



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

RISLAYNE INGRID FAGUNDES

**EFEITO DO ESTRESSE SALINO NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE
BIOMASSA DO CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.)**

MOSSORÓ

2025

RISLAYNE INGRID FAGUNDES

**EFEITO DO ESTRESSE SALINO NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE
BIOMASSA DO CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.)**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof^a. Dra. Lindomar Maria da Silveira.

Co-orientador: Prof. Dr. João Everthon da Silva Ribeiro.

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.

FF156 Fagundes, Rislayne Ingrid.
e EFEITO DO ESTRESSE SALINO NO CRESCIMENTO E
PRODUÇÃO DE BIOMASSA DO CÂRTAMO (*Carthamus*
tinctorius L.) / Rislayne Ingrid Fagundes. - 2025.
35 f. : il.

Orientadora: Lindomar Maria da Silveira .
Coorientador: João Everthon da Silva Ribeiro .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2025.

1. Oleaginosa.. 2. Salinidade.. 3. Condições
semiáridas.. 4. Asteraceae.. 5. Estresse
abiótico.. I. da Silveira , Lindomar Maria ,
orient. II. Ribeiro , João Everthon da Silva , 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.

RISLAYNE INGRID FAGUNDES

**EFEITO DO ESTRESSE SALINO NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE
BIOMASSA DO CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.)**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Defendida em: 25/07/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Lindomar Maria da Silveira (UFERSA)
Presidente

Prof. Dr. João Everthon da Silva Ribeiro (UFERSA)
Membro Examinador

Me. Pablo Henrique de Almeida Oliveira (UFERSA)
Membro Examinador

Me. Ester dos Santos Coêlho (UFERSA)
Membro Examinador

Aos meus pais, que sempre fizeram de tudo por mim, com amor, coragem e renúncia. E, em especial, à minha mãe, que é e sempre será meu alicerce, minha fonte de inspiração e o maior exemplo de força e amor que carrego na vida. A você, que sempre me aplaudiu tão alto, que tornou impossível perceber quem não aplaudia. A cada dia, espero me tornar ao menos um terço da mulher incrível que você é, cada conquista minha carrega um pedaço de vocês. Essa vitória é nossa, especialmente sua, mainha.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, que me concedeu forças, coragem e sabedoria para enfrentar cada etapa da minha caminhada. Sem Sua presença e proteção, nada disso teria sido possível.

Aos meus pais, Lucivânia Alda da Silva e Antônio Humberto Fagundes, por sempre acreditarem em mim e apoiarem em cada uma das minhas decisões, sem medir esforços para que eu pudesse conquistar os meus sonhos, muitas vezes abdicando dos próprios sonhos e desejos para que eu tivesse oportunidades. Vocês formaram o meu caráter e me tornaram a pessoa que hoje tenho orgulho de ser, minha gratidão e admiração a vocês, que me motivam a vencer a cada dia.

Ao meu irmão, Davi Ryan Fagundes, que mesmo ainda sendo uma criança, é uma das maiores alegrias da minha vida. Que você cresça sabendo o quanto é amado e o quanto é importante. Essa conquista também é sua.

A toda a minha família, minha base e meu alicerce, minha gratidão. Reconheço como é raro e valioso contar com uma família tão unida e presente como vocês, agradeço todo o apoio e carinho recebidos durante essa jornada.

Agradeço à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pelo privilégio de ter cursado o ensino superior em uma instituição pública. Estendo minha gratidão a todos os professores que compartilharam seus conhecimentos contribuindo para minha formação acadêmica e crescimento pessoal.

Aos meus orientadores, Prof.^a Dra. Lindomar Maria da Silveira e Prof. Dr. Aurélio Paes Barros Júnior, agradeço pelo apoio, paciência e incentivo, bem como pela oportunidade de integrar o grupo de pesquisa GEPPARG.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. João Everthon da Silva Ribeiro, minha sincera gratidão. Sempre solícito, presente, comprometido, não mede esforços pelos seus orientandos, contribuindo para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ao Grupo de Estudos e Pesquisa em Produção Agrícola e Recursos Genéticos Vegetais (GEPPARG), vocês foram fundamentais para meu desenvolvimento na pesquisa, sempre dispostos a ajudar, animados e com uma energia que tornou cada momento no laboratório mais leve. Sou grata pelo apoio de todos e tenho muita admiração por cada um.

Agradeço aos amigos que construí ao longo da vida acadêmica: Clara, Juliano, Jeferson, Sidney, Vanesca, Bianca, Daniel, Beatriz e, em especial, Ramon, a quem considero um irmão de outra vida, que esteve comigo em todos os momentos e conheceu todos os meus lados. Quando digo que nada disso teria sido possível sem vocês é de coração, cheguei a uma nova cidade sozinha, e encontrei em cada um de vocês apoio, acolhimento, casa, e companhia, vocês viraram minha família. Sou eternamente grata pelos conselhos, conversas, risadas, desabafos e por dividirem comigo as noites em claro de cansaço e estudos, as quais se

tornaram memórias especiais. Cada um com seu jeito único de ser, fez diferença na minha vida, amo vocês e os levo no coração e para a vida.

Agradeço, com todo carinho, aos que sempre esteve comigo, mesmo de longe. Alice, João, em especial, Viviane minha melhor amiga e irmã, sua presença em minha vida é um presente. Crescemos juntas, e sigo levando você no coração como parte da minha família, agradeço a Deus por alguém com um coração tão lindo ter cruzado meu caminho. A você, deixo esta frase: *“É raro e precioso demais encontrar alguém como você na vida.”* Te amo!

Ao CNPq, minha gratidão pelo apoio financeiro concedido, essencial para o desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, expresso minha profunda gratidão a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a concretização desta etapa tão importante na minha formação. Sou muito grata a Deus e a cada pessoa que passou pela minha vida. Sinto-me abençoada e amada, e só tenho motivos para agradecer.

“Os sonhadores mudam o mundo, mentes curiosas nos impulsionam para a frente”.

(Anne with an E).

RESUMO

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma oleaginosa promissora para regiões semiáridas, destacando-se pela tolerância a condições climáticas adversas. No entanto, informações sobre seu desempenho sob estresse salino ainda são limitadas. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da salinidade no crescimento e produção de biomassa de plantas de cártamo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando a cultivar IMAMT 7529, sob três níveis de condutividade elétrica da água (CEa) (controle 0,5; moderado 3,5 e severo 6,5 dS m⁻¹), em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliadas as variáveis, altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa seca de folha (MSF), de caule (MSC), de raiz (MSR), de inflorescência (MSI) e total (MST). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando identificadas diferenças significativas entre os tratamentos, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa SISVAR. A salinidade exerceu efeito significativo em todas as variáveis analisadas, com redução no crescimento e na biomassa à medida que aumentava a condutividade elétrica da água de irrigação. Conclui-se que a cultivar de cártamo IMAMT 7529 apresentou reduções significativas no crescimento e na biomassa sob estresse salino, especialmente nos níveis de 3,5 e 6,5 dS m⁻¹ indicando baixa tolerância a esses níveis de salinidade.

Palavras-chave: Oleaginosa. Salinidade. Condições semiáridas. Asteraceae. Estresse abiótico.

