fina lavada como substrato. Antes da instalação do experimento, a areia foi lavada e desinfetada com hipoclorito de sódio (NaClO) na concentração 0,2% por um período de 24 horas, sendo em seguida lavada novamente utilizando água coletada no sistema de abastecimento do campus da UFERSA.

2.4 Manejo da irrigação e preparo das soluções nutritivas

A solução nutritiva padrão adotada foi a recomendada por FURLANI et al. (1999) para macronutrientes, com as seguintes concentrações de fertilizantes em mg L⁻¹: nitrato de cálcio 750, nitrato de potássio 500, fosfato monoamônio 150 e sulfato de magnésio 400. Os micronutrientes foram fornecidos utilizando produtos comerciais Dripsol Micro Rexene Equilíbrio (magnésio, 1,1%; boro, 0,85%; cobre (Cu-EDTA), 0,5%; ferro (Fe-EDTA), 3,4 %; manganês (Mn-EDTA), 3,2%; molibdênio, 0,05%; zinco, 4,2%) e Dripsol Micro Ferro Q48 (Quelato de ferro Q48 EDDHA 6%, Dripsol SQM Vitas®). Para ambos (Dripsol Micro Rexene Equilíbrio e Dripsol Micro Ferro Q48) se utilizou a dosagem de 30 g 1000L⁻¹ para a solução nutritiva padrão (100%).

A aplicação do extrato de algas foi realizada aos 20 dias após a semeadura utilizando um pulverizador com capacidade para 5 L. No preparo da solução nutritiva foi adicionado um adjuvante (Facility®, 1,0 mL L⁻¹) para facilitar a fixação da solução nas folhas e, conseqüentemente a absorção pelas plantas. Foi utilizada a dosagem de 1,0 mL/L de Facility® na solução nutritiva, quantidade recomendada para aumentar a eficiência da absorção de

nutrientes pelas plantas. No tratamento com ausência de Stalker ($0,0 \text{ mL L}^{-1}$) as plantas foram pulverizadas apenas com água destilada com adjuvante.

O controle das irrigações foi realizado por um temporizador digital (Timer) ajustando a duração de cada irrigação ao longo do ciclo da cultura. Inicialmente, o timer foi programado para seis eventos (07:00; 09:00; 11:00; 13:00; 15:00 e 17:00 horas) diários com duração de 2 minuto cada evento.

2.5 Características avaliadas

Antes da colheita, logo nas primeiras horas da manhã, foi realizada a análise de trocas gasosas, 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 $1200 \text{ } \mu\text{mol de fótons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e vazão de ar de 200 Ml min^{-1} no nível atmosférico de CO_2 . As seguintes variáveis de trocas gasosas foram avaliadas (Tabela 1).

Tabela 1 - Variáveis de trocas gasosas avaliadas em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução nutritiva e aplicação foliar de Stalker

Variável	Sigla/Unidade
transpiração	$E - \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
taxa de assimilação líquida de CO_2	$A - \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
condutância estomática	$g_s - \text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
concentração interna de carbono	$C_i - \mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$
eficiência instantânea do uso da água	$EiUa = A/E \text{ } \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}/\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
eficiência de carboxilação instantânea	$EiCi = A/C_i, \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}/\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

A colheita foi realizada aos 35 dias após a semeadura, coletando-se a linha central, descartando as plantas localizadas nos 5 cm inicial e final da linha central. Analisou-se as seguintes variáveis: altura, número de hastes, massa fresca da parte aérea, massa fresca de raiz, massa fresca total, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e massa seca total.

2.6 Análise dos resultados

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância. As variáveis que apresentarem resposta significativa foram analisadas através do teste Tukey ($p \leq 0,05$). As

análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2019).

3 RESULTADOS

3.1 Trocas Gasosas

Na Tabela 2 é apresentado o resumo da análise de variância para as variáveis referentes aos processos de trocas gasosas. Não ocorreu efeito significativo da interação tripla entre os fatores salinidade (S), Stalk (ST) e cultivares (C) em nenhuma variável analisada ($p > 0,05$). No entanto, houve efeito da interação entre os fatores S x ST para transpiração (E) e condutância estomática (gs) em níveis de 5% e 1%, respectivamente. As variáveis assimilação líquida (A) e eficiência de carboxilação (EiCi) não foram afetadas pelos fatores estudados, sejam de forma isolada ou em interação ($p > 0,05$). A concentração interna de CO_2 (Ci) foi afetada apenas pela salinidade da solução nutritiva ($p \leq 0,05$). A eficiência intrínseca do uso da água (EiUa) foi afetada pela interação SxC em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida (A), concentração interna de CO_2 (Ci), eficiência intrínseca do uso da água (EiUa) e eficiência de carboxilação (EiCi) em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução nutritiva e aplicação foliar de Stalker

