

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO**

**ESTRATÉGIAS DE USO DA ÁGUA SALOBRA PARA CULTIVO DE
MOSTARDA EM SISTEMA HIDROPÔNICO**

Thainan Sipriano dos Santos

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

2024

**ESTRATÉGIAS DE USO DA ÁGUA SALOBRA PARA CULTIVO DE
MOSTARDA EM SISTEMA HIDROPÔNICO**

Thainan Sipriano dos Santos

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2022

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

Coorientador: Prof. Dr. Toshik Iarley da Silva

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

S237e

Santos, Thainan Sipriano dos.

Estratégias de uso da água salobra para cultivo de mostarda em sistema hidropônico / Thainan Sipriano dos Santos. – Cruz das Almas, BA, 2024.

70f.; il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas, Mestrado em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi.

Coorientador: Prof. Dr. Toshik Iarley da Silva.

1.Hortaliça – Cultivo. 2.Hortaliça – Hidroponia. 3.Regões áridas – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 635


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO

ESTRATÉGIAS DE USO DA ÁGUA SALOBRA PARA CULTIVO DE
MOSTARDA EM SISTEMA HIDROPÔNICO


Comissão examinadora de defesa de dissertação

Thainan Sipriano dos Santos


Aprovada em: 24 de julho de 2024

Documento assinado digitalmente
 **TOSHIK IARLEY DA SILVA**
Data: 07/08/2024 17:09:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Toshik Iarley da Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Coorientador)

Documento assinado digitalmente
 **MAIRTON GOMES DA SILVA**
Data: 07/08/2024 22:14:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Mairton Gomes da Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Examinador interno

Documento assinado digitalmente
 **ROGERIO FERREIRA RIBAS**
Data: 14/08/2024 08:53:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rogério Ferreira Ribas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Examinador externo

DEDICATÓRIA

À toda minha família Pereira Sipriano Bernardino dos Santos, em especial a minha Val do pão e ao meu tão amado Gibi da ceasa (*in memoria*).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, toda gratidão à Deus, pelo dom da vida e do saber, pelas pessoas maravilhosas que colocou no meu caminho durante toda essa jornada e iluminando todo os meus passos.

Ao CAPES, pela oportunidade de ser contemplada financeiramente.

A instituição UFRB pela disponibilização do espaço para que a pesquisa fosse realizada.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, por todo o apoio.

Ao meu orientador, Hans Haj Gheyi, minha sincera gratidão por todo apoio, atenção e por transformar a distância em algo simples.

Ao meu coorientador Toshik Iarley da Silva, por toda atenção e paciência.

A banca examinadora, Prof. Dr. Toshik Iarley da Silva, Prof. Dr. Mairton Gomes da Silva e Prof. Dr. Rogério Ferreira Ribas por todas as considerações e acréscimos ao nível de conhecimento.

A todos os pesquisadores do NEAS, por sempre estarem dispostos a tirarem dúvidas, darem sugestões, transformarem alguns momentos em distrações. Gratidão por todos os ensinamentos.

À minha família, por todos os conselhos e acalentos quando necessário, por todo amor e parceria.

Aos amigos que estiveram ao meu lado, o apoio e a amizade de vocês foram essenciais. Ao meu amigo e irmão Marcos, minha profunda gratidão por tudo.

Ao meu amigo “Boi” que nunca mediu esforços para me ajudar, sempre disposto a resolver os problemas e tornar o momento de estresse mais leve.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quadrado médio da análise de variância para o número de folhas (NF), altura da planta (AP), largura da folha (LF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), carboidratos solúveis (CH), aminoácidos livres (AA), proteínas solúveis (PS), prolina livre (PL), clorofila a (Cl *a*), clorofila b (Cl *b*), clorofila total (Cl total), sódio (Na⁺), potássio (K⁺) e cloreto (Cl⁻), da mostarda ‘Lisa da Flórida’ produzida em sistema hidropônico sob condições salinas e submetidas a estratégias de utilização de água salobra (uso exclusivo da água salobra e uso de água salobra apenas no preparo da solução nutritiva)..... 47

Tabela 2. Quadrado médio da análise de variância para o número de folhas (NF), altura da planta (AP), largura da folha (LF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), carboidratos solúveis (CH), aminoácidos livres (AA), proteínas solúveis (PS), prolina livre (PL), clorofila a (Cl*a*), clorofila b (Cl*b*), clorofila total (Cl total), sódio (Na⁺), potássio (K⁺), cloreto (Cl⁻) e N⁺/K⁺, da mostarda ‘Crespa’ produzida em sistema hidropônico sob condições salinas e submetidas a estratégias de utilização de água salobra (uso exclusivo da água salobra e uso de água salobra apenas no preparo da solução nutritiva)..... 49

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Estrutura da casa de vegetação utilizada para a realização do ensaio com mostarda em sistema hidropônico 39
- Figura 2. Estrutura hidropônica do berçário (A) e sistema de cultivo hidropônico Fluxo laminar de nutrientes – NFT (B) utilizada para o cultivo da mostarda, sob condições de salinidade. 41
- Figura 3. Semeio da mostarda em espuma fenólica (A); distribuição das mudas de mostarda nas bandejas com a separação dos cubos da espuma fenólica aos 8 dias após a semeadura – DAS (B); mudas de mostarda no berçário sob solução nutritiva à 50 % da solução recomendada (C); mudas de mostarda aos 15 DAS sob solução nutritiva a 50 % da recomendação (D); sistema do NFT com mudas de mostarda ‘Lisa da Flórida’ e ‘Crespa’ transplantada (E). 42
- Figura 4. Cultivares de mostarda “Lisa da Flórida’ (A) e ‘Crespa’ (B) com 22 dias após o transplantio, submetidas à salinidade de CEa 4,5 dS m⁻¹ com reposição da água evapotranspirada de CEa 4,5 dS m⁻¹ em sistema hidropônico. 45
- Figura 5. Teores de sódio – Na⁺ (A e B), potássio – K⁺ (C e D), cloreto – Cl⁻ (E e F) e N⁺/K⁺ (G e H) em folhas de mostarda (*Brassica juncea*) ‘Crespa’ e ‘Lisa da Flórida’ cultivada sob diferentes estratégias de uso da água salobra (uso da água salobra apenas na solução nutritiva – USN e uso exclusivo da água salobra – UEX) e condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). 52
- Figura 6. Carboidratos solúveis (A e B), proteínas solúveis (C e D), prolina livre (E e F) e aminoácidos livres (G e H) em folhas de mostarda (*Brassica juncea*) ‘Crespa’ e ‘Lisa da Flórida’ cultivada sob diferentes estratégias de uso da água salobra (uso da água salobra apenas na solução nutritiva – USN e uso exclusivo da água salobra – UEX) e condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). 54
- Figura 7. Teores de clorofila a (A e B), clorofila b (C e D), clorofila total (E e F) em folhas de mostarda (*Brassica juncea*) ‘Crespa’ e ‘Lisa da Flórida’ cultivada sob diferentes estratégias de uso da água salobra (uso da água salobra apenas na solução nutritiva – USN e uso exclusivo da água salobra – UEX) e condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). 56

Figura 8. Número de folhas (A e B), altura da planta (C e D), comprimento da folha (E e F) e largura da folha (G e H) de mostarda (*Brassica juncea*) ‘Crespa’ e ‘Lisa da Flórida’ cultivada sob diferentes estratégias de uso da água salobra (uso da água salobra apenas na solução nutritiva – USN e uso exclusivo da água salobra – UEX) e condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). 59

Figura 9. Massa fresca da parte aérea (A e B), massa seca da parte aérea (C e D) e massa seca da raiz (E e F) de mostarda (*Brassica juncea*) ‘Crespa’ e ‘Lisa da Flórida’ cultivada sob diferentes estratégias de uso da água salobra (uso da água salobra apenas na solução nutritiva – USN e uso exclusivo da água salobra – UEX) e condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). 60

Sumário

INTRODUÇÃO.....	13
HIPÓTESES.....	15
OBJETIVOS	15
Objetivo geral.....	15
Objetivos específicos	15
CAPÍTULO I.....	16
REVISÃO DE LITERATURA	17
Características do semi-árido brasileiro	17
Estratégia de uso da água salobra na hidroponia	18
Efeito e resposta das plantas sob estresse salino	20
Cultura da mostarda	21
REFERÊNCIAS	24
CAPÍTULO II	35
INTRODUÇÃO.....	38
MATERIAL E MÉTODOS	39
Local de estudo.....	39
Delineamento e estrutura experimental	40
Condução experimental.....	41
Variáveis analisadas.....	43
Análise estatística	45
RESULTADOS	45
Solutos inorgânicos.....	50
Solutos orgânicos.....	52
Clorofila.....	55
Crescimento.....	56
Produção	59
DISCUSSÃO.....	61
CONCLUSÃO.....	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	65

ESTRÁTÉGIA DE USO DA ÁGUA SALOBRA PARA CULTIVO DE MOSTARDA EM SISTEMA HIDROPÔNICO

RESUMO:

Regiões áridas e semiáridas têm disponibilidade limitada de águas superficiais, tendo como alternativa águas subterrâneas, muitas vezes com elevadas concentrações de sais. Quando utilizadas na irrigação, essas águas podem provocar distúrbios nos processos bioquímicos, fisiológicos e crescimento em plantas cultivadas que, conseqüentemente, diminui sua produção. A hidroponia trata-se de uma técnica que possibilita o uso eficiente da água salobra sem grandes prejuízos na produção agrícola. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar duas estratégias de uso da água salobra em duas cultivares de mostarda ‘Lisa da Flórida’ e ‘Crespa’ em sistema hidropônico tipo de técnica de fluxo laminar de nutrientes (NFT). Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 (três níveis de condutividade elétrica da água (CEa) – 0,3; 2,5 e 4,5 dS m⁻¹) × 2 (duas estratégias de uso da água salobra – uso exclusivo e apenas para o preparo da solução nutritiva), com três repetições. A massa fresca e seca da parte aérea, massa seca da raiz, altura da planta, número, comprimento e largura da folha, teores de solutos orgânicos (carboidratos solúveis, aminoácidos livres, proteínas solúveis e prolina livre), inorgânicos (Na⁺, K⁺ e Cl⁻) e teores de clorofilas (clorofila *a*, *b* e total) foram avaliados. De acordo com os resultados apresentados no Capítulo II, as duas cultivares são viáveis para o cultivo hidropônico da mostarda ‘Lisa da Flórida’ até a CEa 4,5 dS m⁻¹ independente da estratégia de uso da água salobra, enquanto a mostarda ‘Crespa’ possui sensibilidade a salinidade, sendo preferível utilizar a água salobra apenas para o preparo da solução nutritiva.

PALAVRAS-CHAVE: Cultivo sem solo, água salobra, *Brassica juncea*, solutos orgânicos e inorgânicos.