ABSTRACT

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is a promising oilseed for semiarid regions, standing out for its tolerance to adverse climatic conditions. However, information on their performance under salt stress is still limited. Therefore, this work aimed to evaluate the effects of salinity on the growth and biomass production of safflower plants. The experiment was carried out in a greenhouse, using the cultivar IMAMT 7529, under three levels of water electrical conductivity (EC_w) (control 0.5, moderate 3.5 and severe 6.5 dS m⁻¹), in a randomized block design, with four repetitions. The following variables were evaluated, plant height (PH), stem diameter (SD), number of leaves (LN), leaf dry mass (LDM), stem mass (SDM), root mass (RDM), inflorescence mass (IDM) and total mass (TDM). The data obtained were submitted to analysis of variance (ANOVA) and, when significant differences were applied with the aid of the SISVAR program. Salinity exerted a significant effect on all the variables analyzed, with a reduction in growth and biomass as the electrical conductivity of the irrigation water increased. It was concluded that the safflower cultivar IMAMT 7529 showed significant reductions in growth and biomass under salt stress, especially at the levels of 3.5 and 6.5 dS m⁻¹, indicating low tolerance to these salinity levels.

Keywords: Oilseed. Salinity. Semiarid conditions. Asteraceae. Abiotic stress.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Dados climáticos de temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa (%) durante o período experimental. Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 20
- Figura 2 – Altura de planta (cm) da cultivar de cártamo ‘IMAMT 7529’ (*Carthamus tinctorius* L.), cultivada sob diferentes níveis de condutividade elétrica (controle CEa 0,5 dS m⁻¹, moderado CEa 3,5 dS m⁻¹, severo CEa 6,5 dS m⁻¹). Mossoró-RN, UFERSA, 2025. Letras minúsculas indicam diferenças significativas para os níveis de salinidade pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade..... 23
- Figura 3 – Diâmetro do caule (cm) da cultivar de cártamo ‘IMAMT 7529’ (*Carthamus tinctorius* L.), cultivada sob diferentes níveis de condutividade elétrica (controle CEa 0,5 dS m⁻¹, moderado CEa 3,5 dS m⁻¹, severo CEa 6,5 dS m⁻¹). Mossoró-RN, UFERSA, 2025. Letras minúsculas indicam diferenças significativas para os níveis de salinidade pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade..... 24
- Figura 4 – Número de folhas (cm) da cultivar de cártamo ‘IMAMT 7529’ (*Carthamus tinctorius* L.), cultivada sob diferentes níveis de condutividade elétrica (controle CEa 0,5 dS m⁻¹, moderado CEa 3,5 dS m⁻¹, severo CEa 6,5 dS m⁻¹). Mossoró-RN, UFERSA, 2025. Letras minúsculas indicam diferenças significativas para os níveis de salinidade pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade..... 25
- Figura 5 – Massa seca da folha (MSF) (g) (A), caule (MSC) (g) (B), raiz (MSR) (g) (C), inflorescência (MSI) (g) (D), e total (MST) (g) (E) da cultivar de cártamo ‘IMAMT 7529’ (*Carthamus tinctorius* L.), cultivada sob diferentes níveis de condutividade elétrica (controle CEa 0,5 dS m⁻¹, moderado CEa 3,5 dS m⁻¹, severo CEa 6,5 dS m⁻¹). Mossoró-RN, UFERSA, 2025. Letras minúsculas indicam diferenças significativas para os níveis de salinidade pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade..... 26

Figura 6 – Efeito visual de diferentes níveis (controle CEa 0,5 dS m⁻¹, moderado CEa 3,5 dS m⁻¹, severo CEa 6,5 dS m⁻¹) de condutividade elétrica da água de irrigação no desenvolvimento da cultivar de cártamo ‘IMAMT 7529’ (*Carthamus tinctorius* L.). Mossoró-RN, UFERSA, 2025..... 27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Análise química do solo utilizado na área experimental. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.....	20
----------	---	---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

(H+Al)	Acidez Potencial
AP	Altura da planta
CE	Condutividade elétrica
CEa	Condutividade elétrica da água de irrigação
CTC	Capacidade de troca catiônica do solo
DAP	Dias após o plantio
DBC	Delineamento em blocos casualizados
DC	Diâmetro do caule
m	Saturação por alumínio
MSC	Massa seca do caule
MSF	Massa seca da folha
MSI	Massa seca da inflorescência
MSR	Massa seca da raiz
MST	Massa seca total
NF	Número de folhas
pH	Potencial hidrogeniônico
PST	Porcentagem de sódio trocável
SB	Soma de bases
t	Capacidade de troca catiônica efetiva
V	Saturação por bases

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. O cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)	16
2.2. Estresses abióticos	17
2.3. Estresse salino, respostas das plantas e seus mecanismos fisiológicos	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Local do experimento	19
3.2. Cultivar e semeadura	21
3.3. Delineamento experimental	21
3.4. Irrigação	21
3.5. Coleta de dados	21
3.6. Análise estatística	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5. CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS	29
ANEXO A – FOTO DO EXPERIMENTO CONDUZIDO EM CASA DE VEGETAÇÃO	33
ANEXO B – FOTO COMPLEMENTAR DO EXPERIMENTO CONDUZIDO EM CASA DE VEGETAÇÃO	34

1. INTRODUÇÃO

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma cultura que tem grande importância econômica, sendo atualmente seu cultivo direcionado, principalmente, para a extração de óleo com fins medicinais e produção de biodiesel, tendo a Índia como principal centro de pesquisa (Menegaes; Nunes, 2019). O óleo de cártamo é reconhecido pelo elevado teor de ácidos graxos, como o oleico e linoleico, sendo que o linoleico representa até 88% da composição no óleo de cartamo (Zemour et al., 2021).

A espécie apresenta ampla adaptabilidade a diferentes condições ecofisiológicas e, entre suas principais características, destaca-se a capacidade de se desenvolver satisfatoriamente em solos com baixa disponibilidade hídrica, altas temperaturas, e baixa fertilidade, o que a torna adequada para o cultivo em regiões áridas e semiáridas do mundo, como observado por Ojaq et al. (2020). A baixa precipitação e a seca sazonal são fatores determinantes que limitam o rendimento e a qualidade da cultura, de modo que a tolerância à seca do cártamo pode estar relacionada às características pluviométricas do local de origem (Chen et al., 2025).

A seca e a salinidade são reconhecidas como os principais estresses abióticos que limitam a produtividade agrícola, reduzindo de forma significativa o crescimento e rendimento das culturas (Ma et al., 2020). Em solos salinos, os sais presentes na solução do solo aumentam as forças de retenção de água devido ao efeito osmótico, o que reduz a absorção de água pela planta (Dias et al., 2016). Além desse efeito inicial, a exposição prolongada a elevados níveis de salinidade leva ao acúmulo de íons tóxicos, como Na^+ , Cl^- e SO_4^{2-} , promovendo toxicidade iônica, interferindo na absorção de nutrientes, o que intensifica os danos às células e tecidos vegetais (Balasubramaniam et al., 2023).

O estresse salino pode inibir o crescimento das plantas nos estágios iniciais, reduzindo significativamente o rendimento e impactando a qualidade e quantidade dos produtos, embora os efeitos nem sempre sejam imediatos, a tolerância e sensibilidade das culturas ao sal dependem da capacidade de extrair água e nutrientes em solos salinos, assim como da habilidade de impedir o acúmulo excessivo de íons salinos nos tecidos vegetais (Ahmer et al., 2024). Embora o cártamo, quando exposto ao estresse salino, apresente redução do potencial hídrico foliar e do potencial osmótico, quando a salinidade ultrapassa um determinado limite, ocorre diminuição significativa do crescimento e rendimento da planta (Haghightnia; Talebi, 2024).