FV	GL	Quadrados médios					
		E	Gs	A	Ci	EiUa	EiCi
Salinidade (S)	2	2,984**	51933,06**	23,79 ^{ns}	295,98*	0,00016**	0,000249 ^{ns}
Stalk (ST)	1	0,139 ^{ns}	1241,38 ^{ns}	0,27 ^{ns}	8,64 ^{ns}	0,00000002 ^{ns}	0,000001 ^{ns}
Cultivar (C)	1	0,001 ^{ns}	472,33 ^{ns}	1,39 ^{ns}	8,02 ^{ns}	0,000004 ^{ns}	0,000016 ^{ns}
S x ST	2	0,950*	26820,17**	1,33 ^{ns}	23,75 ^{ns}	0,000039 ^{ns}	0,000116 ^{ns}
S x C	2	0,092 ^{ns}	3319,18 ^{ns}	13,76 ^{ns}	218,40 ^{ns}	0,000086 *	0,000028 ^{ns}
ST x C	1	0,092 ^{ns}	3091,36 ^{ns}	4,83 ^{ns}	4,24 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000059 ^{ns}
S x ST x C	2	0,405 ^{ns}	4068,75 ^{ns}	16,39 ^{ns}	202,31 ^{ns}	0,000062 ^{ns}	0,000217 ^{ns}
Resíduo	24	0,260	3837,07	8,74	78,25	0,000023	0,000104
CV (%)		4,06	15,81	20,44	2,78	18,88	22,40

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

CE – Condutividade elétrica; GL – graus de liberdade; CV – coeficiente de variação; ns – não significativo; * e ** - significativos 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F

No coentro, como também ocorre em muitas plantas, a salinidade cria estresse osmótico e, muitas vezes, também estresse iônico, afetando positivamente ou negativamente variáveis como condutância estomática e a eficiência de carboxilação. Na primeira variável (gs), a salinidade faz a planta perceber uma queda de água, levando ao fechamento parcial ou total dos estômatos para reduzir perda de água pelas folhas. Estando as plantas com os estômatos parcialmente fechados, entrando menos CO₂, reduzindo, consequentemente, a gs.

A eficiência de carboxilação pode ser afetada pela salinidade por meio da diminuição da taxa de fixação de carbono pela Rubisco devido a uma menor concentração de CO₂ disponível no mesófilo, em virtude da redução na abertura dos estômatos, além disso o estresse salino pode perturbar o equilíbrio energético (ATP/NADPH) e aumentar espécies reativas de oxigênio, reduzindo a eficiência de fotossíntese.

A transpiração das plantas de coentro foi afetada negativamente pela salinidade da solução nutritiva apenas na ausência de Stalker, sendo os menores valores obtidos na maior condutividade elétrica. Além disso, verificou-se que a aplicação foliar de Stalker afetou a transpiração do coentro apenas na maior salinidade, proporcionando incremento nesta variável (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médias para transpiração e condutância estomática em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução nutritiva e aplicação foliar de Stalker

Stalker	Salinidades (dS m ⁻¹)		
	2,0	3,5	5,0
Transpiração			
com	4,24 Aa	4,32 Aa	3,81 Aa
sem	4,73 Aa	4,07 Aa	3,21 Bb
Condutância estomática			
com	385,78Aa	424,53Aa	347,68Aa
sem	505,03Aa	399,01Ba	289,18Ca

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Valores médios seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas nas linhas, e minúsculas nas colunas, nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ($\leq p0,05$)

Assim como observado para a transpiração, a condutância estomática (gs) das plantas de coentro também foi afetada negativamente pela salinidade da solução nutritiva apenas na ausência de Stalker. No entanto, o efeito da salinidade sobre a gs foi mais expressivo em comparação com o observado para a transpiração, pois foi reduzida pelo estresse salino já a partir do nível 3,5 dS m⁻¹. Não houve efeito da aplicação foliar de Stalker sobre a gs, independentemente da salinidade estudada (Tabela 3).

A salinidade afetou a eficiência intrínseca do uso da água (EiUa) apenas na cv. Frevo provocando aumento a EiUa à medida que se incrementou a condutividade elétrica da solução nutritiva. Além disso, foi observado que ocorreu diferença significativa entre as cultivares apenas na maior salinidade (5,0 dS m⁻¹), na qual a cv. Frevo foi superior a cv. Verdão (Tabela 4).