STRATEGY FOR USING BRACKISH WATER FOR CULTIVATION OF MUSTARD IN A HYDROPONIC SYSTEM

ABSTRACT:

Arid and semi-arid regions have limited availability of surface water, with groundwater as an alternative, often with high concentrations of salts. When used in irrigation, these waters can cause disturbances in biochemical and physiological processes and growth in cultivated plants, which consequently reduces their production. Hydroponics is a technique that allows the efficient use of brackish water without major losses in agricultural production. Therefore, the objective of this study was to evaluate two strategies for using brackish water in two mustard cultivars 'Lisa da Florida' and 'Crespa' in an laminar slow technique hydroponic system (NFT). A completely randomized experimental design was used in a factorial scheme 3 (three levels of electrical conductivity of water (EC_w) – 0.3; 2.5 and 4.5 dS m⁻¹) \times 2 (two strategies for using brackish water – exclusive use and only for preparing the nutrient solution), with three repetitions. The fresh and dry mass of the aerial part, dry mass of the root, plant height, number, length and width of the leaf, contents of organic solutes (soluble carbohydrates, free amino acids, soluble proteins and free proline), inorganic solutes (Na⁺, K⁺ and Cl⁻) and chlorophyll contents (chlorophyll a, b and total) were evaluated. According to the results presented in Chapter II, both cultivars are viable for the hydroponic cultivation 'Lisa da Florida' mustard up to EC_w 4.5 dS m⁻¹ independent of strategy of use, while 'Crespa' mustard is sensitive to salinity, being preferable use of brackish water only for the preparation of the nutrient solution.

KEY WORDS: Cultivation without soil, brackish water, *Brassica juncea*, organic and inorganic solutes.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais, a crescente escassez hídrica de água e a constante redução da fertilidade do solo, nas últimas décadas emergiram como fatores preponderantes que têm limitado significativamente o crescimento e a eficiência da produção agrícola, interferindo diretamente na segurança alimentar mundial (ST. CLAIR & LYNCH, 2010; SINGH et al., 2018a, b). Em regiões áridas e semiáridas, a escassez hídrica é uma realidade constante incluindo as águas superficiais devido à baixa precipitação e alta taxa de evapotranspiração.

A busca de meios para suprir as necessidades hídricas se tornaram constantes, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, sendo comum a utilização de águas subterrâneas (SOARES et al., 2010). Contudo, nessas regiões, em alguns casos, o manejo com essas águas é limitado devido a salinidade, visto que, muitos solos dessas regiões são considerados jovens, formados a partir de rochas e minerais que contêm altas concentrações de sais solúveis. Águas salobras utilizadas na irrigação comprometem a fertilidade do solo, por causarem acúmulo de sais, provocando à salinização do solo, conseqüentemente, prejudicando a capacidade da planta em reter água e nutrientes, diminuindo a produção e qualidade da cultura (SILVA, 2023).

Em busca do uso eficiente da água e controle dos impactos causados pela qualidade da água subterrânea no solo, surgem novas tecnologias como alternativas (SANTOS et al., 2021). A hidroponia (cultivo sem solo) tornou-se uma alternativa utilizada mundialmente, principalmente para o cultivo de hortaliças. Essa técnica permite a utilização de águas consideradas de baixa qualidade, em menores quantidades e mantendo uma boa produtividade em comparação ao cultivo convencional (COSTA et al., 2020; SILVA, 2023).

Os danos causados às plantas pelo uso de água salobra são minimizados utilizando essa técnica (ATZORI et al., 2019) devido à maior energia livre da água na solução nutritiva. Neste caso, o potencial hídrico da solução é constituído somente pelo potencial osmótico, haja vista que a ausência do solo anula o potencial matricial e isso favorece uma maior absorção de água pelas plantas (SANTOS JÚNIOR et al., 2016; CAMPOS JÚNIOR et al., 2018).

A viabilização do aproveitamento eficiência da água considerada de baixa qualidade, pode ser avaliada por estratégias de uso na hidroponia, que busque mitigar os efeitos deletérios causados pelos sais (TERCEIRO NETO et al., 2021).

Uma dessas estratégias é a combinação de águas salobras com águas de baixa salinidade, o que pode diminuir os efeitos do estresse salino nas plantas (NANGARE et al., 2013; DIAS et al., 2016). Essa combinação permite diluir a concentração de sais e reduzir os impactos negativos da salinidade sobre o crescimento e a produtividade das culturas.

A salinidade é um estresse abiótico capaz de desencadear uma série de distúrbios bioquímicos e fisiológicos que, conseqüentemente comprometem o desenvolvimento e a produtividade das culturas (POMPEIANO et al., 2016; BAI et al., 2019; SHOUKAT et al., 2019). Entretanto, a planta sob essas condições, podem criar graus de tolerâncias, buscando mecanismos que minimizem os efeitos deletérios dos íons tóxicos. Em resposta à alta concentração de íons tóxicos, as plantas podem acumular solutos orgânicos (osmólitos compatíveis ou osmoprotetores), para promover o equilíbrio osmótico entre o citoplasma e o vacúolo (SLAMA et al., 2015; COVA et al., 2020). Entre os solutos orgânicos, avaliados nas culturas sob condições de estresse, destacam-se: prolina livre, carboidratos solúveis, proteínas solúveis e aminoácidos livres (MASTROGIANNIDOU et al., 2016; COVA et al., 2020).

Considerando que as pesquisas com a mostarda, a nível de produção hidropônica sob condição salina são inexistentes, optou-se por utilizá-la nesta pesquisa. A mostarda (*Brassica juncea*) é uma hortaliça de origem africana, que possui grande valor econômico. Suas sementes são processadas, resultando numa pasta, enquanto as folhas são comercializadas em maços, podendo ser consumidas *in natura* ou cozidas. Reconhecida como a terceira fonte mais significativa de óleo vegetal, destaca-se não apenas pela contribuição para a indústria alimentícia, mas também por seu valor medicinal com seus méritos nutricionais e econômicos (SINGH et al., 2018a, b; VERMA et al., 2019).

Neste estudo, buscou-se avaliar como duas cultivares de mostarda ‘Crespa’ e ‘Lisa da Flórida’ respondem ao estresse salino em sistema hidropônico, utilizando duas estratégias de uso da água salobra (uso da água salobra apenas no preparo da solução nutritiva e água de baixa salinidade na reposição, e uso exclusivo da água salobra). As análises incluíram medições detalhadas de solutos orgânicos e inorgânicos para entender os mecanismos de aclimatação que estas plantas desenvolvem sob condições de estresse salino.

HIPÓTESES

A estratégia de uso da água salobra, em cultivo hidropônico, interfere na produção vegetal e bioquímica de cultivares da mostarda.

Cultivares de mostarda têm diferentes respostas quando submetidas ao estresse salino.

Solutos orgânicos e inorgânicos atuam no ajustamento osmótico para manter o a produção vegetal da mostarda sob estresse salino hídrico.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar a viabilidade do uso da água salobra em duas estratégias para o cultivo de duas cultivares de mostarda ‘Lisa da Flórida’ e ‘Crespa’ em sistema hidropônico com diferentes níveis de condutividade elétrica da água.

Objetivos específicos

Avaliar as respostas bioquímicas de duas cultivares de mostarda ‘Lisa da Flórida’ e ‘Crespa’ submetidas ao estresse salino hídrico sob duas estratégias de uso da água salobra em sistema hidropônico

Avaliar o crescimento e a produção vegetal de cultivares da mostarda ‘Lisa da Flórida’ e ‘Crespa’, sob diferentes estratégias de uso de água salobra em cultivo hidropônico;

Verificar quais os compostos orgânicos e inorgânicos relacionados diretamente com o equilíbrio osmótico e iônico da mostarda em condições de estresse salino;

Determinar a viabilidade de cultivo das cultivares de mostarda sob os níveis de salinidade hídrica de acordo com as estratégias de uso da água salobra.

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

Características do semi-árido brasileiro

Regiões áridas e semiáridas são caracterizadas pelo clima seco, com índice pluviométrico anual baixo (em torno de 700 mm) e irregular, baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas. (CASTRO, 2018). Nessas regiões, a escassez hídrica é uma realidade constante incluindo as águas superficiais devido à baixa precipitação e alta taxa de evapotranspiração. À medida em que a água evapora, os sais dissolvidos permanecem na superfície, resultando em águas impróprias para o consumo humano e uso agrícola (SILVA, 2023). Em meio a problemática da escassez hídrica, as águas direcionadas a agriculturas na maioria das vezes advém de rios e açudes, entretanto a estiagem severa pode dificultar a utilização dessas águas, dessa forma, buscou-se alternativas que suprissem as necessidades hídricas (SOARES et al., 2010).

Diante da problemática associada ao uso das águas superficiais, as águas subterrâneas emergiram como uma alternativa vital. No Brasil, elas são intensamente exploradas para diversos fins, incluindo o abastecimento humano, a irrigação agrícola, o uso industrial e atividades de lazer (SOARES et al., 2010). No entanto, nem sempre essas águas são de boa qualidade, as águas de poços tubulares em regiões semiáridas muitas vezes se tornam inadequadas para o uso, especialmente na agricultura, devido à alta condutividade elétrica (SILVA et al., 2023).

A qualidade das águas subterrâneas pode ser associada a proveniência do solo, quando formadas por arenitos, são consideradas de boa qualidade química para a irrigação, diferente das águas provindas de rochas sedimentares ricas em minerais alteráveis e solúveis (SOARES et al., 2010). Alguns solos das regiões áridas e semiáridas são considerados jovens formados por rochas e minerais que contêm altas concentrações de sais solúveis. Durante o processo de intemperismo, esses sais são solubilizados e percolam para as camadas mais profundas constituindo os lençóis freáticos e aquíferos.

A condutividade elétrica (CE) é um parâmetro para classificar a qualidade da água quanto a concentração de sais solúveis. A CE se refere à medida da capacidade da água em conduzir corrente elétrica, de forma proporcional, com o aumento da concentração de sais, aumenta a condução da corrente elétrica. Com base na CE podem ser categorizadas: água de baixa salinidade ($CE < 0,25 \text{ dS m}^{-1}$); água de

salinidade média (CE entre 0,25 e 0,75 dS m⁻¹); água de salinidade alta (CE entre 0,75 e 2,25 dS m⁻¹) e água de salinidade muito alta (CE > 2,25 dS m⁻¹) (RICHARDS 1954; ALMEIDA, 2010).

Tendo em vista as condições da qualidade da maior parte das águas subterrâneas e a escassez hídrica das regiões semiáridas, o manejo da utilização de água salobra para a agricultura irrigada torna-se imprescindível (do Ó, 2021). Entretanto, deve haver restrições para a utilização dessas águas, visto que, além de diminuir a produção na maioria das culturas (REZAEI et al., 2017; PULAVARTY & SARANGI, 2018), essas águas podem tornar os solos improdutivos devido a salinização, isto é, ao acúmulo de sais.

Águas salobras utilizadas para a irrigação comprometem a fertilidade do solo, por causarem a salinização do solo, conseqüentemente, prejudica a capacidade do solo em reter água e nutrientes, diminuindo a produção e qualidade da cultura (SILVA, 2023). Diante dessa problemática diversas estratégias podem ser adaptadas para a minimizar os impactos negativos causados pela salinidade, como por exemplo: escolha de espécie ou cultivar mais tolerante, utilização de águas salobras em estádios de maior tolerância da cultura, mistura de águas salobras, uso de águas com diferentes concentrações de sais buscando além de uma boa produção vegetal o controle da salinização/sodificação do solo (LACERDA et al., 2009; MORAIS et al., 2011).