No que refere ao crescimento e à produção de biomassa, busca-se como hipótese compreender as respostas do cártamo submetido a níveis de salinidade, considerando suas implicações morfofisiológicas e identificando o grau de sensibilidade da cultura diante de cada intensidade de estresse aplicado. Considera-se que a elevação dos níveis de salinidade no solo compromete o desenvolvimento do cártamo, reduzindo seu crescimento e potencial produtivo. No entanto, acredita-se que a cultura possui determinada tolerância ao estresse salino, especialmente em condições moderadas, devido às suas características adaptativas. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da salinidade no crescimento e produção de biomassa de plantas de cártamo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.)

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) pertence à família Asteraceae, e é popularmente conhecido como açafrão ou açafrão bastardo, considerada uma das culturas mais antigas do mundo, suas flores eram utilizadas na antiguidade para extração de corantes aplicados na coloração de tecidos e alimentos (Wu et al., 2021; Oliveira, 2021). Caracteriza-se por ser uma espécie anual e herbácea, com altura variando de 30 a 90 cm, cujas flores apresentam tons amarelados, alaranjados e avermelhados (Lautenchleger et al., 2020).

É uma cultura multifuncional que, em suas origens, era cultivada como corantes naturais e aromatizantes, a partir da primeira metade do século XX, passou a ser explorada principalmente como oleaginosa, em razão do elevado teor de óleo presente em suas sementes, o qual é rico em ácidos graxos insaturados (ácidos oleico, linoleico e linolênico), os quais estão associados a efeitos cardioprotetores, hipolipemiantes, antiateroscleróticos e anti-inflamatórios, cujo consumo está relacionado a diversos benefícios à saúde humana (Qin et al., 2025; Kurt et al., 2025).

O ciclo de cultivo do cártamo é considerado curto, com cerca de 75 dias em condições semiáridas, suas sementes apresentam, em média, 34%, de óleo, composto por cerca de 9,46% de ácidos graxos saturados, 76,06 % de insaturados e 15% de mono insaturados, entre os principais ácidos presentes, destacam-se o linoleico (76%), oleico (13,8%), palmítico (6,2%) e esteárico (2,3%), esses valores, no entanto, podem variar de acordo com a cultivar utilizada (Silva et al., 2024).

Além disso, o *C. tinctorius* é uma oleaginosa cultivada em diversas regiões semiáridas do mundo, sendo considerada uma espécie promissora para o cultivo no Nordeste brasileiro,

onde predominam condições de baixos índices pluviométricos (800 mm anuais) e temperaturas médias entre 23 °C e 27 °C (Amurim, 2022).

Menegaes et al., (2024) em seu estudo com cártamo retrata a potencialidade dessa cultura como uma alternativa viável na entressafra, porém ainda existem lacunas acerca da sua expansão de cultivo no Brasil, sobretudo para a produção de sementes. Reforçando essa perspectiva, Galant, Santos e Silva (2023) afirmam que, embora a cultura já seja amplamente cultivada com essa finalidade em outros países, pesquisas seguem em andamento com o objetivo de aumentar a produtividade e, consequentemente, o rendimento de óleo, evidenciando o potencial da espécie no cenário agrícola.

2.2. Estresses abióticos

Cada espécie vegetal possui exigências específicas em relação a condições ambientais, como temperatura, umidade, vento, sendo que esses elementos, denominados fatores abióticos, influenciam em processos fundamentais como a germinação e o florescimento, cujo efeitos se intensificam quando atuam simultaneamente (Silva et al., 2021). O crescimento e desenvolvimento das plantas são impactados pelas condições ambientais, que tem papel fundamental no desempenho agrônomo e, apesar dos avanços da biotecnologia no desenvolvimento de cultivares mais produtivas, a suscetibilidade aos diferentes estresses abióticos, ainda representa um desafio constante para o aumento da produção agrícola (Gomes, 2022).

Em resposta a esses estresses, as plantas promovem ajustes moleculares e fisiológicos na tentativa de manter o equilíbrio interno frente às perturbações causadas pelo ambiente, processo que está associado à ativação da expressão gênica, tanto de genes estruturais quanto regulatórios (Warsi et al., 2023). Além disso, mecanismos iniciais de sinalização são ativados, visando neutralizar os efeitos e promover tolerância, esses mecanismos acionam fatores de transcrição que, regulam genes relacionados à resposta ao estresse, permitindo lidar com as condições adversas (Al-Khayri et al., 2023).

Entre os principais estresses abióticos, destaca-se a salinidade, que compromete o potencial osmótico foliar, dificulta a absorção de água e nutrientes, reduz o teor de clorofila, prejudica o desenvolvimento reprodutivo, diminui a condutância estomática e aumenta a morte celular programada, além de afetar a atividade enzimática e a síntese proteica, resultando em perdas significativas de produtividade (Junior, 2024; Silva et al., 2022; Yasmin et al., 2021).

2.3. Estresse salino, respostas das plantas e seus mecanismos fisiológicos

O estresse salino está entre os fatores abióticos que mais limitam o crescimento vegetal, atuando principalmente por meio da redução do potencial osmótico do solo, o que exige maior gasto energético por parte das plantas para a absorção de água e nutrientes (Loiola, 2020). Em uma segunda fase, o estresse salino promove o acúmulo de íons de Na^+ e Cl^- nos tecidos vegetais, podendo ocasionar toxicidade iônica e comprometer o funcionamento celular (Filho et al., 2025).

A salinidade afeta o crescimento das plantas, bem como a produção e a qualidade do produto, manifestando-se, principalmente, no desenvolvimento das culturas, com sintomas semelhantes aos causados pelo estresse hídrico (Melo et al., 2022). Essas limitações se estendem a diversos níveis da planta, refletindo-se na morfologia (crescimento atrofiado, clorose e germinação prejudicada das sementes), fisiologia (inibição da fotossíntese e desequilíbrio de nutrientes) e propriedades bioquímicas (estresse oxidativo, vazamento de eletrólitos e desorganização da membrana) (Balasubramaniam et al., 2023).

Ao trabalhar com cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) sob estresse salino, Shaki, Maboud e Niknam (2018) avaliaram os efeitos do ácido salicílico no crescimento e na tolerância da cultura ao sal. Foi constatado que a salinidade promove uma redução significativa no teor de clorofila das plantas, sendo essa diminuição mais acentuada naquelas submetidas à concentração de 200 mM de NaCl. Esses resultados indicam que o estresse salino compromete diretamente a fotossíntese, afetando o desempenho fisiológico da planta em ambientes salinizados.

De forma semelhante, Ahmad et al. (2023) investigaram os efeitos do estresse salino no crescimento do cártamo aplicando soluções salinas de NaCl em concentrações variáveis (0, 50 e 100 mM). Com o aumento da salinidade, observaram uma queda significativa na biomassa fresca e seca, bem como na altura das plantas, evidenciando uma diminuição gradual do crescimento geral e demonstrando os efeitos tóxicos da salinidade na produção e no rendimento do cártamo, incluindo a redução na produção de óleo.