Tabela 4. Eficiência intrínseca do uso da água em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução nutritiva e aplicação foliar de Stalker

Cultivares	Salinidades (dS m ⁻¹)		
	2,0	3,5	5,0
Verdão	0,035 Aa	0,039 Aa	0,037 Ab
Frevo	0,031 Ba	0,037 ABa	0,044 Aa

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Valores médios seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas nas linhas, e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ($\leq p0,05$)

Na Tabela 5 são os valores médios obtidos para as variáveis taxa de assimilação líquida (A), concentração interna de CO₂ e eficiência de carboxilação (EiCi), na qual verifica-se que não houve efeitos dos tratamentos aplicados sobre as variáveis A e EiCi. No entanto, a variável Ci foi afetada apenas pela salinidade da solução nutritiva, apresentando redução para as condutividades elétricas 3,5 e 5,0 dS m⁻¹.

Tabela 5. Valores médios para taxa de assimilação líquida (A), concentração interna de CO₂ (Ci) e eficiência de carboxilação (EiCi) em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução nutritiva e aplicação foliar de Stalker

Salinidade (dS m ⁻¹)	A	Ci	EiCi
2,0	16,66 a	324,19 a	0,045 a
3,5	15,77 a	315,25 b	0,050 a
5,0	12,97 a	315,97 b	0,041 a
Stalker			
Com	14,38 a	317,98 a	0,045 a
Sem	14,55 a	318,96 a	0,046 a
Cultivares			
Verdão	14,27 a	318,94 a	0,055 a
Frevo	14,66 a	318,00 a	0,046 a

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Valores médios seguidos pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ($\leq p0,05$)

3.2 Crescimento e Produção

A partir da análise de variância foi possível constatar que houve efeito da interação tripla entre os fatores SxSTxC apenas para a variável massa fresca de raiz (MFR) em nível de 5% de probabilidade. A altura das plantas (ALT) foi afetada pela interação SxST ($p \leq 0,01$). O fator salinidade afetou, de forma isolada, as variáveis número de hastes (NH), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca total (MFT) (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT), comprimento de raiz (CR), número de hastes (NH), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca raiz (MFR) e massa fresca total (MFT) em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução nutritiva e aplicação foliar de Stalker

FV	GL	Quadrados médios					
		ALT	CR	NH	MFPA	MFR	MFT
Salinidade (S)	2	76,89**	0,75 ^{ns}	1,97**	488443,25*	5728,28 ^{ns}	14,87*
Stalk (ST)	1	9,90 ^{ns}	2,12 ^{ns}	0,50 ^{ns}	18566,78 ^{ns}	5,47 ^{ns}	1,59 ^{ns}
Cultivar (C)	1	1,76 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,025 ^{ns}	308758,03 ^{ns}	10489,85*	26,47 ^{ns}
S x ST	2	14,13**	1,66 ^{ns}	0,23 ^{ns}	258218,83 ^{ns}	13498,77**	22,13 ^{ns}
S x C	2	5,64 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,00048 ^{ns}	132094,89 ^{ns}	374,44 ^{ns}	11,32 ^{ns}
ST x C	1	0,25 ^{ns}	0,041 ^{ns}	0,036 ^{ns}	44125,20 ^{ns}	343,73 ^{ns}	3,78 ^{ns}
S x ST x C	2	2,92 ^{ns}	2,62 ^{ns}	0,13 ^{ns}	365561,52 ^{ns}	8731,89*	31,34 ^{ns}
Resíduo	24	2,51	1,58	0,19	125026,74	1953,10	10,71
CV (%)		6,57	12,37	12,26	16,39	17,94	16,39

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

CE – Condutividade elétrica; GL – graus de liberdade; CV – coeficiente de variação; ns – não significativo; * e ** - significativos 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F

A altura das plantas (ALT) foi afetada pelo incremento da salinidade na ausência e na presença de Stalker. Na ausência de Stalker, a ALT foi reduzida partir da salinidade 3,5 dS m⁻¹. Por outro lado, com a aplicação foliar de Stalker, ocorreu efeito da salinidade apenas na maior CE (5,0 dS m⁻¹), em que resultou na redução da ALT. Além disso, verificou-se efeito da aplicação de Stalker apenas na maior salinidade, sendo os maiores valores de ALT obtidos na ausência de Stalker (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médias para altura de plantas (cm) em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução nutritiva e aplicação foliar de Stalker

Stalker	Salinidades (dS m ⁻¹)		
	2,0	3,5	5,0
com	26,19 Aa	24,80 Aa	19,79 Bb
sem	26,86 Aa	23,89 Ba	23,17 Ba