A baixa disponibilidade de água de boa qualidade para a agricultura e a exposição de águas salobras à solos no semiárido, buscam-se possibilidades que mitiguem os efeitos negativos causados pela salinidade tanto no solo quanto na produção agrícola (CRUZ et al., 2018). O aproveitamento das águas salobras no cultivo hidropônico vem crescendo ao longo do tempo (SILVA et al., 2018; SILVA et al., 2020; COVA et al., 2020), diversos autores comprovaram a efetividade na produção agrícola nesse sistema de cultivo (GONDIM FILHO et al., 2018; SILVA et al., 2018; FREITAS et al., 2021; SILVA et al., 2022). A técnica hidropônica possibilita o uso eficiente da água, devido a necessidade de menores volumes de água neste caso, uma estimativa de redução de aproximadamente 80 % em comparação ao plantio convencional (ORSINI et al., 2010).

Estratégia de uso da água salobra na hidroponia

A limitação dos recursos hídricos tanto quantitativos quanto qualitativos nos últimos anos, principalmente em regiões áridas e semiáridas tendem a crescente

busca de técnicas que visem o uso eficiente da água, assim como o aproveitamento das águas consideradas de qualidade inferior ou alta salinidade (ALVES et al., 2011; SILVA, 2023). A hidroponia é uma técnica de cultivo que tem sido comumente utilizada nos últimos anos quando se trata da eficiência e aproveitamento da água de baixa qualidade (GARCÍA-GAYTÁN et al., 2017).

Por exigir menor volume de água quando comparada ao sistema convencional, a hidroponia tem sido uma importante estratégia para a produção agrícola, principalmente na horticultura (coentro, couve-flor, couve-folha, alface, cebolinha, pimenta, almeirão e rúcula). Além disso, a resposta das plantas à salinidade é melhor quando cultivada nesse sistema em comparação ao convencional nas mesmas condições de irrigação, devido ao potencial mátrico tender a zero na hidroponia. Sendo ele a principal causa de diminuir a energia livre da água no solo (SOARES et al., 2007; DIAS et al., 2011a).

É crescente estudos referente às estratégias de utilização da água salobra, sejam elas associadas ou não a uma fonte de água de baixa salinidade (ALVES et al., 2011; SOARES et al., 2010; CAMPOS JUNIOR et al., 2018). Normalmente, três estratégias podem ser adotadas para a utilização da água salobra em condições hidropônicas – uso exclusivo da água salobra, uso da água salobra no preparo da solução nutritiva e água de baixa salinidade para a reposição da água evapotranspirada e, uso da água de baixa salinidade para o preparo da solução nutritiva e água salobra na reposição da água evapotranspirada (SILVA, 2023).

Todavia, considerando as características do semiárido, o aumento da temperatura consequentemente eleva também a temperatura da solução nutritiva, provocando efeitos agravantes na produção e qualidade visual das culturas. No entanto, o uso da água de baixa salinidade sendo introduzida em algum período do cultivo se torna interessante, sendo a captação da água da chuva uma alternativa de fonte de água de baixa salinidade (SILVA, 2023).

Estudos utilizando simulações de águas salobras com diferentes níveis de condutividade elétricas em sistema hidropônico se tornaram constantes (SOARES et al., 2010; ALVES et al., 2011; SILVA et al., 2013; SOARES et al., 2015; 2016; 2019; LIRA et al., 2015b; 2018a; b; SILVA, et al., 2017a; SILVA, 2017; COVA et al., 2017). Assim como comprovar a viabilidade do cultivo de diversas espécies de plantas no sistema hidropônico utilizando águas com níveis elevados de sais, culturas como rúcula (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018; SILVA et al., 2023), couve-

flor (CRUZ et al., 2018; COSTA et al., 2020), coentro (SILVA et al., 2020), alface (SOARES et al., 2019; SILVA et al., 2023), chicória (SILVA et al., 2020), mini melancias (do Ó et al., 2021), noni (COVA et al., 2020).

Efeito e resposta das plantas sob estresse salino

A salinidade é um dos principais fatores a causarem estresse abiótico em plantas, principalmente em regiões áridas e semiáridas, por possuírem limitações de recursos hídricos de águas de boa qualidade (COSTA et al., 2020). O acúmulo excessivo de sais afeta a capacidade de absorção de água, provocando alterações na emergência das plântulas (NÓBREGA et al., 2020).

A salinidade é um estresse abiótico capaz de desencadear uma série de distúrbios bioquímicos e fisiológicos que, conseqüentemente, comprometem o desenvolvimento e a produtividade das culturas (POMPEIANO et al., 2016; BAI et al., 2019; SHOUKAT et al., 2019). O efeito osmótico é reduzido com o acúmulo de sais, limitando a absorção de água e nutrientes pelas células vegetais, conseqüentemente reduz o crescimento da planta (RODRIGUES et al., 2018). O acúmulo de sais também provoca toxicidade direta de íons específicos (principalmente Na^+ e Cl^-), causando uma espécie de desbalanço nutricional nas plantas, resultando em alterações fisiológicas (MUNNS & TESTER, 2008).

A redução do crescimento e do desenvolvimento das plantas quando submetidas ao estresse salino, está relacionado a diminuição da absorção hídrica, devido ao fechamento estomático, redução da transpiração e, conseqüentemente, à limitação da fotossíntese (RODRIGUES et al., 2018).

Quando expostas ao meio salino, as plantas podem criar um grau (mesmo que mínimo) de tolerância, buscando mecanismos que minimizem os efeitos deletérios dos íons tóxicos. Os ajustes fisiológicos desenvolvidos pelas plantas nesta situação são: exclusão de sais, o acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos, produção de osmoprotetores, ajuste na absorção de íons, alterações morfológicas, síntese de substâncias antioxidantes e alteração no crescimento (LIANG et al., 2018; BAI et al., 2019).

A capacidade de tolerância das plantas depende da capacidade de compartimentalizar, seletividade dos íons tóxicos que entram na célula, normalmente Na^+ e Cl^- , esses íons, considerados tóxicos quando em excesso, se acumulam no vacúolo, o que reduz a concentração no citoplasma. O bombeamento de prótons (H^+) para dentro do vacúolo, através da ação da enzima ATPase, cria

gradientes de potencial eletroquímico que facilitam a entrada de Cl^- via canais específicos e do Na^+ em troca da saída de prótons para o citoplasma via antiporte Na^+/H^+ (AZEVEDO NETO & SILVA, 2015; LIANG et al., 2018).

Com o acúmulo dos íons tóxicos no vacúolo, o citoplasma produz outras substâncias conhecidas como osmólitos ou osmorreguladores (solutos orgânicos e inorgânicos). Essas substâncias protegem as membranas e funções celulares, promovem o ajustamento osmótico, além de agir como reserva de energia metabólica armazenada. Em resposta à alta concentração de íons tóxicos, as plantas podem acumular solutos orgânicos, para promover o equilíbrio osmótico entre o citoplasma e o vacúolo (SLAMA et al., 2015; COVA et al., 2020).

Entre os solutos orgânicos, também conhecidos como osmólitos compatíveis ou osmoprotetores, avaliados nas culturas sob condições de estresse, destacam-se: prolina livre, carboidratos solúveis, proteínas solúveis e aminoácidos livres (MASTROGIANNIDOU et al., 2016; COVA et al., 2020). De acordo com alguns autores, o acúmulo de carboidratos solúveis (SILVA et al., 2010) e prolina livre (PARIDA & DAS, 2005), agem como indicadores no mecanismo de tolerância a salinidade, facilitando na osmorregulação. Porém, não são em todos os vegetais que a prolina desempenha o papel osmorregulador (MASTROGIANNIDOU et al., 2016).

Do Ó et al. (2021) observaram que os solutos orgânicos não contribuíram para o ajuste osmótico em folhas de minimelancias. Cova et al. (2016) constataram que os carboidratos solúveis e aminoácidos livres desencadeiam o papel de ajustamento osmótico em folhas de noni e a prolina desempenha papel de aclimação.

A prolina possui papel importante na aclimação das plantas, sendo recomendada como indicador fisiológico e bioquímico em plantas sob estresse salino (MONTEIRO et al., 2014; AZEVEDO NETO et al., 2020), corroborando com Santos et al. (2021) em folhas de couve-flor.

Cultura da mostarda

A mostarda é uma hortaliça folhosa de produção anual, de origem africana pertencente à família Brassicaceae. É uma planta herbácea, com porte entre 0,3 e 1,6 m de altura, caule não ramificado e folhas de tamanhos e formas distintas, apresentando margens serrilhadas e sabor picante (DIXON & WELLS, 2007). Trata-se de uma planta versátil que demonstra capacidade adaptativa a diferentes condições climáticas. Embora seu desenvolvimento ótimo ocorra em temperaturas

mais amenas (abaixo de 25 °C), a mostarda também consegue prosperar em ambientes com temperaturas mais elevadas (HENDGES et al., 2018).

Mundialmente a Ásia ocupa 57,1 % da produção de mostarda, seguida pela Europa (23,8%), Américas (18,7%) e África (0,4%). Tendo como os quatro maiores produtores mundiais Nepal, Rússia, Malásia, Canada (FAOSTAT, 2022). Embora a Índia não esteja entre os maiores produtores mundiais, o país está entre os países que mais consomem mostarda no mundo, além de possuir grande valor econômico entre as oleaginosas no país. De acordo com o Goi, (2022), a produção anual de mostarda na Índia foi de aproximadamente 1.458 kg há, em 8.06 Mha com 11.75 Mt. No Brasil, a produção anual de mostarda está em torno de 1.102 toneladas, o Rio de Janeiro é o maior produtor de mostarda com a produção aproximada de 346 toneladas (IBGE, 2017).

As espécies mais cultivadas são a mostarda preta (*Brassica nigra*), branca ou amarela (*Brassica alba*) e marrom (*Brassica juncea*) (MEJÍA-GARIBAY et al., 2015). Suas sementes são processadas, resultando numa pasta, enquanto as folhas são comercializadas em maços, podendo ser consumidas *in natura* ou cozidas, por possuir um sabor picante característicos, se tornou popular nas cozinhas ao redor do mundo (SINGH et al., 2018a, b).

Reconhecida como a terceira fonte mais significativa de óleo vegetal, destaca-se não apenas pela contribuição para a indústria alimentícia, mas também por seu valor medicinal com seus méritos nutricionais e econômicos Além do valor culinário, as folhas da mostarda são ricas em nutrientes, incluindo vitamina A, C, K, complexo b e minerais essenciais, como cálcio e ferro. Tornando assim, uma escolha saudável para a alimentação, contribuindo para dietas balanceadas (VERMA et al., 2019).

Embora tenha origem africana a espécie *B. juncea* foi naturalizada na Ásia, recebendo assim, o nome de mostarda indiana. De acordo com Vinu et al. (2013) e Caballero et al. (2015), a mostarda *B. juncea* é conhecida por sua maior tolerância ao calor e ao estresse hídrico, sendo capaz de prosperar em condições climáticas adversas e de seca. No entanto, apesar dessa resiliência, o estresse salino tem sido identificado como um dos principais fatores limitantes para a produtividade dessa cultura, especialmente na Índia (SINGH et al., 2019).

Estudos sobre as respostas bioquímicas e genéticas da mostarda em condições de estresse salino são recorrentes na literatura científica, destacando-se pesquisas

tais como de Mittal et al. (2012), Hendges et al. (2018), Rathore et al. (2019), Singh et al. (2019) e Singh et al. (2022). Essas investigações têm contribuído significativamente para a compreensão dos mecanismos de tolerância da mostarda a salinidade, incluindo a expressão de genes específicos e a acumulação de osmólitos.