Solos salinos apresentam concentrações elevadas de sais em solução, o que compromete o crescimento das plantas, onde essa salinidade geralmente está associada à presença de sulfatos e cloretos de cálcio, sódio e magnésio, e, diante desse estresse, as plantas podem adotar estratégias como redução da concentração de íons a níveis toleráveis ou o aumento da tolerância ao sal (Atta et al., 2023). Dentre os mecanismos adaptativos, destacam-se a excreção, diluição, acúmulo e exclusão de sais, além de ajustes osmóticos e da

eliminação de espécies reativas de oxigênio (ROS), estratégias fundamentais para manter a homeostase iônica e reduzir danos celulares (Hao et al., 2021).

A presença de íons tóxicos no solo, como sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-), está amplamente distribuída e comprometem a produção agrícola, e, para lidar com a salinidade, as plantas regulam a absorção desses íons, acumulando solutos para promover o ajuste osmótico, manter o turgor celular e preservar a integridade das organelas (Munns et al., 2019). Portanto, o acúmulo de sais e íons nas camadas superficiais do solo provoca estresse osmótico e toxicidade iônica, resultando em menor tamanho e número de folhas, redução do peso fresco e do teor de água, condições que reduzem a assimilação de CO_2 e fazem com que o excesso de luz absorvida e não utilizada na fotossíntese aumente a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), intensificando o estresse oxidativo (Ma et al., 2020).

As espécies reativas de oxigênio (ROS) são radicais livres derivados do oxigênio molecular, produzidos normalmente pelas plantas e controlados por mecanismos antioxidantes, atuando como sinais celulares em baixas concentrações, porém, provocando danos a proteínas, DNA, lipídios e outras biomoléculas quando acumuladas em níveis elevados, comprometendo o funcionamento celular (Mushtaq et al., 2020). As plantas desenvolveram um sistema de defesa antioxidante que envolve enzimas como peroxidase (POD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e superóxido dismutase (SOD), além de enzimas relacionadas ao ciclo ascorbato-glutationa (AsA-GSH) e outros antioxidantes, que atuam suprimindo danos oxidativos por meio da remoção do excesso de espécies reativas de oxigênio (ROS) (Song et al., 2024).

Portanto, o aumento das espécies reativas de oxigênio (ROS) causado pelo estresse abiótico pode danificar as proteínas, membranas e outros componentes celulares comprometendo processos fisiológicos, além de afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas, impactando diretamente o rendimento agrícola, considerando que as plantas são produtoras essenciais, condições adversas a elas geram preocupações com a segurança alimentar, sendo os estresses abióticos responsáveis por até 50% das perdas nas principais culturas (Al-Khayri et al., 2023).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Ciências Agrônomicas e Florestais (DCAF) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido

(UFERSA), situada no município de Mossoró, Rio Grande do Norte. A região apresenta clima classificado como BSh, caracterizado como seco e muito quente, com estação seca e precipitação no verão (Álvares et al., 2013). A semeadura foi realizada em 11 de maio de 2024, com início dos tratamentos em 26 de maio e encerramento do experimento em 20 de junho do mesmo ano. Os dados médios diários de temperatura e umidade relativa foram coletados no local experimental por meio de um termo-higrômetro digital (Figura 1).

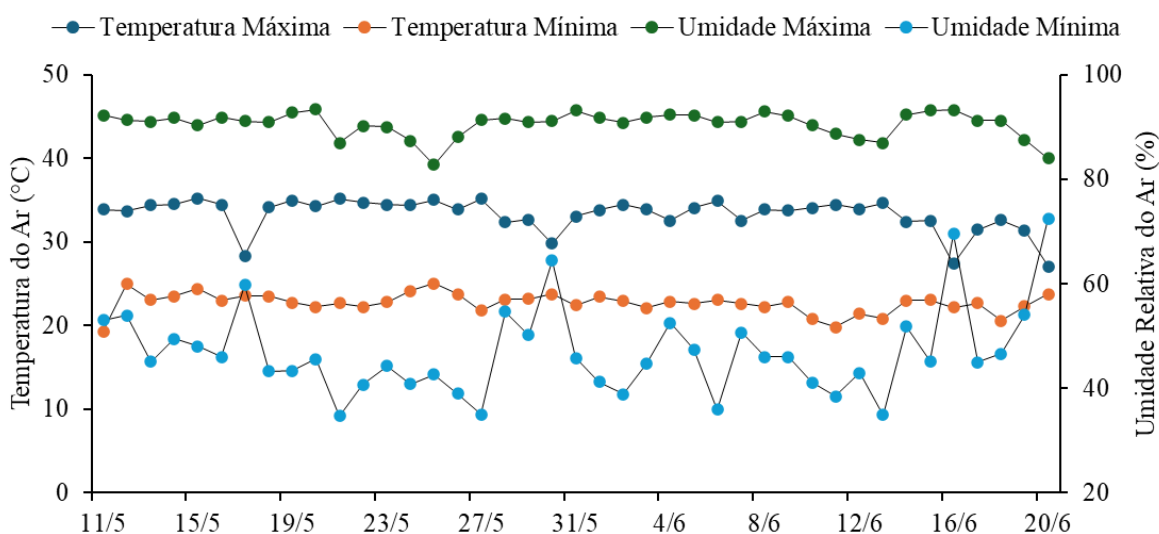


Figura 1. Dados climáticos de temperatura do ar máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar máxima e mínima (%) durante o período experimento. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

O solo utilizado no experimento foi coletado nas proximidades da casa de vegetação, na profundidade de 0 a 20 cm, sem a utilização de adubação. Em seguida, o solo foi encaminhado para o Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta (LASAP) para a caracterização química desse solo (Tabela 1). O solo foi classificado como cambissolo conforme Santos et al. (2018).

Tabela 1. Análise química do solo utilizado na área experimental. Mossoró-RN, UFERSA, 2025.

Profundidade	pH	CE	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	t	CTC	V	m	PST
m	água	dS/m		Mg/dm ³					cmolc/dm ³					%	
0 – 0,20	6,90	0,05	75,3	109,8	20,8	3,54	0,66	0,00	0	4,57	4,57	4,57	100	0	2

pH – potencial hidrogeniônico: extraído em suspensão solo: água na proporção de 1:2,5; CE – condutividade elétrica; (H+Al) – acidez potencial; SB - Soma de bases; t - Capacidade de troca catiônica efetiva; CTC –

capacidade de troca catiônica do solo a pH 7,0; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio; PST – porcentagem de sódio trocável.

3.2. Cultivar e semeadura

Foram utilizadas sementes de cártamo da cultivar IMAMT 7529, adquiridas através do banco de germoplasma da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Foram semeadas 5 sementes em vasos de polietileno com capacidade volumétrica de 2,6 dm³, preenchidos com o solo peneirado. O desbaste foi realizado aos 10 dias após a semeadura (DAS), sendo mantida uma planta por parcela, com espaçamento de 0,20 m entre plantas e blocos. Para garantir o suporte adequado ao desenvolvimento das plantas, realizou-se o tutoramento. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, sempre que necessário.

3.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Foi avaliada a cultivar de cártamo IMAMT 7529, submetida à três níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, por meio da aplicação de solução salina de NaCl (controle 0,5; moderado 3,5 e severo 6,5 dS m⁻¹).