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Valores médios seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas nas linhas, e minúsculas nas colunas, nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ($\leq p0,05$)

Na Tabela 8 são apresentados os resultados obtidos para as variáveis número de hastes, massa fresca da parte aérea e massa fresca total. Verifica-se que as plantas fertirrigadas com solução nutritiva de maior salinidade (5,0 dS m⁻¹) apresentaram maior número de hastes. No entanto, essas plantas apresentaram menores valores para massa fresca da parte aérea e massa fresca total (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médias para número de hastes, massa fresca da parte aérea e massa fresca total em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução nutritiva e aplicação foliar de Stalker

Salinidades (dS m ⁻¹)	Número de hastes	Massa fresca da parte aérea	Massa fresca total
	unidade	----- (g planta ⁻¹) -----	-----
2,0	3,40 b	2315,97 a	2537,28 a
3,5	3,47 b	2225,34 ab	2486,34 ab
5,0	3,98 a	1930,14 b	2186,91 b

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Valores médios seguidos pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey ($\leq p0,05$)

A salinidade da solução nutritiva afetou a massa fresca da raiz (MFR) nas duas cultivares quando foi feita a aplicação foliar de Stalker. A cultivar Verdão apresentou redução na MFR a partir da CE 3,5 dS m⁻¹, enquanto a cv. Frevo reduziu a MFR na maior CE (5,0 dS m⁻¹). A aplicação foliar de Stalker reduziu MFR na cv. Verdão na menor salinidade. No entanto, proporcionou aumento nessa variável na cv. Frevo nas salinidades 3,5 e 5,0 dS m⁻¹. As cultivares diferiram entre si apenas na maior salinidade nas plantas que não receberam aplicação foliar de Stalker, em que a cv. Frevo foi superior a cv. Verdão (Tabela 9).

Tabela 9. Massa fresca de raiz em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução nutritiva e aplicação foliar de Stalker

Cultivares	Stalker	Salinidade (dS m ⁻¹)		
		2,0	3,5	5,0
Massa fresca de raiz (g planta ⁻¹)				
Verdão	Com	169,20 BbA	256,68 BaA	270,00 AaA
	Sem	246,60 AaA	236,52 AaA	196,56 AaB
Frevo	Com	201,60 AaA	326,52 AaA	252,00 AbA
	Sem	267,84 AaA	224,28 AbA	308,52 AaA

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Valores médios seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas referentes ao efeito da salinidade para cada nível de cultivares e Stalker; minúsculas referentes ao efeito do Stalker em cada nível de salinidade e cultivares; maiúsculas e negrito referentes ao efeito das cultivares para cada nível de salinidade e Stalker, não diferem entre si pelo teste Tukey ($\leq p0,05$)

A interação entre os fatores SxSTxC afetou significativamente as variáveis massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST) a nível de 1% de probabilidade, bem como a massa seca de parte aérea (MPSA), em nível de 5% de probabilidade. A interação entre os fatores STx afetou o teor de água no tecido foliar (%H₂O-PA) em nível de 5% de probabilidade (Tabela 10).

Tabela 10. Resumo da análise de variância para massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca total (MST) e teor de água na parte aérea (%H₂O-PA) em cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução nutritiva e aplicação foliar de Stalker

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		MSR	MSPA	MST	%H ₂ O-PA
Salinidade (S)	2	95,73*	2514,85 ^{ns}	1992,72 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Stalk (ST)	1	12,84 ^{ns}	54,46 ^{ns}	14,28 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Cultivar (C)	1	149,24*	2743,66 ^{ns}	4175,74 ^{ns}	0,04 ^{ns}
S x ST	2	49,83 ^{ns}	2440,33 ^{ns}	3128,67 ^{ns}	0,31 ^{ns}
S x C	2	2,40 ^{ns}	910,08 ^{ns}	993,90 ^{ns}	0,19 ^{ns}
ST x C	1	63,20 ^{ns}	3723,44 ^{ns}	4752,72 ^{ns}	5,26*
S x ST x C	2	179,77**	5103,68*	7197,59**	2,29 ^{ns}
Resíduo	24	25,45	1039,81	1269,43	0,68
CV (%)		24,21	19,03	18,71	0,90

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

CE – Condutividade elétrica; GL – graus de liberdade; CV – coeficiente de variação; ns – não significativo; * e ** - significativos 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F

A salinidade da solução nutritiva afetou a massa seca de raiz (MSR) apenas na cv. Frevo, ocorrendo redução na maior salinidade (5,0 dS m⁻¹) com a aplicação de Stalker. Por outro lado, na ausência de Stalker a maior salinidade provocou aumento na MSR. A aplicação foliar de

Stalker afetou a MSR apenas na cv. Frevo, provocando redução na CE 3,5 dS m⁻¹ e aumento na CE 5,0 dS m⁻¹. Comparando-se as cultivares, foi observada diferença significativa apenas na maior salinidade e na ausência de Stalker, com maior MFR obtida na cv. Frevo (Tabela 11).