No entanto, apesar do avanço científico, ainda são poucos os estudos que exploram a produção da mostarda em condições salinas utilizando sistemas hidropônicos. Essa lacuna na pesquisa é especialmente relevante, pois os sistemas hidropônicos oferecem um controle mais preciso sobre as condições de cultivo, permitindo uma avaliação mais detalhada dos impactos da salinidade e das estratégias de mitigação que podem ser aplicadas para melhorar o rendimento da mostarda em ambientes salinos. Assim como o cultivo dessa cultura em temperaturas mais elevadas como é o caso do Nordeste brasileiro. Já que, a mostarda possui adaptabilidade térmica variável (CABALLERO et al, 2015).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 234p.

ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J. P.; OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 491-498, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000500009>

ATZORI, G.; MANCUSO, S.; MASI, E. Seawater potential use in soilless culture: A review. **Science Horticulture**, v. 249, p. 199–207, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.035>

AZEVEDO NETO, A. D.; MOTA, K. N. A. B.; SILVA, P. C. C.; COVA, A. M. W.; RIBAS, R. F.; GHEYI, H. R. Selection of sunflower genotypes for salt stress and mechanisms of salt tolerance in contrasting genotypes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, e020120, 2020. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202044020120>

AZEVEDO NETO, A. D.; SILVA, E. C. Physiology and biochemistry of salt stress tolerance in plants. In: Chakraborty, U., Chakraborty, B. (Eds.), **Abiotic stresses in crop plants**. CABI Publishing, Wallingford, p. 81-101, 2015. <https://doi.org/10.1079/9781780643731.0081>

BAI, X.; DAI, L.; SUN, H.; CHEN, M.; SUN, Y. Effects of moderate soil salinity on osmotic adjustment and energy strategy in soybean under drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 139, n. 1, p. 307-313, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.03.029>

CABALLERO, B.; FINGLAS, P.; TOLDRÁ, F. (Ed.). **Encyclopedia of food and health**. Academic Press, ed. 1, 2015.

CAMPOS JÚNIOR, J. E.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, Ê. F. F.; MARTINS, J. B.; ROLIM, M. M. Consumption, efficiency and water content of arugula under different management of brackish nutritional solutions. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 6, p. 885-892, 2018. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n6p885-892/2018>

CASTRO, C. N. **Sobre a agricultura irrigada no semiárido: Uma análise histórica e atual de diferentes opções de política**. Brasília: IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018. 56p (Texto para discussão, N° 2369).

COSTA, L. F. da; SOARES, T. M.; SILVA, M. G. da; MODESTO, F. J. N.; QUEIROZ, L. de A.; PEREIRA, J. de S. Cauliflower growth and yield in a hydroponic system with brackish water. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 4, p. 1060-1070, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252020v33n421rc>

COVA, A. M. W.; AZEVEDO NETO, A. D.; SILVA, P. C. C.; MENEZES, R. V.; RIBAS, R. F.; GHEYI, H. R. Physiological and biochemical responses and fruit production of noni (*Morinda citrifolia* L.) plants irrigated with brackish water. **Scientia Horticulturae**, v. 260, n. 1, p. 108852, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108852>

COVA, A. M. W.; FREITAS, F. T. O.; VIANA, P. C.; RAFAEL, M. R. S.; AZEVEDO NETO, A. D.; SOARES, T. M. Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water indifferente hydroponic systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 150-155, 2017. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n3p150-155>

CRUZ, A. F. da S.; SILVA, G. F. da; SILVA, Ê. F. de F.; SOARES, H. R.; SANTOS, J. da S.; LIRA, R. M. de. Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower cultivated hydroponically with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 9, p. 622-627, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n9p622-627>

DIAS, N. S.; FERREIRA, J. F. S.; LIU, X.; SUAREZ, D. L. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*, L.) maintains high inulin, tuber yield, and antioxidant capacity under moderatelsaline irrigation waters. **Industrial Crops and Products**, v. 94, p. 1009-1024, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.029>

DIAS, N. S.; LIMA, F. E.; SILVA, C. R.; SOUZA NETO, O. N.; GHEYI, H. R. Use of reject from desalination on diferente development stages of hydroponic lettuce. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p. 76-81, 2011a.

DIXON, G.; WELLS R. **Vegetable brassicas and related crucifers**. London: Cab International North American Office, 2007. 327p.

DÓ, L. M. G.; COVA, A. M. W.; AZEVEDO NETO, A. D.; GANDA, M. S.; SANTOS, A. L.; GHEYI, H. R. Production, water-use efficiency and post-harvest quality of hydroponic mini watermelon under salinity stress. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 51, e67054, 2021. <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5167054>

DÓ, L. M. G.; COVA, A. M. W.; SILVA, P. C. C.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO NETO, A. D. de.; RIBAS, R. F. Aspectos bioquímicos e fluorescência da clorofila a em plantas de melancia hidropônica sob estresse salino. **Irriga**, v. 26, n. 2, p. 221-239, 2021. [10.15809/irriga.2021v26n2p221-239](https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n2p221-239)

FAOSTAT. (2022). **Food and Agriculture Organization of the United Nations**.

FREITAS, F. T. O.; SOARES, T. M.; SILVA, M. G. ; RAFAEL, M. R. S. Cultivo de alface sob intervalos de recirculações das soluções nutritivas em sistemas hidropônicos usando água salobra. **Irriga**, v. 1, p. 67-96, 2021. <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v1n1p67-96>

GARCÍA-GAYTÁN, V.; TREJO-TÉLLEZ, L. I.; GÓMEZ-MERINO, F. C.; GARCÍA-MORALES, S.; TEJEDA-SARTORIUS, O.; RAMÍREZ-MARTÍNEZ, M.; DELGADILLO-MARTÍNEZ, J. Gamma radiation and osmotic potential of the nutrient solution differentially affect macronutrient concentration, pH and EC in chilhuacle pepper fruits. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 315, n. 2, p. 145-156, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10967-017-5655-6>

GOI, 2022. **Agricultural Statistics at a Glance 2022**. Directorate of Economics and Statistics, Ministry of Agriculture and Farmers Welfare, Government of India.

GONDIM FILHO, H.; SILVA, P. C. C.; SILVA, M. G.; PEREIRA, M. M.; SOARES, T. M.; AZEVEDO NETO, A. D.; VASCONCELOS, R. S.; GHEYI, H. R. Growth, production and essential oil content of basil genotypes in hydroponic conditions under salt stress. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 25, p. 1-10, 2018. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/43023>

HENDGES, A. R. A. de A.; GUIMARÃES, M. de A.; CAMILO, J. de M.; FEITOSA, F. R. C.; MAIA, C. de L. Diferentes temperaturas e combinações de recipientes e substratos na produção de mudas de mostarda. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 3, p. 213-221, 2018. <https://doi.org/10.30969/acsa.v14i3.1020>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, F. L. B.; PRISCO, J. T., GHEYI, H. R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 2, p. 221-230, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162009000200005>

LIANG, W., MA, X., WAN, P., LIU, L. Plant salt-tolerance mechanism: a review. **Biochemical Biophysical Research Communications**, v. 495, p. 286–291, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc>.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Production, water consumption and nutrient content of Chinese cabbage grown hydroponically in brackish water. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 497-505, 2015b. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150031>

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SOARES, H. R.; WILLADINO, L. G. Growth, water consumption and mineral composition of water cress under hydroponic system with brackish water. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 1, p.13-19, 2018b. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180103>

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; WILLADINO, L.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; ANDRADE, G. R. Activity of antioxidative enzymes in watercress and Chinese cabbage plants grown under hydroponic system with brackish water. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 205-210, 2018a. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180210>

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, n. 3, p. 621-636, 2016. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162016005000032>

MEJÍA-GARIBAY, B.; GUERRERO-BELTRÁN, J. A.; PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A. Características físicas y antioxidantes de semillas y productos de mostaza preta (*Brassica nigra*) y amarilla (*Brassica alba*). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 65, n. 2, p. 128-135, 2015.

MITTAL, S., KUMARI, N., SHARMA, V. Differential response of salt stress on *Brassica juncea*: photosynthetic performance, pigment, proline, D1 and antioxidant enzymes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 54, p. 17-26, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.02.003>.

MONTEIRO, J. G.; CRUZ, F. J. R.; BATISTA, M. N.; SANTOS, D. M. M. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 1, p. 18-25, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000100003>

MORAIS, F. A.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T.; MOTA, A. F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 327-336, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195318915010>

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms os salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-681, 2008. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>

NANGARE, D. D.; SINGH, K. G.; KUMAR, S. Effect of blending fresh-saline water and discharge rate of drip on plant yield, water use efficiency (WUE) and quality of tomato in semi arid environment. **African Journal of. Agricultural Research**, v. 8, p. 3639-3645, 2013. <https://doi.org/10.5897/AJAR12.168>

NÓBREGA, J. S.; SILVA, T. I. da.; SILVA RIBEIRO, J. E da.; VIEIRA, L. de S.; ANDRADE FIGUEIREDO, F. R.; FÁTIMA, R. T. de.; ALCÂNTARA BRUNO, R. de L.; DIAS, T. J. Emergência e crescimento inicial de melancia submetida a salinidade e doses de ácido salicílico. **Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 7, p. 162-171, 2020. <https://doi.org/10.20873/uftv7-8169>

ORSINI, F; FECONDINI, M; MEZZETTI, M; GIANQUINTO, G. Simplified hydroponic floating systems for vegetable production in Trujillo, Peru. **Acta Horticulturae**, v. 881, p. 157-162, 2010. [10.17660/ActaHortic.2010.881.18](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.881.18)

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 60, n. 3, p. 324-349, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010>

POMPEIANO, A.; LANDI, M.; MELONI, G.; VITA, F.; GUGLIELMINETTI, L.; GUIDI, L. Allocation pattern, ion partitioning, and chlorophyll *a* fluorescence in *Arundo donax* L. in responses to salinity stress. **Plant Biosystems**, v. 151, n. 4, p. 613-622, 2016. <https://doi.org/10.1080/11263504.2016.1187680>

PULAVARTY, A.; SARANGI, B. K. Screening bamboo species for salt tolerance using growth parameters, physiological response and osmolytes accumulation as effective indicators. **Chemistry and Ecology**, v. 34, n. 4, p. 340-354, 2018. <https://doi.org/10.1080/02757540.2018.1427227>

RATHORE, S. S.; SHEKHAWAT, K.; DASS, A.; KANDPAL, B. K.; SINGH, V. K. Phytoremediation mechanism in Indian mustard (*Brassica juncea*) and its enhancement through agronomic interventions. **Proceeding of the National Academy of Sciences, India, Section B: Biological Sciences**, v. 89, n. 2, p. 419-427. 2019. <https://doi.org/10.1007/s40011-017-0885-5>.

REZAEI, Y.; TAVAKOLI, A.; SHEKARI, F.; NIKBAKHT, J.; JUHOS, K.; ANSARI, M. Effect of salinity stress on biochemical and physiological aspects of *Brassic napus* L. cultivars. **Academia Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 8, p. 189-195, 2017. <https://10.15413/ajar.2017.0116>

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. **Washington: United States Department of Agriculture**. Agriculture Handbook 60, p.160, 1954.

RODRIGUES, A. J. O.; NUNES, L. R. L.; NUNES, A. M. C.; UCHÔA, K. S. A. Efeito da adubação silicatada no cultivo de tomateiro sob estresse salino.