3.4. Irrigação

As soluções salinas foram preparadas por meio da adição de cloreto de sódio (NaCl) em água, ajustadas para um volume de 60 dm³ e armazenadas em recipientes plásticos. A condutividade elétrica dessas soluções foi monitorada através de condutivímetro digital, semanalmente. A irrigação foi realizada mantendo a umidade do solo entre 40 a 50% de sua capacidade de campo. Até os 15 DAS, a cultura foi irrigada diariamente com água de abastecimento (0,5 dS m⁻¹), permitindo a estabilização do crescimento inicial das plantas. A partir desse período, iniciou-se a aplicação das soluções salinas conforme os tratamentos estabelecidos.

3.5. Coleta de dados

Aos 41 dias após a semeadura (DAS) foram avaliadas as variáveis de crescimento e produção de biomassa em pleno florescimento das plantas. A altura de planta (AP) foi mensurada com o auxílio de uma régua graduada em centímetros (cm). O diâmetro do caule

(DC) foi medido a aproximadamente 3 cm acima do nível do solo, utilizando um paquímetro digital, em milímetros (mm). O número de folhas (NF), foi realizado contando de forma direta o número de folhas por planta. Após essas avaliações, as plantas foram coletadas e separadas em folhas, caules, inflorescência e raízes para análises específicas. As partes coletadas foram acondicionadas em papéis Kraft devidamente etiquetados e, em seguida, secas em estufa com circulação de ar forçada a 65 °C, até atingirem peso constante. Com base nesse material, foram determinadas a massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da raiz (MSR), massa seca da inflorescência (MSI), e a massa seca total (MST), utilizando uma balança semianalítica. Os resultados foram expressos em gramas por planta.

3.6. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando identificadas diferenças significativas entre os tratamentos, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo dos níveis salinos sobre a altura das plantas de cártamo (Figura 2). Observou-se uma redução na altura das plantas com o aumento da salinidade na água de irrigação. Os maiores valores obtidos para altura de plantas foram no tratamento controle, no entanto à medida que a salinidade foi incrementada, constatou-se uma redução de até 17,09% no tratamento severo. A salinidade moderada provocou redução de 11,71% sobre o tratamento controle, enquanto a diferença entre os tratamentos moderado e severo foi de 6,09%.

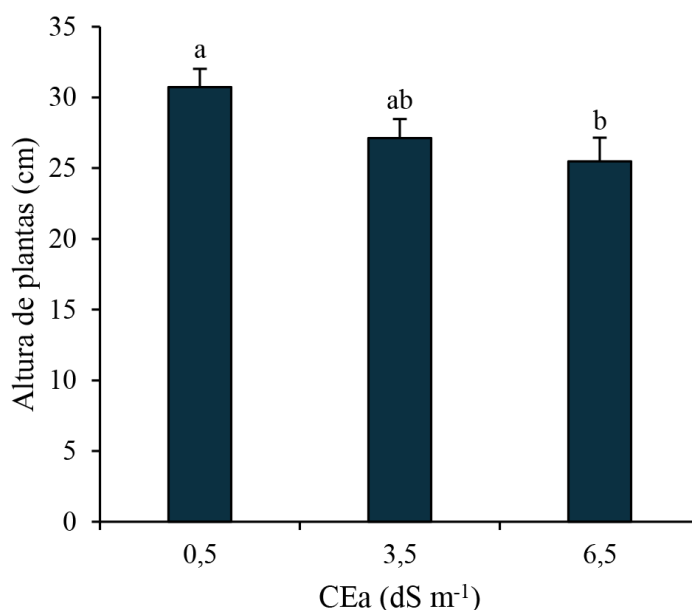


Figura 2. Altura de planta (cm) da cultivar de cártamo ‘IMAMT 7529’ (*Carthamus tinctorius* L.), cultivada sob diferentes níveis de condutividade elétrica (controle CEa 0,5 dS m⁻¹, moderado CEa 3,5 dS m⁻¹, severo CEa 6,5 dS m⁻¹). Mossoró-RN, UFERSA, 2025. Letras minúsculas indicam diferenças significativas para os níveis de salinidade pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Dessa forma, evidencia-se que a salinidade prejudica o crescimento em altura das plantas, ocasionando reduções no comprimento da parte aérea, devido à interferência da salinidade em diversos processos fisiológicos e bioquímicos, como a homeostase iônica, balanço hídrico, acúmulo de osmóticos, atividade antioxidante, capacidade fotossintética e a fixação biológica de nitrogênio, compreendendo o crescimento e o desenvolvimento vegetativo das plantas (Fatahiyan et al., 2025).

De forma semelhante ao observado no cártamo, diversas pesquisas confirmam que a salinidade afeta significativamente o desenvolvimento de outras culturas da família Asteraceae. Em pesquisas avaliando o efeito da salinidade na cultura do girassol, observou-se decréscimos na altura de plantas com médias que variam de 8,5 a 16,0 cm, respectivamente, maior e menor concentração salina avaliada (Marques et al., 2022).

O diâmetro de caule do cártamo foi significativamente reduzido com o aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 3). O maior valor foi registrado no tratamento controle, atingindo uma média de 3,4 mm. Em contrapartida, as concentrações de 3,5 e 6,5 dS m⁻¹ resultaram em reduções expressivas de 29,82% e 28,36% respectivamente em relação ao tratamento controle.

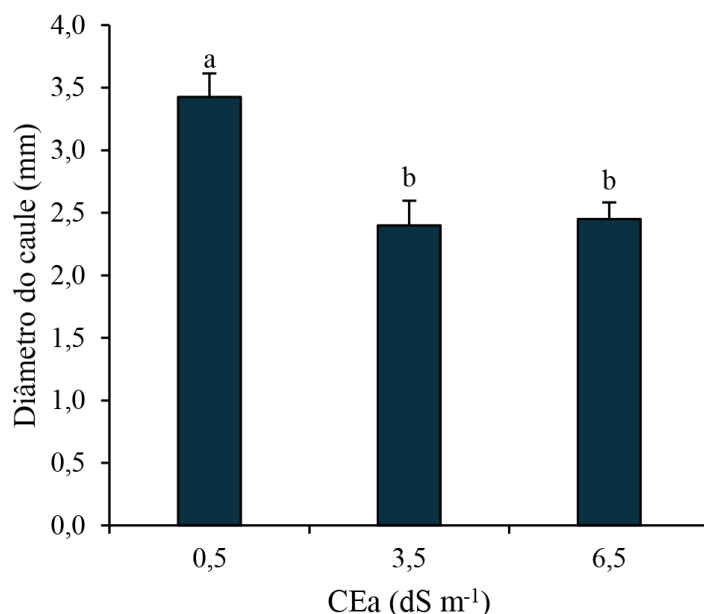


Figura 3. Diâmetro do caule (cm) da cultivar de cártamo ‘IMAMT 7529’ (*Carthamus tinctorius* L.), cultivada sob diferentes níveis de condutividade elétrica (controle CEa 0,5 dS m⁻¹, moderado CEa 3,5 dS m⁻¹, severo CEa 6,5 dS m⁻¹). Mossoró-RN, UFERSA, 2025. Letras minúsculas indicam diferenças significativas para os níveis de salinidade pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A restrição na absorção de água sob estresse salino reduz a pressão de turgescência, limitando a expansão foliar e o engrossamento do caule, efeito associado à repressão de genes da família EXPANSINA (EXPs), essas proteínas promovem o afrouxamento da parede celular e participam de diversos processos fisiológicos e de desenvolvimento, incluindo o crescimento de caules e folhas (Jamshidi Jam et al., 2023). Esse efeito integra-se a outros mecanismos de danos causados pela salinidade, que podem comprometer o metabolismo das plantas tanto pelo efeito osmótico, reduzindo a absorção de água e causando déficit hídrico, quanto pelo efeito iônico específico, resultando no acúmulo excessivo de íons tóxicos nos tecidos vegetais (Castillo-Campohermoso et al., 2019).