Tabela 11. Valores médios de massa seca de raiz, massa seca de parte aérea e massa seca total de cultivares de coentro submetidas à diferentes salinidades da solução nutritiva e aplicação foliar de Stalker

Cultivares	Stalker	Salinidade (dS m ⁻¹)		
		2,0	3,5	5,0
Massa seca de raiz (g planta ⁻¹)				
Verdão	Com	17,30 AaA	20,86 AaA	24,50 AaA
	Sem	15,13 AaA	19,76 AaA	16,23 AaB
Frevo	Com	19,06 BaA	29,90 AaA	17,96 BbA
	Sem	19,46 BaA	20,16 BbA	31,66 AaA
Massa seca de parte aérea (g planta ⁻¹)				
Verdão	Com	177,48 AaA	172,80 AaA	158,76 AaA
	Sem	183,96 AaA	157,68 AbA	113,76 BaA
Frevo	Com	165,60 ABaA	208,08 AaA	126,72 BbA
	Sem	193,68 AaA	162,36 AaA	212,76 AaA
Massa seca total (g planta ⁻¹)				
Verdão	Com	194,76 AaA	193,68 AaA	183,24 AaA
	Sem	199,08 AaA	177,48 AaA	129,96 AaB
Frevo	Com	184,68 ABaA	237,96 AaA	144,72 BbA
	Sem	213,12 AaA	182,52 AaA	244,44 AaA

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Valores médios seguidos pelas mesmas letras, maiúsculas referentes ao efeito da salinidade para cada nível de cultivares e Stalker; minúsculas referentes ao efeito do Stalker em cada nível de salinidade e cultivares; maiúsculas e negrito referentes ao efeito das cultivares para cada nível de salinidade e Stalker, não diferem entre si pelo teste Tukey ($\leq p0,05$)

A massa fresca da parte aérea (MFPA) foi afetada pela salinidade nas duas cultivares estudadas. Na cv. Verdão, a maior salinidade (5,0 dS m⁻¹) reduziu a MSPA na ausência de Stalker, enquanto a cv. Frevo a MSPA foi reduzida pela salinidade com aplicação foliar de Stalker. Analisando o efeito do Stalker, foi observado que a aplicação desse insumo provocou aumento na MSPA da cv. Verdão nas salinidades 3,5 e 5,0 dS m⁻¹. Por outro lado, provocou redução na MSPA da cv. Frevo na maior salinidade. Além disso, não ocorreu diferença significativa entre as cultivares, independentemente da salinidade ou da aplicação foliar de Stalker (Tabela 11).

Analisando a massa seca total (MST), verificou-se que ocorreu efeito da salinidade apenas na cv. Frevo, ocorrendo redução na CE $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ e com aplicação foliar de Stalker. Quanto ao efeito do Stalker, foi observada resposta significativa apenas na cv. Frevo e na maior salinidade, em que a aplicação de Stalker reduziu a MST. Comparando-se as cultivares, foi observada diferença significativa apenas na maior salinidade e na ausência de Stalker, sendo a cv. Frevo superior à cv. Verdão (Tabela 11).

4. DISCUSSÃO

4.1 Trocas Gasosas

Conforme apresentado anteriormente, a salinidade da solução nutritiva reduziu a transpiração, condutância estomática na cv. Frevo na condição de ausência da aplicação de Stalker, bem como a concentração interna de CO_2 , independentemente da cultivar e da aplicação de Stalker. Outros autores também observaram redução nas trocas gasosas em plantas de coentro submetidas ao estresse salino (ELHINDI et al., 2016; NAVARRO et al., 2022, 2023; PESSOA et al., 2025), assim como em outras hortaliças folhosas, como rúcula (COSTA et al., 2025), alface (CAVALCANTE et al., 2025) e couve folha (SILVA et al., 2023).

De acordo com NAVARRO et al. (2023), o fechamento estomático é um dos primeiros mecanismos de defesa das plantas contra o estresse salino. Este comportamento ocorre devido a diferença de pressão provocada pelo acúmulo de sais no meio explorado pelo sistema radicular, dificultando a absorção de água e consequentemente o processo de transpiração é afetado, pois para não perder água, as plantas mantêm seus estômatos parcialmente fechados.