Agropecuária Científica no Semiárido, v. 14, p. 141-148, 2018.
<https://doi.org/10.30969/acsa.v14i2.977>

SANTOS, A. L.; COVA, A. M. W.; SILVA, M. G.; SANTOS, A. A. A.; PEREIRA, J. S.; GHEYI, H. R. Crescimento e conteúdo de solutos orgânicos em couve-flor cultivada com água salobra em sistema hidropônico. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 1-3, p. 38-50, 2021.
<https://doi.org/10.19149/wrim.v10i1-3.2640>

SANTOS JUNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; DIAS, N. D. S.; MEDEIROS, S. D. S. Produção e pós-colheita de flores de girassóis sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 1, p. 420-432, 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n3p420-432/2016>

SHOUKAT, E.; ABIDEEN, Z.; AHMEDA, M. Z.; GULZARA, S.; NIELSEN, B. L. Changes in growth and photosynthesis linked with intensity and duration of salinity in *Phragmites karka*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 162, n. 1, p. 504-514, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.03.024>

SILVA, E. N., FERREIRA-SILVA, S. L., VIÉGAS, R. A., SILVEIRA, J. A. G. The role of organic and inorganic solutes in the osmotic adjustment of drought-stressed *Jatropha curcas* plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 69, p. 279-285, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.05.001>

SILVA, F. V.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S.; DIAS, N. S.; SANTOS, R. S. S.; MEDEIROS, P. R. F. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 476-482, 2013. <https://10.5039/agraria.v8i3a1689>

SILVA, J. S. da; PAZ, V. P. S.; SOARES, T. M.; ALMEIDA, W. F.; FERNANDES, J. P. Production of lettuce with brackish water in NFT hydroponic system. **Semina. Ciências Agrárias**, v. 39, p. 947, 2018. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n3p947>

SILVA M. G. Brackish waters to mitigate the freshwater scarcity in regions arid and semi-arid using hydroponics as a clean production cultivation technique. **Acta Scientific Agriculture**, v. 7, n. 12, p. 1-2, 2023.

SILVA, M. G.; ALVES, L. S.; SOARES, T.M.; GHEYI, H. R.; BIONE, M. A. A. . Growth, production and water use efficiency of chicory (*Cichorium endivia* L.) in hydroponic systems using brackish waters. **Advances in Horticultural Science**, v. 34, p. 243-253, 2020. <https://doi.org/10.13128/ahsc-8855>

SILVA, M. G.; COSTA, L. F.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R. Growth and yield of cauliflower with brackish waters under hydroponic conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 663-672, 2023. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n9p663-672>

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTANA, G. O.; PINHO, J. S. Uso de águas salobras no cultivo hidropônico de coentro sob intervalos de recirculação da solução nutritiva. In: IV Inovagri International Meeting, 2017, Fortaleza. **Anais** Fortaleza: INOVAGRI/ESALQ-USP/ABID/UFRB/INCT-EI/INCTSaI/INSTITUTOFUTURE, 2017b.

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. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p547-552>

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; FREITAS, F. T. O; RAFAEL, M. R. S. Consumo hídrico do coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. In: IV Inovagri International Meeting, 2017, Fortaleza. **Anais** Fortaleza: INOVAGRI/ESALQ-USP/ABID/UFRB/INCT-EI/INCTSaI/INSTITUTOFUTURE, 2017a.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, M. G. B.; SANTOS, C. C. Hydroponic cultivation of coriander using fresh and brackish waters with different temperatures of the nutrient solution. **Engenharia Agrícola**, v. 40, p. 674-683, 2020. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n6p674-683/2020>

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTOS, C. C.; OLIVEIRA, M. G. B. Hydroponic cultivation of coriander intercropped with rocket subjected to saline and thermal stresses in the root-zone. **Revista Ceres**, v. 69, p. 148-157, 2022. <https://doi.org/10.1590/0034-737X202269020004>

SINGH, J.; SHARMA, P. C.; SINGH, S.; CHAUHAN, Y. P.; SINGH, S. K.; NEERAJ, V. Notification of crop varieties and registration of germplasm. Indian mustard variety CS 60. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**. v. 78, n. 3, p. 398-400, 2018a. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/327690499>

SINGH, J.; SINGH, V.; DUTT, V.; WALIA, N.; KUMAWAT, G.; JAKHAR, M. L.; YADAVA, D. K.; SHARMA, P. C. Insights into salt tolerance of mustard (*Brassica juncea* L. Czern & Coss): A metabolomics perspective. **Environmental and Experimental Botany**, v. 194, p. 104760, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104760>

SINGH, J.; SINGH, V.; VINEETH, T. V.; KUMAR, P.; KUMAR, N.; SHARMA, P. C. Differential response of Indian mustard (*Brassica juncea* L., Czern & Coss) under salinity: photosynthetic traits and gene expression. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 25, p. 71–83, 2019. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0631-3>.

SINGH, V.; SINGH, A. P.; BHADORIA, J.; GIRI, J.; SINGH, J.; VINEETH, T. V.; SHARMA, P. C. Differential expression of salt-responsive genes to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive rice (*Oryza sativa* L.) at seedling stage. **Protoplasma**, v. 255, p. 1667-1681, 2018b. <https://doi.org/10.1007/s00709-018-1257-6>.

SLAMA, I.; ABDELLEY, C.; BOUCHEREAU, A.; FLOWERS, T.; SAVOURÉ, A. Diversity, distribution and roles of osmoprotective compounds accumulated in halophytes under abiotic stress. **Annals of Botany**, Oxford, v. 115, n. 3, p. 433-447, 2015. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu239>

SOARES, H. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, Ê. F. F.; ROLIM, M. M.; SILVA, G. F. Water and physiological relationships of lettuce cultivated in hydroponics with brackish waters. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 2, p. 216-222, 2019. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190025>

SOARES, H. R.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; LIRA, R. M.; BEZERRA, R. R. Mineral nutrition of crisphead lettuce grown in a hydroponic system with brackish

water. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 656-664, 2016. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n316rc>

SOARES, H. R.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; SANTOS, A. N. Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 7, p. 636-642, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n7p636-642>

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. A. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 705-714, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000700004>

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; BONFIM-SILVA, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, v. 12, n. 2, p. 235-248, 2007. [10.15809/irriga.2007v12n2p235-248](https://doi.org/10.15809/irriga.2007v12n2p235-248)

ST. CLAIR, S. B., LYNCH, J. P. The opening of Pandora's Box: climate change impacts on soil fertility and crop nutrition in developing countries. **Plant Soil**, v. 335, p. 101-115, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0328-z>.

TERCEIRO NETO, C. P.C.; DE MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. D. S.; GHEYI, H. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; CHIPANA RIVERA, R.; SUDDARTH, S. R. P.; LIMA, B. L. D. C.; FERNANDES, C. D. S.; LEMOS NETO, H. D. S. Irrigation management strategies with brackish water in production and post-harvest quality of "Toad Skin" melon. **Water Air Soil Pollutoin** v. 231, n. 232, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05189-x>

VERMA, D.; LAKHANPAL, N.; SINGH, K. Genomewide identification and characterization of abiotic-stress responsive SOD (superoxide dismutase) gene family in *Brassica juncea* and *B. rapa*. **BMC Genomics**, v. 20, p. 227, 2019. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-5593-5>.

VINU, V.; SINGH, N.; VASUDEV, S.; YADAVA, D. K.; KUMAR, S.; NARESH, S.; BHAT, S. R.; PRADHU, K. V. Assessment of genetic diversity in *Brassica*

juncea Brassicaceae genotypes using phenotypic differences and SSR markers.
Revista de Biologia Tropical, v. 61, n. 4, p. 1919-1934, 2013.

CAPÍTULO II

ESTRATÉGIAS DE USO DA ÁGUA SALOBRA INTERFEREM EM CULTIVO DE MOSTARDA EM SISTEMA HIDROPÔNICO

RESUMO:

Em regiões áridas e semiáridas, a limitação de águas superficiais frequentemente leva ao uso de águas subterrâneas que normalmente possuem altas concentrações de sais. Esse uso pode causar distúrbios bioquímicos, fisiológicos e de crescimento da planta, impactando negativamente na produção. A hidroponia surge como uma técnica eficiente para usar água salobra de diferentes formas sem comprometer a produtividade agrícola. Dessa forma, objetivou-se avaliar a resposta de cultivares de mostarda ‘Lisa da Flórida’ e ‘Crespa’ a condições de estresse salino, aplicando duas estratégias de uso da água salobra (uso da água salobra apenas para o preparo da solução nutritiva e reposição com água de baixa salinidade e uso exclusivo da água salobra) em sistema hidropônico do tipo de técnica de fluxo laminar de nutrientes (NFT). Foram testados três níveis de condutividade elétrica da água (CEa 0,3 – controle; 2,5 e 4,5 dS m⁻¹) dessa forma, utilizou-se um delineamento experimental fatorial 3 × 2 com três repetições. As variáveis analisadas incluíram a massa fresca e seca da parte aérea, massa seca da raiz, altura da planta, número, comprimento e largura da folha, teores de solutos orgânicos (carboidratos solúveis, aminoácidos livres, proteínas solúveis e prolina livre), inorgânicos (Na⁺, K⁺ e Cl⁻) e teores de clorofila (clorofila *a*, *b* e total). A prolina e o K⁺ atuaram como osmorreguladores em ambas cultivares. Os tores de clorofila se ajustaram na cultivar ‘Crespa’ para manter a produção vegetal. A mostarda ‘Lisa da Flórida’ é recomendada para o cultivo hidropônico utilizado exclusivamente a água salobra ou apenas no preparo da solução nutritiva com a CEa até 4,5 dS m⁻¹. A cultivar ‘Crespa’ possui sensibilidade ao estresse salino, sendo preferível o uso da água salobra (CEa = 4,5 dS m⁻¹) apenas no preparo da solução e reposição com água de baixa salinidade.

Palavras-chaves: *Brassica juncea*, sistema hidropônico, salinidade, ajustamento osmótico.

BRACKISH WATER USE STRATEGIES INTERFERE IN MUSTARD CULTIVATION IN HYDROPONIC SYSTEM

ABSTRACT

In arid and semi-arid regions, limited surface water often leads to the use of groundwater that typically has high concentrations of salts. This use can cause biochemical, physiological and plant growth disorders, negatively impacting production. Hydroponics appears as an efficient technique to use brackish water in different ways without compromising agricultural productivity. Thus, the objective of present study was to evaluate the response of mustard cultivars 'Lisa da Florida' and 'Crespa' to salt stress, applying two strategies for using brackish water (use of brackish water only for preparing the nutrient solution and replacing with low salinity water and exclusive use of brackish water) in an-type laminar flow technique hydroponic system. Three levels of electrical conductivity of water were tested (EC_w 0.3 – control; 2.5 and 4.5 $dS\ m^{-1}$), therefore, a 3×2 factorial experimental design with three replications was used. The variables analyzed included the fresh and dry mass of the aerial part, dry mass of the root, plant height, number, length and width of the leaf, contents of organic (soluble carbohydrates, free amino acids, soluble proteins and free proline), inorganic (Na^+ , K^+ and Cl^-) solutes and chlorophyll contents (chlorophyll a, b and total). Proline and K^+ acted as osmoregulators in both cultivars. Chlorophyll levels were adjusted in the 'Crespa' cultivar to maintain plant production. 'Lisa da Florida' mustard is recommended for hydroponic cultivation using exclusively brackish water or only in the preparation of the nutrient solution with EC_w up to 4.5 $dS\ m^{-1}$. The 'Crespa' cultivar is sensitive to saline stress, use of brackish water ($EC_w = 4.5\ dS\ m^{-1}$) being preferable only for preparing the solution and replacing it with low salinity water.