Resultados semelhantes foram relatados por Fenner et al. (2019), ao avaliarem o diâmetro do caule de plantas de cártamo sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, onde observou-se que o diâmetro do caule diminuiu com o aumento da salinidade, evidenciando a sensibilidade da planta ao estresse salino, especialmente, em níveis mais elevados de condutividade elétrica da água.

Observou-se que o número de folhas foi afetado significativamente com o aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 4). As plantas submetidas a salinidade de 0,5 dS m⁻¹ apresentaram médias superiores aos demais níveis salinos (16 folhas), enquanto os níveis

salinos 3,5 e 6,5 dS m⁻¹ apresentaram valores médios inferiores e semelhantes estatisticamente (12 e 11 folhas).

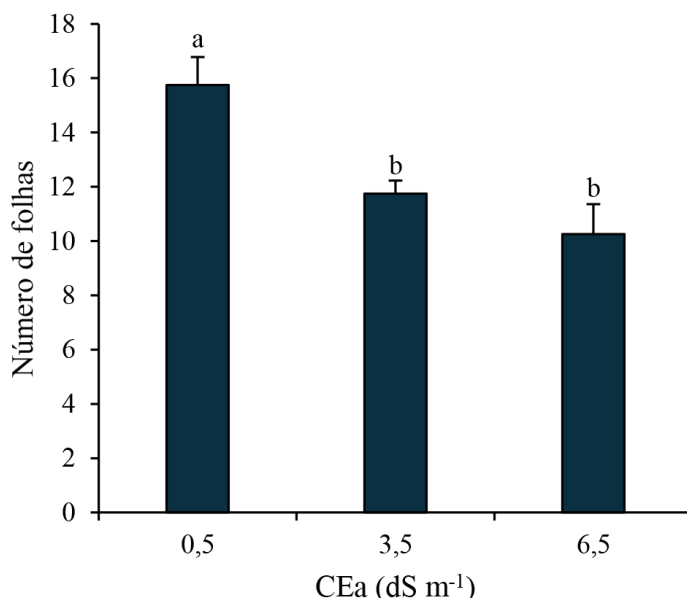


Figura 4. Número de folhas (cm) da cultivar de cártamo ‘IMAMT 7529’ (*Carthamus tinctorius* L.), cultivada sob diferentes níveis de condutividade elétrica (controle CEa 0,5 dS m⁻¹, moderado CEa 3,5 dS m⁻¹, severo CEa 6,5 dS m⁻¹). Mossoró-RN, UFRSA, 2025. Letras minúsculas indicam diferenças significativas para os níveis de salinidade pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A salinidade reduz o crescimento de plantas da família Asteraceae, como a Stevia, causando diminuição na altura, número de folhas e nós, principalmente devido à dificuldade na absorção de água e à instabilidade dos cloroplastos, o que compromete a fotossíntese e a função estomática, resultando em menor desenvolvimento vegetal (Zahra et al., 2023).

Além disso, a toxicidade do estresse salino está associada ao desequilíbrio nutricional provocado pelo excesso de sais no solo, que prejudica a absorção de nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), levando isso em consideração, um experimento com alfafa mostrou que o aumento da concentração de sal, aliado ao pH elevado, inibiu a atividade radicular, limitando a absorção de água e nutrientes, o que agravou os efeitos negativos sobre o crescimento e o desenvolvimento da planta (Kaiwen et al., 2020)

Houve diferença significativa na massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR), da inflorescência (MSI) e massa seca total (MST) em função dos níveis de salinidade da água de irrigação (Figura 5). Nota-se que a MSF, MSC, MSR, MSI e MST sofreram decréscimos com a intensidade dos níveis salinos apresentando reduções de 55,91%, 54,91%, 66,62%, 62,20% e 58,68% respectivamente, ao nível mais severo de condutividade elétrica (CEa 6,5 dS m⁻¹), quando comparada ao controle.

Considerando os efeitos do estresse salino em níveis moderado e severo (Figura 5A, 5B, 5C, 5D e 5E, respectivamente), observou-se que a redução na massa seca foi de 33,88% para folhas, 22,06% para caules, 1,85% para raízes, 32,62% para inflorescências e 27,87% no total. Já ao comparar apenas o controle com o nível moderado de salinidade (Figura 5), as reduções observadas foram de 55,92% na folha, 42,11% no caule, 67,23% na raiz, 43,86% na inflorescência e 42,70% no total.

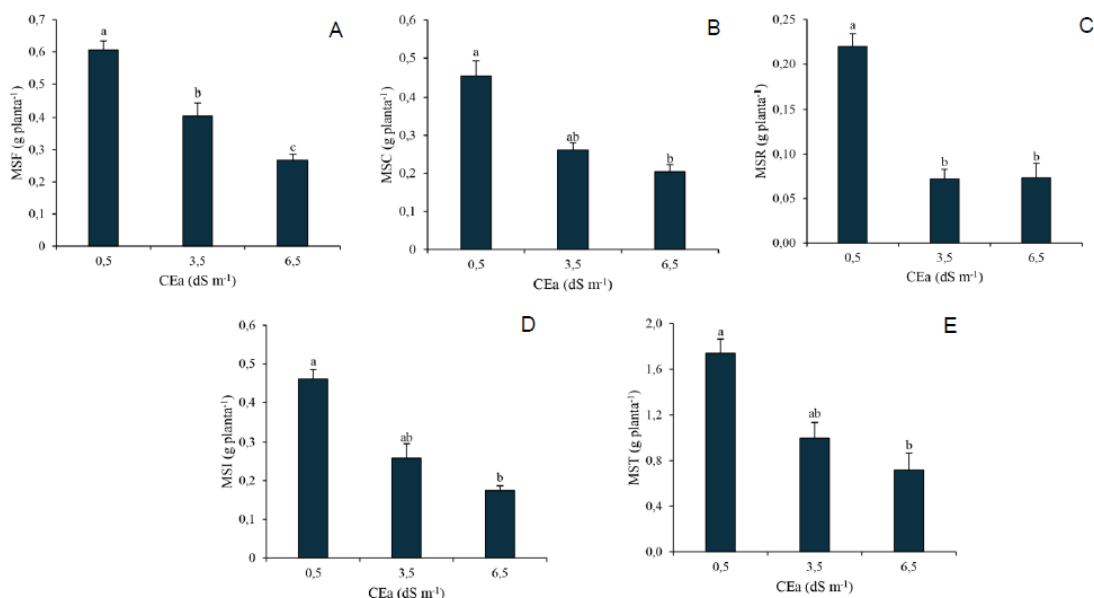


Figura 5. Massa seca da folha (MSF) (g) (A), caule (MSC) (g) (B), raiz (MSR) (g) (C), inflorescência (MSI) (g) (D), e total (MST) (g) (E) da cultivar de cártamo ‘IMAMT 7529’ (*Carthamus tinctorius* L.), cultivada sob diferentes níveis de condutividade elétrica (controle CEa 0,5 dS m⁻¹, moderado CEa 3,5 dS m⁻¹, severo CEa 6,5 dS m⁻¹). Mossoró-RN, UFRS, 2025. Letras minúsculas indicam diferenças significativas para os níveis de salinidade pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A diminuição do crescimento sob estresse salino pode ser explicada pela redução do potencial hídrico, toxicidade iônica e desequilíbrio nutricional, que comprometem processos vitais como a síntese de proteínas, metabolismo lipídico e fotossíntese, resultando na menor expansão da área foliar e redução da produtividade, com intensidade dos efeitos variando conforme o tempo de exposição, concentração salina e tolerância da cultura (Amaral et al., 2023).