A redução da concentração interna de CO_2 em resposta ao aumento da salinidade ocorre devido a uma reação da planta ao estresse salino provocado pela toxicidade causada pelo aumento na concentração de cloreto no tecido vegetal, em consequência da restrição da menor difusão de CO_2 na câmara subestomática devido ao fechamento dos estômatos (DALASTRA et al., 2020).

A salinidade afeta a fotossíntese de diversas maneiras, pois reduz a quantidade de água utilizada, altera a estrutura das membranas celulares que participam do processo, reduz a atividade de enzimas e causa limitações na capacidade das plantas de realizar a fotossíntese, devido ao acúmulo de íons tóxicos (SOUSA et al., 2021).

A eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) está ligada à disponibilidade de ATP, NADPH e do substrato da enzima RuBisCO (SILVA et al., 2015), e pode ser afetada por fatores

abióticos como disponibilidade de CO₂ no mesófilo foliar, intensidade luminosa, temperatura e condições ideais para a atividade enzimática desempenham papéis decisivos na obtenção de uma maior EiCi (SILVA et al., 2015). No presente estudo a EiCi não foi afetada pela salinidade, indicando, assim, que os níveis salinos aplicados não foram suficientes para alterar as atividades da enzima RuBisCO.

O aumento na EiUa observada na cv. Frevo, em resposta ao estresse salino, indica que o efeito da salinidade foi maior sobre a transpiração do que sobre a taxa de assimilação líquida. Tal comportamento ocorreu porque as trocas gasosas são reguladas pelos processos de abertura e fechamento dos estômatos. Sob condições de estresse salino, ocorrem perdas de água devido ao maior grau de fechamento dos estômatos e consequentemente, restrição na absorção de CO₂. Com isso, o aumento na EiUa indica que ocorre maior quantidade de CO₂ em detrimento da menor perda de água (TAIZ et al., 2017).

Ainda referente ao processo de trocas gasosas, destaca-se que apenas a cv. Frevo foi afetada pela salinidade da solução nutritiva, enquanto a cv. Verdão não apresentou resposta significativa. Essa diferença é um indicativo de que cultivar Verdão seja mais tolerante à salinidade. Esses resultados confirmam os apresentados por SÁ et al. (2016), os quais trabalhando com estresse salino em cultivares de coentro também observaram respostas diferentes à salinidade em cultivares de coentro.

4.2 Crescimento e Rendimento

A fertirrigação com solução nutritiva mais salina (5,0 dS m⁻¹) provocou redução na altura das plantas, bem como na massa fresca de parte aérea e de massa fresca total nas duas cultivares. Por outro lado, a maior salinidade proporcionou aumento no número de hastes. Quanto ao acúmulo de massa seca, com base nos resultados obtidos no presente estudo, foi possível observar que a cv. Verdão foi mais tolerante à salinidade do que a cv. Frevo. Além disso, foi possível verificar que só ocorreu resposta à aplicação foliar de Stalker na cv. Frevo, indicando a eficiência do extrato de algas marinhas como atenuador do estresse salino no coentro.

A redução no crescimento do coentro em função do estresse salino tem sido observada em vários estudos (ELHINDI et al., 2016; RABIEI et al., 2020; NAVARRO et al., 2022, 2023; PESSOA et al., 2025). De acordo com SILVEIRA et al. (2016), a perda de rendimento das plantas submetidas ao estresse salino ocorre porque a salinidade causa distúrbios no metabolismo da planta, afetando o crescimento e produção das plantas. Além disso, o aumento

da concentração iônica, principalmente Na^+ e Cl^- pode afetar negativamente o processo fisiológico das plantas, reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática, o alongamento celular e, conseqüentemente, reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (SANTOS et al., 2022).

De forma geral, a cv. Verdão mostrou ser mais tolerante à salinidade do que a cv. Frevo, pois, para a maioria das variáveis analisadas, não foi observado efeito da salinidade sobre o crescimento da cv. Verdão. No entanto, apesar de a cv. Frevo ter sido afetada negativamente pela salinidade da solução nutritiva, todas as plantas apresentaram qualidade visual das folhas dessa cultivar, indicando que, mesmo com a maior condutividade elétrica utilizada é possível produzir coentro de ambas as cultivares em sistema hidropônico.