Keywords: *Brassica juncea*, hydroponic system, salinity, osmotic adjustment.

INTRODUÇÃO

Em regiões áridas e semiáridas a escassez hídrica é comum, incluindo as águas superficiais. As águas subterrâneas, provindas de poços e cisternas, na maioria das vezes possuem altos níveis de salinidade devido a lixiviação de solos salinos ou infiltração de poluentes (SILVA, 2023)

Águas salobras possuem restrições a sua utilização, visto que, a mesma pode tornar solos inférteis, além de diminuir a produção da maioria das culturas (REZAI EI et al., 2017; PULAVARTY & SARANGI, 2018). Diante das limitações para a utilização das águas salobras para a agricultura irrigada, o manejo para a utilização da mesma se torna imprescindível (do Ó, 2021).

A hidroponia se torna uma técnica de cultivo viável para o uso eficiente e aproveitamento de águas de baixa qualidade (GARCÍA-GAYTÁN et al., 2017; SILVA, 2023). A hidroponia possibilita estratégias de uso da água de baixa qualidade, em busca do melhor aproveitamento (ALVES et al., 2011; SOARES et al., 2010; CAMPOS JUNIOR et al., 2018).

A salinidade é um dos principais fatores que causam estresse abiótico em plantas COSTA et al. (2020), é capaz de provocar uma série de distúrbios bioquímicos e fisiológicos que, conseqüentemente, comprometem o desenvolvimento e a produtividade das culturas (POMPEIANO et al., 2016; BAI et al., 2019; SHOUKAT et al., 2019). O acúmulo de sais além de diminuir o efeito osmótico, também provoca toxicidade direta de íons específicos (principalmente Na^+ e Cl^-) causando desbalanceamento nutricional nas plantas (MUNNS & TESTER, 2008; RODRIGUES et al., 2018).

Com o excesso de íons tóxicos, as plantas tendem a produzir substâncias como mecanismos de defesa, conhecidas como osmólitos ou osmorreguladores (solutos orgânicos e inorgânicos). O acúmulo dos solutos orgânicos promove o equilíbrio osmótico (SLAMA et al., 2015; COVA et al., 2020). Em culturas sob estresse, os solutos orgânicos que se destacam são a prolina livre, carboidratos solúveis, proteínas solúveis e aminoácidos livres (MASTROGIANNIDOU et al., 2016; COVA et al., 2020).

Na literatura, existem diversos trabalhos com uma diversidade de culturas em sistema hidropônico, utilizando águas de baixa qualidade. Contudo, ainda são inexistentes os estudos com a mostarda (*Brassica juncea*). Embora seja uma cultura

de temperaturas amenas (abaixo de 25° C), a mostarda possui capacidade adaptativa a diferentes condições climáticas (HENDGES et al., 2018). A *B. juncea* possui tolerância ao calor e a seca, entretanto, o estresse salino se tornou um fato limitante para a produtividade dessa cultura (SINGH et al., 2019).

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo

A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação entre os meses de julho e setembro de 2023. A casa de vegetação possui arco duplo, instalada no sentido Leste-Oeste, com pé direito de 4 m, largura de 7 m e comprimento de 33 m (Figura 1). A instalação pertence à área experimental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, no Núcleo de Engenharia de Água e Solo - NEAS da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, Cruz das Almas-BA, Brasil (12° 40' 19" S, 39° 06' 23" O, com altitude de 220 m).



Figura 1. Estrutura da casa de vegetação utilizada para a realização do ensaio com mostarda em sistema hidropônico

Durante o estudo, externamente à casa de vegetação, os valores de temperaturas de ar máximo, mínimo e médio, respectivamente foram: 25,5; 19,13 e 22,31 °C no mês de julho; 26,33; 19,5; 22,92 °C no mês de agosto e 30,0;19,8;25,3 °C no mês de setembro. Os dados foram obtidos por meio de uma estação meteorológica automática disponibilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Delineamento e estrutura experimental

A pesquisa foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial constituída por três níveis de condutividade elétrica da água (CEa) (0,3 – controle; 2,5 e 4,5 dS m⁻¹) e duas estratégias de utilização da água salobra (uso exclusivo da água salobra (UEX) – tanto para o preparo da solução como na reposição da água evapotranspirada; e uso da água salobra apenas para preparo da solução nutritiva (USN) com a reposição da água evapotranspirada feita com água de baixa salinidade (0,3 dS m⁻¹).

A estrutura experimental foi composta por dois sistemas hidropônicos do tipo de técnica de fluxo laminar de nutrientes (NFT). O berçário constituído de telhas de PVC onduladas e um reservatório com capacidade de armazenamento de 50 L de solução nutritiva (SN) (Figura 2A). E o sistema de cultivo por tubos de PVC – canais hidropônicos – (pigmento azul) de 0,075 m de diâmetro e 10 m de comprimento, com orifícios circulares de 0,05 m de diâmetro na parte superior.

O sistema foi constituído por bancadas, cada bancada continha três canais de cultivo com reservatórios com capacidade de armazenamento de 50 L independentes, dessa forma, sendo possível na mesma bancada aleatoriedade de tratamentos. Os canais ficaram dispostos a uma declividade de 5%, em bancadas confeccionadas em forma de cavaletes de tubos de PVC de 0,05 m de diâmetro comercial com altura média de 1,0 m do solo na parte superior (Figura 2B). Ambas as fases contaram com recirculação controlada por temporizador analógico. No período diurno (6:00 às 18:00 horas), a recirculação foi programada para durar 15 min com intervalos de 15 min. No período noturno (18:00 às 06:00) adotou-se o mesmo tempo de funcionamento com intervalos de 2 h.

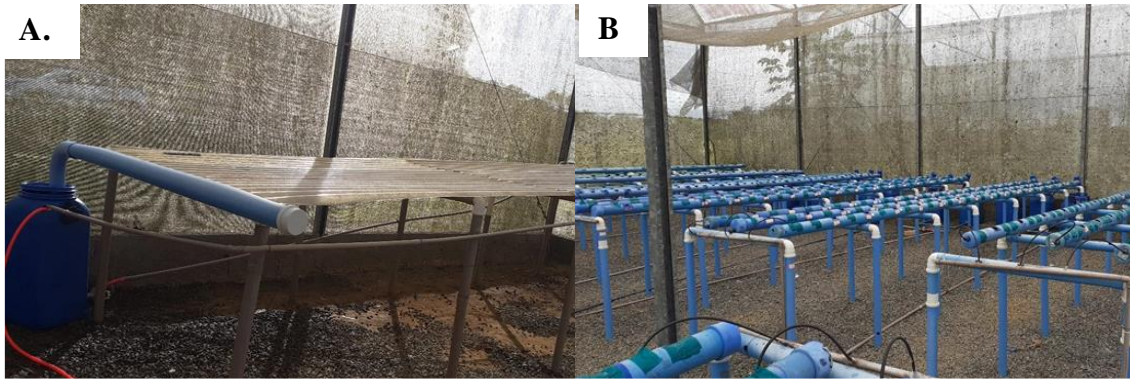


Figura 2. Estrutura hidropônica do berçário (A) e sistema de cultivo hidropônico Fluxo laminar de nutrientes – NFT (B) utilizada para o cultivo da mostarda, sob condições de salinidade.

Condução experimental

A pesquisa foi desenvolvida entre os dias 17 de julho e 17 de setembro de 2023. Constituída por dois ensaios desenvolvidos concomitantemente, utilizando-se duas cultivares de mostarda, ‘Lisa da Flórida’ (Feltrin[®] Sementes, Farroupilha, Brasil) e ‘Crespa’ (Isla[®] Sementes, São João, Brasil).

Os tratamentos houveram três repetições, separadas por canais de cultivo contendo as duas cultivares de forma intercalada. Para o uso exclusivo da água salobra, a reposição da água evapotranspirada foi feita com água referente a mesma condutividade elétrica usada para o preparo da solução nutritiva. Nessa estratégia o controle foi referente a uma CEA de 1,5 dS m⁻¹. Para o uso da água salobra apenas para o preparo da solução nutritiva, a reposição da água evapotranspirada foi feita com água de abastecimento local (CEa 0,3 dS m⁻¹) considerada de baixa salinidade.

A semeadura foi feita em espuma fenólica com orifícios de 5 mm (Figura 3A). Inicialmente, a espuma foi umedecida e, em seguida, as sementes foram colocadas nos orifícios. Para finalizar, uma camada de fibra de coco foi aplicada na superfície para manter as sementes no escuro. Aos oito dias após a semeadura (DAS), os cubos da espuma foram separados e dispostos em badejas (Figura 3B). Aos 13 DAS, foram levadas ao berçário (Figura 3C) permanecendo por 15 dias (Figura 3D) sob solução nutritiva (SN) recomendada por Furlani et al. (1999) à 50% e, em seguida, transplantadas para o sistema de cultivo do tipo NFT (Figura 3E) com a SN à 100% da recomendação.