Tais reduções podem estar associadas aos efeitos deletérios do excesso de sais sobre processos fisiológicos essenciais, como a fotossíntese, a absorção de água e nutrientes, e o equilíbrio osmótico das células, comprometendo o crescimento vegetal (Silva et al., 2019). Em estudos com plantas de girassol, Silva et al. (2019) observaram que, no tratamento com 100 mM de NaCl, reduções nas massas secas da folha (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e total (MST) foram reduzidas em aproximadamente 80%, 86%, 72% e 80%, respectivamente,

em relação ao controle. Esses achados corroboram com os resultados obtidos no presente estudo, em que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação promoveu uma redução gradual e significativa na produção de biomassa nos compartimentos avaliados.

Os efeitos visuais do aumento da salinidade na água de irrigação sobre o desenvolvimento das plantas de cártamo são ilustrados na (Figura 6). Essas diferenças reforçam os dados obtidos nas análises de crescimento e produção de biomassa, enfatizando que o estresse salino compromete diretamente o desenvolvimento morfológico da cultura.

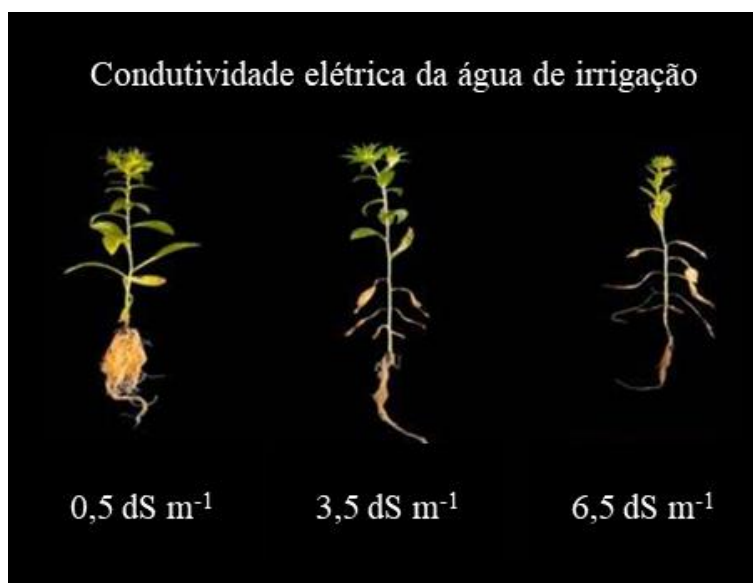


Figura 6. Efeito visual de diferentes níveis de condutividade elétrica (controle CEa $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, moderado CEa $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, severo CEa $6,5 \text{ dS m}^{-1}$). Mossoró-RN, UFRSA, 2025.

Nota-se que, sob a menor condutividade elétrica ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), as plantas apresentam maior vigor, com maior número de folhas e caules mais robustos, refletindo em maior diâmetro nesse tratamento. À medida que a salinidade aumenta, ocorre uma redução considerável no desenvolvimento, evidenciada pela perda precoce de folhas, pela redução expressiva no diâmetro do caule e por efeitos deletérios especialmente na zona radicular, indicando uma limitação significativa em seu crescimento.

Visto que, os sais presentes na água de irrigação se acumulam na zona radicular, comprometendo a absorção de água e reduzindo a disponibilidade hídrica para as plantas, o que acelera o estresse, e limita seu crescimento e vigor. Sendo assim, compreender como as plantas respondem ao estresse salino em diferentes fases, são cruciais para o desenvolvimento de variedades adaptadas e tolerantes ao sal (Polash et al., 2019).

5. CONCLUSÕES

A salinidade afeta o crescimento e a produção de biomassa em plantas de cártamo, principalmente, entre os níveis moderado ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$) e severo ($6,5 \text{ dS m}^{-1}$).

Novos estudos são recomendados, a fim de avaliar o comportamento de diferentes cultivares e identificar práticas de manejo que possam mitigar os efeitos adversos da salinidade.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, M. et al. Biochar modificado com sílica atenua os efeitos adversos do estresse salino e hídrico e melhora o crescimento do cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). **Journal of Soils and Sediments**, v. 23, p. 172–192, 2023.
- AHMED, M. et al. The Impact of Salinity on Crop Yields and the Confrontational Behavior of Transcriptional Regulators, Nanoparticles, and Antioxidant Defensive Mechanisms under Stressful Conditions: A Review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 5, p. 2654, 2024.
- AL-KHAYRI, J. M. et al. The role of nanoparticles in response of plants to abiotic stress at physiological, biochemical, and molecular levels. **Plants**, v. 12, n. 2, p. 292, 2023.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMARAL, L. S. et al. O uso de atenuadores na redução da salinização em espécies florestais. **Ciências Florestais e Ambientais: diagnóstico, classificação e proposição em pesquisa**, v. 1, p. 79–92, 2023.
- AMURIM, A. I. L. C. **Germinação de *Carthamus tinctorius* L. sob restrição hídrica e estresse térmico**. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2024.
- ATTA, K. et al. Impacts of salinity stress on crop plants: improving salt tolerance through genetic and molecular dissection. **Frontiers in Plant Science**, [S.l.], v. 14, p. 1-21, 2023.
- BALASUBRAMANIAM, T. et al. Plants' response mechanisms to salinity stress. **Plants**, v. 12, n. 12, p. 2253, 2023.
- BELLÉ, R. A. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de cártamo armazenadas por diferentes períodos. In: MENEGAES, Janine Farias; STEFANELLO, Raquel; NUNES, Ubirajara Russi (Orgs.). **Pantanal Editora**, v. 2, p. 144–155, 2024.
- CASTILLO-CAMPOHERMO, M. A. et al. Plant-available water, stem diameter variations, chlorophyll fluorescence, and ion content in *Pistacia lentiscus* under salinity stress. **Terra Latinoamericana**, [S. I.], v. 38, n. 1, p. 103–111, 2019.
- CHEN, H. et al. ABA signal transduction and ROS metabolic balance play a key role in the drought resistance of safflower. **Plant Growth Regulation**, v. 105, p. 273–294, 2025.
- DIAS, N. da S. et al. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R. et al. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 151–176.
- FATAHIYAN, F.; NAJAFI, F.; SHIRKHANI, Z. Enhancing salt stress tolerance in *Carthamus tinctorius* L. through selenium soil treatment: anatomical, biochemical, and physiological insights. **BMC Plant Biology**, [S. I.], v. 25, n. 1, 2025.