Estas observações estão de acordo com as constatações de SILVA et al. (2018), os quais trabalhando com a cultura do coentro, cv. Verdão, em sistema hidropônico DFT utilizando águas salobras no preparo da solução nutritiva, observaram ser possível utilizar água com condutividade elétrica de até $7,0 \text{ dS m}^{-1}$. Segundo esses autores, apesar das reduções no crescimento e na produção, não houve efeitos deletérios da salinidade sobre a qualidade visual do produto final.

5 CONCLUSÕES

A cv. Verdão mostrou-se mais tolerante à salinidade do que a cv. Frevo.

A aplicação de Stalker teve efeito apenas na cv. Frevo por ser mais sensível à salinidade.

O cultivo de ambas as cultivares pode ser realizada em sistema hidropônico utilizando água salina até $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ da solução nutritiva para a cv. Verdão, e até $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ para a cv. Frevo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAVALCANTE, J. S. J.; FERREIRA NETO, M.; PEIXOTO, T. D. C.; SILVA JÚNIOR, M. P.; RODRIGUES FILHO, R. A.; ARAÚJO, K. F. P.; ANDRADE, R. A.; SOUTO, L. S.; ROCHA, J. L. A.; SILVA, L. A.; FERNANDES, P. D.; DIAS, N. S.; SÁ, F. V. S. Analysis on salinity tolerance of lettuce cultivars under saline irrigation and application of organic acids. **Plants**, v. 14, 262, 2025.
- COSTA, L. P.; MENDONÇA, V.; OLIVEIRA, F. A.; PINTO, F. F. B.; CARLOS, K. G. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, V. L. Salt stress and calcium nitrate in arugula

in soilless cultivation using substrate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 29, n. 2, e285670, 2025.

DALASTRA, C.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; SILVA, M. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; FERNANDES, G. C. Head lettuce production and nutrition in relation to nutrient solution flow. **Horticultura Brasileira**, v. 38, p. 21-26, 2020.

ELHINDI, K. M.; EL-HENDAWY, S.; ABDEL-SALAM, E.; SCHMIDHALTER, U.; RAHMN S. U.; HASSAN, A. A. Foliar application of potassium nitrate affects the growth and photosynthesis in coriander (*Coriander sativum* L.) plants under salinity. **Progress in Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 63-73, 2016.

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. 52 p. (Boletim Técnico 180).

GUEDES, R. A. A.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, R. C.; MEDEIROS, A. S.; GOMES, L. P.; COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 913-919, 2015.

KHAN, W.; RAYIRATH, U. P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M. N.; RAYORATH, P.; HODGES, D. M.; CRITCHLEY, A. T.; CRAIGIE, J. S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, p. 386-399, 2009.

KHOLSSI, R.; LOUGRAIMZI, H.; GRINA, F.; LORENTZ, J. F.; SILVA, I.; CASTAÑO-SÁNCHEZ, O.; MARKS, E. A. N. Green agriculture: a review of the application of micro-and macroalgae and their impact on crop production on soil quality. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 22, p.4627-464, 2022.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651–681, 2008.

NAVARRO, F. E. C.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; MARTINS, J. B.; CRUZ, R. I. F.; SILVA, M. M.; MEDEIROS, S. S. Physiological aspects and production of coriander using nutrient solutions prepared in different brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 11, p. 831-839, 2022.

NAVARRO, F. E. C.; SILVA, I. A. C.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; OLIVEIRA, T. F.; SILVA, G. F.; SILVA, E. F. F. Hydroponic coriander grown under nutritional solutions prepared with

brackish water of different cation prevalence. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 9, p. 736-745, 2023.

OLIVEIRA, A. P.; MELO, P. C. T.; WANDERLEY JÚNIOR, L. J. G.; ALVES, A. U.; MORA, M. F.; OLIVEIRA, A. N. P. Desempenho de genótipos de coentro em Areia. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 252-255, 2007.

PESSOA, U. C. M.; SILVA, Ê. F. F.; OLIVEIRA, T. F.; FERREIRA, J. F. S.; SOUZA, E. R.; ROLIM, M. M.; SILVA, A. O.; SANTOS JÚNIOR, J. A. Cilantro photosynthetic parameters in response to different flows of nutrient solutions prepared with brackish waters dominant in Na^+ , Cl^- , or Ca^{2+} . **Water**, v. 17, 1640, 2025.

RABIEI, Z.; HOSSEINI, S. J.; PIRDASHTI, H.; HAZRATI, S. Physiological and biochemical traits in coriander affected by plant growth-promoting rhizobacteria under salt stress. **Heliyon**, v. 6, n. 10, e-05321, 2020.

REBOUÇAS, J. R. B.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. S.; SOUZA NETO, O. N.; DINIZ, A. A.; LIRA, R. B. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 624-634, 2013.