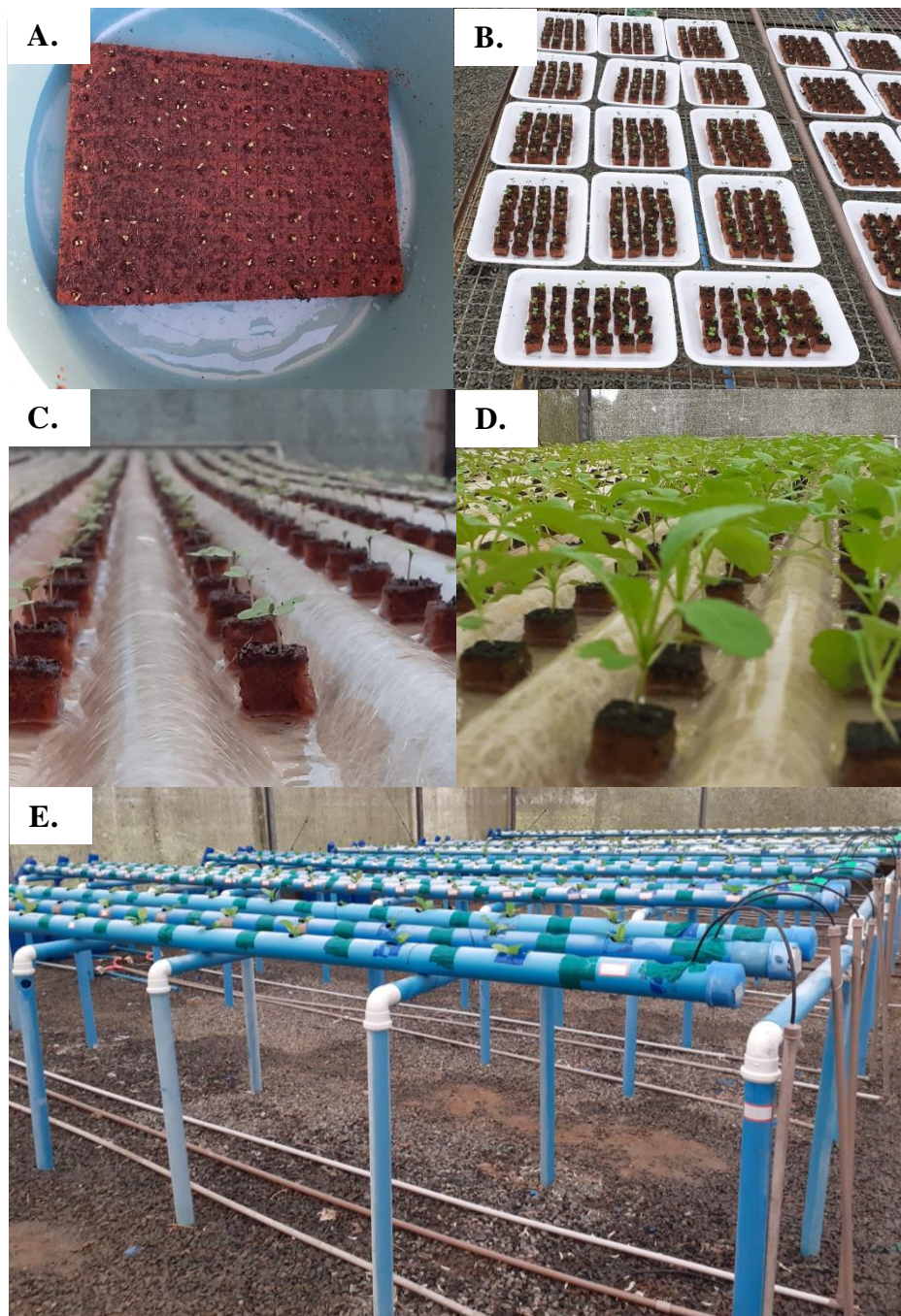


Figura 3. Semeio da mostarda em espuma fenólica (A); distribuição das mudas de mostarda nas bandejas com a separação dos cubos da espuma fenólica aos 8 dias após a semeadura – DAS (B); mudas de mostarda no berçário sob solução nutritiva à 50 % da solução recomendada (C); mudas de mostarda aos 15 DAS sob solução nutritiva a 50 % da recomendação (D); sistema do NFT com mudas de mostarda ‘Lisa da Flórida’ e ‘Crespa’ transplantada (E).

Para o preparo da solução SN utilizada no sistema NFT, inicialmente o NaCl foi pesado conforme a Equação 1 (SILVA et al., 2023). Este procedimento garantiu a precisão necessária na dosagem do sal. Posteriormente, o NaCl foi dissolvido na

água, com exceção do tratamento controle, onde não foi adicionado sal. Esse processo continuou até que a solução atingisse a condutividade elétrica da água (CEa) desejada para cada tratamento específico. Após atingir a CEa desejada, de acordo com a recomendação de Furlani et al. (1999) para hortaliças folhosas, a SN foi preparada contendo os seguinte concentração de nutrientes (mg L^{-1}): 750 g de nitrato de cálcio; 500 g de nitrato de potássio; 150 g de fosfato monoamônico; 400 g de sulfato de magnésio; 25 g de micronutriente (MICROMIX[®] - 0,7% (B), 0,3% (Cu), 7,5% (Fe), 3,4% (Mn), 0,1% (Mo), 4,5% (N), 0,6% (Zn) e 16 g de ferro (GeoQuel Ferro 13 – quelato de ferro 13% EDTA).

Eq. 1

$$Q_{NaCl} = \frac{[58,44 * (EC_w - 0,3)]}{100}$$

Em que:

Q_{NaCl} : quantidade de NaCl a ser adicionado (g L^{-1}) considerando a condutividade da água de abastecimento local ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$);

EC_w : valor da condutividade elétrica da água desejado (dS m^{-1})

58,44: massa molar do NaCl (g mol^{-1})

O volume de água consumido pelas plantas foi repostado, diariamente, de forma manual, sempre no final da tarde e, a cada três dias, retirados alíquotas para a quantificação da CE_{sol} e do pH. Quando o pH reduziu a menos de 6,0, realizou-se a correção utilizando KOH (hidróxido de potássio).

Variáveis analisadas

As análises biométricas ((número de folhas (NF), largura da folha (LF), comprimento da folha (CF), altura da planta (AP)) foram realizadas com 27 dias após o transplântio (DAT). Aos 28 DAT, foi realizada a colheita, no momento da mesma, foi separada a parte aérea da raiz, sendo a primeira parte pesada em balança analítica para obtenção da massa fresca da parte aérea (MFPA). Após serem levadas à estufa a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ por um período de 72 horas, as amostras foram retiradas e pesadas para a determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca da raiz (MSR).

Para a determinação de solutos orgânicos, as folhas foram retiradas no momento da colheita e liofilizadas. Para a determinação dos solutos orgânicos, foram maceradas 0,1 g dos tecidos das folhas liofilizadas, em seguida foram adicionados 5 mL da solução tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 7,0). Após a homogeneização, o extrato foi filtrado em tecido de nylon de malha fina e armazenado em tubos Eppendorfs, na sequência, foi centrifugado a 10000 x g por 15 min. O sobrenadante foi armazenado em outros tubos Eppendorfs e mantidos em freezer (-20 °C) para posterior determinação dos solutos orgânicos.

A determinação dos carboidratos solúveis (CH) foi realizada pela colorimetria a 490 nm, utilizando 0,5 mL do extrato pelo método do fenol-ácido sulfúrico, com a D- (+)-glucose como padrão (DUBOIS et al., 1956). A prolina livre (PL) foi determinada pela colorimetria a 520 nm, utilizando 1,0 mL do extrato, designando a ninhidrina como reagente específico e a prolina pura como padrão (BATES et al., 1973). Os aminoácidos livres (AA) foram determinados por colorimetria a 570 nm, pelo método da ninhidrina com 0,5 mL do extrato, com a L-leucina pura usada como padrão (YEMM & COCKING, 1955). As proteínas solúveis (PS) foram determinadas por colorimetria a 595 nm, com 0,1 mL do extrato pelo método de ligação ao corante, utilizando a albumina de soro bovino pura como padrão (BRADFORD, 1976).

No preparo do extrato para a determinação de solutos inorgânicos, o material seco foi pesado (0,05g) e colocado em tubos de ensaio contendo 5 mL de água deionizada. Posteriormente, os tubos foram mantidos em banho termostático a 100 °C por 1 h. Os teores de Na⁺ e K⁺ foram determinadas por fotômetro de chama (modelo Q498M2, QUIMIS, Diadema, SP, Brasil), como descrito previamente em Silva et al. (2010). A determinação de Cl⁻ foi realizada em espectrofotômetro (modelo 2000 UV, BEL PHOTONICS, Piracicaba, SP, Brasil) de acordo com a metodologia descrita por Silva et al. (2009).

Para a determinação das clorofilas, foram retirados cinco discos das folhas, colocados em tubos, em seguida acrescentados 10 mL de álcool 80%, permanecendo em agitação por 24 h. Após as 24 h foram determinadas mediante a metodologia descrita por Arnon (1949), usando espectrofotômetro de fluorescência, com leitura direta a 649 e 665 nm. Após a obtenção dos dados das leituras, foram determinados os teores de clorofilas com base nas fórmulas. Para a clorofila *a* ($C_a =$

$12,19 * A_{665} - 3,45 * A_{649}$), para clorofila *b* ($C_b = 21,99 * A_{649} - 5,32 - A_{665}$) e clorofila total ($C_{total} = C_a + C_b$).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2019). As duas cultivares foram analisadas de forma distinta, ou seja, não são consideradas como fonte de variação.

RESULTADOS

Observa-se na Figura 4 o desenvolvimento das duas cultivares de mostarda ‘Lisa da Flórida’ (Figura 4A) e ‘Crespa’ (Figura 4B) submetidas à CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ com a estratégia de reposição de água salobra em uso exclusivo (UEX) de CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$. Nesta, é possível observar a morfologia das folhas, visto que as mesmas possuem características de formato foliar distintos. Ambas mantiveram suas características mesmo que submetidas à níveis mais elevados de sais.



Figura 4. Cultivares de mostarda “Lisa da Flórida” (A) e ‘Crespa’ (B) com 22 dias após o transplante, submetidas à salinidade de CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ com reposição da água evapotranspirada de CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ em sistema hidropônico.

Os tratamentos influenciaram as variáveis de crescimento, produção, solutos orgânicos e inorgânicos da mostarda ‘Lisa da Flórida’. Dentre as variáveis de crescimento, observaram-se mudanças no número de folhas (NF), na altura da planta

(AP), largura da folha (LF) e comprimento da folha (CF). Na produção, as variáveis influenciadas foram a massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR). Em relação aos solutos orgânicos, os aminoácidos livres (AA) e prolina livre (PL) também foram impactados. Quando relacionada às concentrações de solutos inorgânicos, houve interferência nos teores de sódio (Na^+) e na relação N^+/K^+ (Tabela 1). Especificamente, o efeito isolado da condutividade elétrica da água (CEa) foi verificado na AP, nos AA, na PL, no Na^+ e na relação Na^+/K^+ . As estratégias de uso da água salobra, quando analisadas isoladamente, tiveram interferência no NF, AP, LF e PL. A interação entre a CEa e as estratégias de uso da água salobra resultou em efeitos significativos no CF, LF, MSPA, MSR e PL.

Tabela 1. Quadrado médio da análise de variância para o número de folhas (NF), altura da planta (AP), largura da folha (LF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), carboidratos solúveis (CH), aminoácidos livres (AA), proteínas solúveis (PS), prolina livre (PL), clorofila a (Cl *a*), clorofila b (Cl *b*), clorofila total (Cl total), sódio (Na⁺), potássio (K⁺) e cloreto (Cl⁻), da mostarda ‘Lisa da Flórida’ produzida em sistema hidropônico sob condições salinas e submetidas a estratégias de utilização de água salobra (uso exclusivo da água salobra e uso de água salobra apenas no preparo da solução nutritiva).

Quadrado médio										
FV	GL	NF	AP	CF	LF	MFPA	MSPA	MSR	CH	AA
CEa	2	0,962 ^{ns}	20,707 ^{**}	2,344 ^{ns}	2,958 ^{ns}	1004,653 ^{ns}	6,289 ^{ns}	0,0184 ^{ns}	73575,944 ^{ns}	3583,949 ^{**}
Rep	1	0,301 [*]	20,458 [*]	7,424 ^{ns}	36,380 ^{**}	2085,288 ^{ns}	0,768 ^{ns}	0,070 ^{ns}	50970,923 ^{ns}	4,982 ^{ns}
CEa×Rep	2	1,801 ^{ns}	4,971 ^{ns}	15,233 [*]	9,719 [*]	373,155 ^{ns}	17,769 ^{**}	0,359 ^{**}	39010,498 ^{ns}	378,619 ^{ns}
Erro	12	0,645	2,338	2,865	1,515	518,169	1,617	0,042	27582,761	108,239
CV (%)		10,25	3,51	4,21	5,85	11,38	10,38	11,13	16,00	10,90
FV	GL	PS	PL	Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Cl total	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	Na ⁺ /K ⁺
CEa	2	28,800 ^{ns}	0,988 ^{**}	2,316 ^{ns}	1,755 ^{ns}	7,684 ^{ns}	0,500 ^{**}	0,512 ^{**}	0,412 [*]	0,550 ^{**}
Rep	1	29,645 ^{ns}	0,220 ^{**}	0,024 ^{ns}	0,261 ^{ns}	0,336 ^{ns}	0,210 ^{ns}	0,402 ^{ns}	0,202 ^{ns}	0,212 ^{ns}
CEa×Rep	2	3,603 ^{ns}	0,568 ^{**}	1,858 ^{ns}	0,931 ^{ns}	4,304 ^{ns}	0,420 ^{ns}	0,301 ^{ns}	0,513 [*]	0,300 ^{ns}
Erro	12	8,395	0,166	4,016	2,264	11,903	3	2	3	4
CV (%)		15,46	10,68	12,42	15,62	13,38	13,18	6,62	12,02	14,82

CV – coeficiente de variação; GL – grau de liberdade; FV – fonte de variação; CEa – condutividade elétrica da água; Repo – estratégia de reposição.