FENNER, W. et al. Initial development of safflower submitted to irrigation water salinity levels. **Journal of Agricultural Science**, [S. I.], v. 11, n. 1, p. 200–208, 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A Guide for Its Bootstrap Procedures in Multiple Comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109–112, 2014.

GALANT, N. B; SANTOS, R. F; SILVA, M. A. Melhoramento de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). **Acta Iguazu**, v. 4, n. 1, p. 14–25, 2023.

GOMES, D. G. **Nanopartículas metálicas e poliméricas com cobre: promoção de crescimento e proteção contra estresses bióticos e abióticos em plantas**. 170 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

HAGHIGHATNIA, Hasan; TALEBI, Ebrahim. Performance evaluation of novel safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes under salinity stress conditions. **Journal of Aridland Agriculture**, v. 10, p. 150-156, 2024.

HAO, S. et al. A review on plant responses to salt stress and their mechanisms of salt resistance. **Horticulturae**, [S.l.], v. 7, n. 6, p. 132, 2021.

JAMSHIDI JAM, B. et al. Impact of silicon foliar application on the growth and physiological traits of *Carthamus tinctorius* L. exposed to salt stress. **Silicon**, v. 15, p. 1235–1245, 2023.

KAIWEN, O. et al. Efeitos da concentração de sal, pH e sua interação no crescimento vegetal, absorção de nutrientes e fotoquímica das folhas de alfafa (*Medicago sativa*). **Plant Signaling & Behavior**, v. 15, n. 12, 2020.

KURT, C. et al. Oil Content and Fatty Acid Composition of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Germplasm. **Foods**, v. 14, n. 2, p. 1–21, 2025.

LAUTENCHLEGER, F. et al. Divergência genética entre acessos de cártamo no arenito caiuá. **Journal of Agronomic Science**. v. 9, p. 108-127, 2020.

LOIOLA, A. T. **Fenologia, produção e qualidade fisiológica de sementes crioulas de feijão-caupi produzidas com água salina**. 81 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020.

MA, Y.; DIAS, M. C.; FREITAS, H. Drought and salinity stress responses and microbe-induced tolerance in plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 2020.

MARQUES, J. F. P. et al. Salinidade na emergência do girassol. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 15, n. 2, p. 54–65, 2022.

MELO, G. L. et al. Ocorrências e controle de salinidade no uso de um sistema de irrigação localizada. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 16, n. 2, p. 01–11,

MENDES FILHO, H. T. et al. Uso de águas de baixa qualidade para irrigação no Nordeste brasileiro: uma revisão. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v. 14, n. 1-3, p. 48–87, 2025.

MENEGAES, J. F.; BACKES, F. A. A. L.; BELLÉ, R. A.; NUNES, U. R. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de cártamo armazenadas por diferentes períodos. In: MENEGAES, F. J.; STEFANELLO, R.; NUNES, U. R. (orgs.). Sementes: Foco em pesquisa sobre qualidade fisiológica e sanitária, Nova Xavantina-MT: **Pantanal**, v. 2, cap. 13, p. 144 - 154, 2024.

MENEGAES, J. F.; NUNES, U. R. Safflower: importance, use and economical exploitation. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 19, n. 1, p. 1-11, 2020.

MUNNS, R. et al. Osmotic adjustment and energy limitations to plant growth in saline soil. **New Phytologist Foundation**, v. 225, n. 3, p. 1091–1096, 2019.

MUSHTAQ, Z.; FAIZAN, S.; GULZAR, B. Salt stress, its impacts on plants and the strategies plants are employing against it: a review. **Journal of Applied Biology & Biotechnology**, [S.l.], v. 8, n. 3, p. 81–91, 2020.

OJAQ, S. M. M. et al. Evaluation of yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes under semi-arid conditions. **Plant Genetic Resources**, v. 18, n. 4, p. 270-277, 2020.

OLIVEIRA, A. J. A cultura do *Carthamus tinctorius* L.: principais usos e variabilidade genética. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. 1-8, 2021.

POLASH, M. A. S. et al. Plants responses and their physiological and biochemical defense mechanisms against salinity: A review. **Tropical Plant Research**, v. 6, n. 2, p. 250–274, 2019.

QIN, Y. et al. Integrated Genetic Diversity and Multi-Omics Analysis of Colour Formation in Safflower. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 26, n. 2, p. 647, 2025.

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 356 p.

SILVA, D. M. R. et al. Efeito do potássio na morfologia, nutrição e produção de *Carthamus tinctorius* L. sob deficiência hídrica e reidratação. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 44, p. 115, 2022.

SILVA, P. C. C. et al. Avaliação de métodos de aplicação de H₂O₂ para aclimação de plantas de girassol à salinidade. **WRIM**, v. 8, n. 1-3, p. 1-4, 2019.

SILVA, R. A. D. et al. Propriedades físico-químicas do óleo de cártamo para produção de hidrocarbonetos renováveis. In: **Anais do II Congresso da Rede Brasileira de Bioquerosene e Hidrocarbonetos Sustentáveis de Aviação**. Cap. 7, p. 33–35. ISBN 978-65-5360-398-1. 2024.

SILVA, T. R. G. et al. Abiotic factors in plant growth and flowering. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 4, p.1-9, 2021.

SHAKI, F.; MABOUD, H. E.; NIKNAM, V. Growth enhancement and salt tolerance of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) by salicylic acid. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [S. l.], v. 13, p. 16–22, 2018.

SONG, L. et al. Response of photosynthetic characteristics and antioxidant system in the leaves of safflower to NaCl and NaHCO₃. **Plant Cell Reports**, v. 43, p. 146, 2024.

SOUSA, G. S. J. **Efeito da combinação de estresses abióticos em índices fisiológicos e bioquímicos de plantas de micro tomateiro**. 14 f. Relatório de Pós-Doutorado (Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2024.

WARSI, M. K.; HOWLADAR, S. M.; ALSHARIF, M. A. Regulon: An overview of plant abiotic stress transcriptional regulatory system and role in transgenic plants. **Brazilian Journal of Biology**, [S. l.], v. 83, e2453979, p. 1-14, 2023.

WU, Z. et al. The chromosome-scale reference genome of safflower (*Carthamus tinctorius*) provides insights into linoleic acid and flavonoid biosynthesis. **Plant Biotechnology Journal**. v. 19, e. 9, p. 1725 - 1742, 2021.

YASMIN, H. et al. Combined application of zinc oxide nanoparticles and biofertilizer to induce salt resistance in safflower by regulating ion homeostasis and antioxidant defence responses. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 218, p. 1-11, 2021.

ZAHRA, Z. et al. Effect of salinity on growth and antioxidant enzyme activities of *Stevia rebaudiana* Bertoni. **Pakistan Journal of Botany**, v. 55, n. 6, p. 2013-2018, 2023.

ZEMOUR, K. et al. Effects of Genotype and Climatic Conditions on the Oil Content and Its Fatty Acids Composition of *Carthamus tinctorius* L. Seeds. **Agronomy**, v. 11, n. 10, p. 1–9, 2021.

ANEXO A – FOTO DO EXPERIMENTO CONDUZIDO EM CASA DE VEGETAÇÃO



Fonte: Autoria Própria (2025).

ANEXO B – FOTO COMPLEMENTAR DO EXPERIMENTO CONDUZIDO EM CASA DE VEGETAÇÃO



Fonte: Autoria Própria (2025).