SÁ, F. V. S.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; FERREIRA NETO, M.; SILVA, R. A.; SILVA, M. K. S.; MESQUITA, E. F.; ALMEIDA, F. A.; ALVES NETO, A. Tolerance of coriander cultivars under saline stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3728-3732, 2016.

SANTOS, T. B.; RIBAS, A. F.; SOUZA, S. G. H.; BUDZINSKI, I. G. F.; DOMINGUES, D. S. Physiological responses to drought, salinity, and heat stress in plants: A Review. **Stresses**, v.2, p.113-132, 2022.

SHUKLA, P.; SHARMA, S.; SINGH, A.; SINGH, P. K. Seaweed extract of Kappaphycus alvarezii as a potential biofertilizer for enhancing growth, biochemical parameters and yield of Triticum aestivum L. **Journal of Applied Phycology**, v. 36, n. 1, p. 101-112, 2024.

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, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 946-952, 2015.

- SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTANA, G. O.; PINHO, J. S. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 8, p. 547-552, 2018.
- SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; COSTA, I. P.; VASCONCELOS, R. S. Growth, production and water consumption of coriander grown under different recirculation intervals and nutrient solution depths in hydroponic channels. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n. 4, p. 281-294, 2020.
- SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A.; CARMO, F. F. do. Frequency of recirculation of nutrient solution in hydroponic cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, p.447-454, 2016.
- SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap.13, p.181-196.
- SOUSA, H. C.; SOUSA, G. G.; LESSA, C. I. N.; LIMA, A. F. S.; RIBEIRO, R. M. R.; RODRIGUES, F. H. C. Growth and gas exchange of corn under salt stress and nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 174-181, 2021.
- SOUZA, A.; RODRIGUES, A. R. P.; RIBEIRO, M. N.; ANTUNES, V. C. A study on the consumption of coriander (*Coriandrum sativum* L.) and consumers' perception of its functional properties. **Research Society and Development**, v. 11, n. 14, p. 1-11, 2022.
- SOUZA, F. T. P. Extrato de algas marinhas como bioestimulantes de cultivares. **Cadernos Macambira**, v. 8, n. 4, p. 27-28, 2023.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: ArtMed, 2017. 888p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos ao longo desta pesquisa demonstram o potencial bioestimulante do extrato de algas vermelhas (*Kappaphycus alvarezii*) na mitigação dos efeitos do estresse salino em plantas de coentro (*Coriandrum sativum* L.), especialmente quando cultivadas em sistema hidropônico com uso de substrato. A aplicação foliar do fertilizante comercial à base desse extrato (Stalker) mostrou-se eficaz na atenuação parcial dos impactos negativos da

salinidade sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas, sobretudo em condições de baixa a moderada salinidade.

No primeiro experimento, verificou-se que a salinidade elevada ($7,0 \text{ dS m}^{-1}$) comprometeu significativamente variáveis morfológicas, como altura de planta e área foliar específica, independentemente da dose de bioestimulante utilizada. Em contrapartida, sob níveis salinos mais brandos ($2,0$ e $5,5 \text{ dS m}^{-1}$), a aplicação do Stalker proporcionou aumentos expressivos na massa fresca e seca da parte aérea, evidenciando sua efetividade em condições menos severas de estresse. As doses de $3,5$ a $7,0 \text{ mL L}^{-1}$ apresentaram melhor desempenho produtivo, variando conforme a intensidade da salinidade.

No segundo experimento, os efeitos benéficos da aplicação do extrato de algas foram mais pronunciados na cultivar Frevo, reconhecidamente mais sensível ao estresse salino. A cultivar Verdão, por sua vez, demonstrou maior tolerância intrínseca à salinidade, sendo possível seu cultivo em solução nutritiva com condutividade elétrica de até $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, sem prejuízos significativos ao desenvolvimento. Já para a cultivar Frevo, recomenda-se o cultivo sob salinidades de até $3,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Dessa forma, conclui-se que o uso de extrato de *Kappaphycus alvarezii* como bioestimulante representa uma estratégia promissora no manejo do estresse salino em cultivos de coentro, podendo ser integrado aos sistemas hidropônicos para melhorar a produtividade e a qualidade das plantas, especialmente em regiões onde a irrigação com água salina é uma prática comum. Ademais, a escolha da cultivar é um fator decisivo: a cv. Verdão se mostra mais adequada para ambientes com salinidade moderada, enquanto a cv. Frevo pode se beneficiar significativamente do uso de bioestimulantes como o Stalker para mitigar os efeitos adversos do estresse salino.