** , * , ns – significativo a $p \leq 0,01$, a $p \leq 0,05$ e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Para a mostarda ‘Crespa’, foram observados efeitos significativos em diversas variáveis. As variáveis de crescimento afetadas incluíram o número de folhas (NF) e o comprimento da folha (CF). Na produção, houve impacto na massa fresca da parte aérea (MFPA) e na massa seca da parte aérea (MSPA). Em termos de solutos orgânicos, os carboidratos solúveis (CH), aminoácidos livres (AA), proteínas solúveis (PS) e prolina livre (PL) foram afetados. Em relação aos teores de solutos inorgânicos, foi observado interferência nas concentrações de sódio (Na^+), potássio (K^+) e na relação Na^+/K^+ . Também foram observados efeitos nos pigmentos fotossintéticos, incluindo clorofila a (Cl *a*), clorofila b (Cl *b*) e clorofila a + b (Cl total) (Tabela 2).

Quando avaliada de forma isolada, a CEa mostrou efeitos significativos no NF, MFPA, MSPA, PS, PL, Cl total, Na^+ , K^+ e Na^+/K^+ . As estratégias de uso da água salobra, quando consideradas separadamente, influenciaram o CF, CH, AA, PL, Cl *a*, Cl *b*, Cl total, Na^+ e Na^+/K^+ . Na interação entre a CEa e as estratégias, observou-se impacto no CF, MFPA, AA e Cl *a*, Cl *b* e Cl total.

Tabela 2. Quadrado médio da análise de variância para o número de folhas (NF), altura da planta (AP), largura da folha (LF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), carboidratos solúveis (CH), aminoácidos livres (AA), proteínas solúveis (PS), prolina livre (PL), clorofila a (Cl_a), clorofila b (Cl_b), clorofila total (Cl total), sódio (Na⁺), potássio (K⁺), cloreto (Cl⁻) e N⁺/K⁺, da mostarda ‘Crespa’ produzida em sistema hidropônico sob condições salinas e submetidas a estratégias de utilização de água salobra (uso exclusivo da água salobra e uso de água salobra apenas no preparo da solução nutritiva).

Quadrado médio										
FV	GL	NF	AP	CF	LF	MFPA	MSPA	MSR	CH	AA
CEa	2	2,352*	1,837 ^{ns}	2,048 ^{ns}	0,944 ^{ns}	1773,984**	12,337*	0,045 ^{ns}	41642,470 ^{ns}	222,791 ^{ns}
Rep	1	0,151 ^{ns}	7,245 ^{ns}	5,467*	2,325 ^{ns}	0,006 ^{ns}	1,680 ^{ns}	0,080 ^{ns}	304977,896**	855,462**
CEa×Rep	2	0,555 ^{ns}	4,465 ^{ns}	6,723*	0,071 ^{ns}	1320,135**	1,615 ^{ns}	0,035 ^{ns}	40009,036 ^{ns}	989,399**
Erro	12	0,524	2,278	1,042	0,563	107,905	1,871	0,072	20656,039	72,197
CV (%)		9,66	3,82	2,83	4,88	10,28	16,99	17,05	17,88	13,81
FV	GL	PS	PL	Cl _a	Cl _b	Cl total	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	Na ⁺ /K ⁺
CEa	2	8,883*	0,450*	4,076 ^{ns}	5,636 ^{ns}	22,602*	0,412**	0,550**	0,441 ^{ns}	0,311 ^{ns}
Rep	1	1,051 ^{ns}	0,551*	24,945*	19,282**	79,926**	0,500**	0,424*	0,215 ^{ns}	0,534**
CEa×Rep	2	4,791 ^{ns}	0,140 ^{ns}	80,488**	20,514**	167,286**	0,215 ^{ns}	0,310 ^{ns}	0,521**	0,425*
Erro	12	1,881	0,067	4,016	1,497	5,67	1	2	3	2
CV (%)		13,82	30,81	13,38	11,69	9,40	23,21	12,8	11,46	21,22

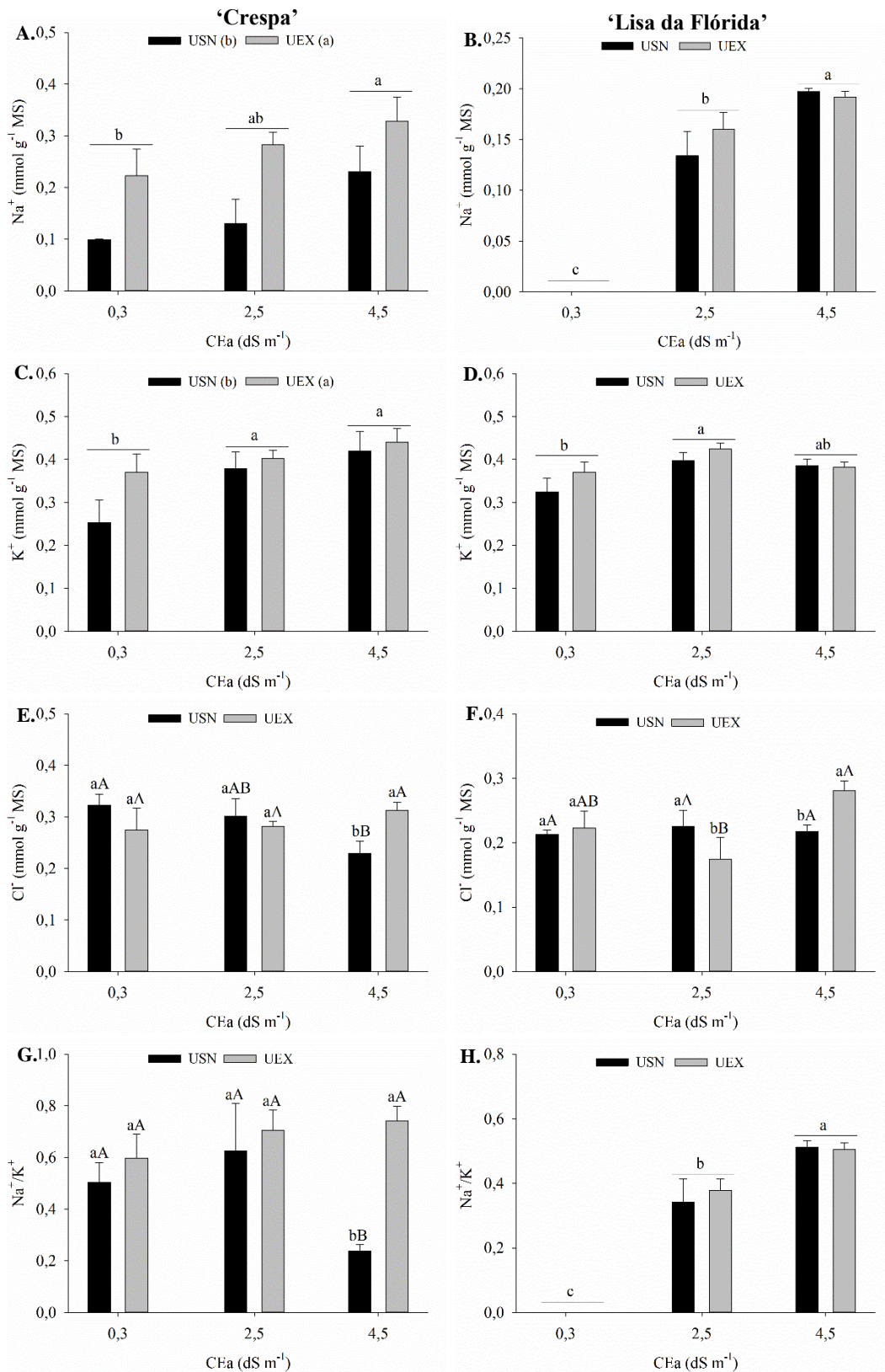
CV – coeficiente de variação; GL – grau de liberdade; FV – fonte de variação; CEa – condutividade elétrica da água; Repo – estratégia de reposição.

**, *, ns – significativo a $p \leq 0,01$, a $p \leq 0,05$ e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Solutos inorgânicos

Os teores de Na^+ (Figura 5A) e K^+ (Figura 5C) aumentaram com o incremento de sais na mostarda ‘Crespa’ independente das estratégias de uso da água salobra. Ao nível de CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, os teores de Na^+ e K^+ aumentaram aproximadamente 73,7 e 37,9% comparados ao controle (CEa $0,3 \text{ dS m}^{-1}$). Assim como a CEa, a estratégia de uso da água salobra também interferiu nos teores desses solutos, a ‘Crespa’ submetida ao cultivo com o uso da água salobra de forma exclusiva (UEX) aumentou os teores de Na^+ (80,6%) e K^+ (15,3%) em relação ao uso da água salobra apenas para o preparo da solução nutritiva (USN). As estratégias não interferiram nas CEa $0,3$ e $2,5 \text{ dS m}^{-1}$. Contudo, na CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, o UEX aumentou os teores de Cl^- (Figura 7E) e a relação Na^+/K^+ (Figura 5G) da mostarda ‘Crespa’, esse aumento foi de 36,48 e 210,6%, respectivamente, com relação ao USN. Entretanto, quando a mesma cultivar foi submetida as estratégias USN, a CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ reduziu os teores de Cl^- (29%) (e a relação Na^+/K^+ 52,6%), comparada ao controle.

Assim como na mostarda ‘Crespa’, o incremento de sais aumentou os teores de Na^+ (Figura 5B) e a relação Na^+/K^+ (Figura 5H) da mostarda ‘Lisa da Flórida’. Na maior salinidade do estudo (CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$) houve aumento de 100% no teor de Na^+ e na relação de Na^+/K^+ independente da estratégia de uso da água salobra. Dessa mesma forma, a CEa aumentou (18%) os teores de K^+ (Figura 5D) no nível de CEa intermediário ($2,5 \text{ dS m}^{-1}$) com relação ao controle (CEa $0,3 \text{ dS m}^{-1}$). As estratégias interferiram nos teores de Cl^- da cultivar ‘Lisa da Flórida’. Embora não tenha interferência na CEa $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, quando submetida ao UEX na CEa $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ o teor de Cl^- (Figura 5F) reduziu 22,8%, enquanto na CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ aumentou 29% com relação ao USN. Semelhante ao que ocorreu quando a cultivar foi submetida a mesma estratégia, reduzindo 21,86% na CEa $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ comparada ao controle ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$).



Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem para condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e letras minúsculas (para variáveis que tiveram interação) e letras minúsculas para variáveis que tiveram efeitos isolados para estratégias de reposição pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras são média \pm erro padrão.

Figura 5. Teores de sódio – Na⁺ (A e B), potássio – K⁺ (C e D), cloreto – Cl⁻ (E e F) e N⁺/K⁺ (G e H)) em folhas de mostarda (*Brassica juncea*) ‘Crespa’ e ‘Lisa da Flórida’ cultivada sob diferentes estratégias de uso da água salobra (uso da água salobra apenas na solução nutritiva – USN e uso exclusivo da água salobra – UEX) e condutividade elétrica da água de irrigação (CEa).

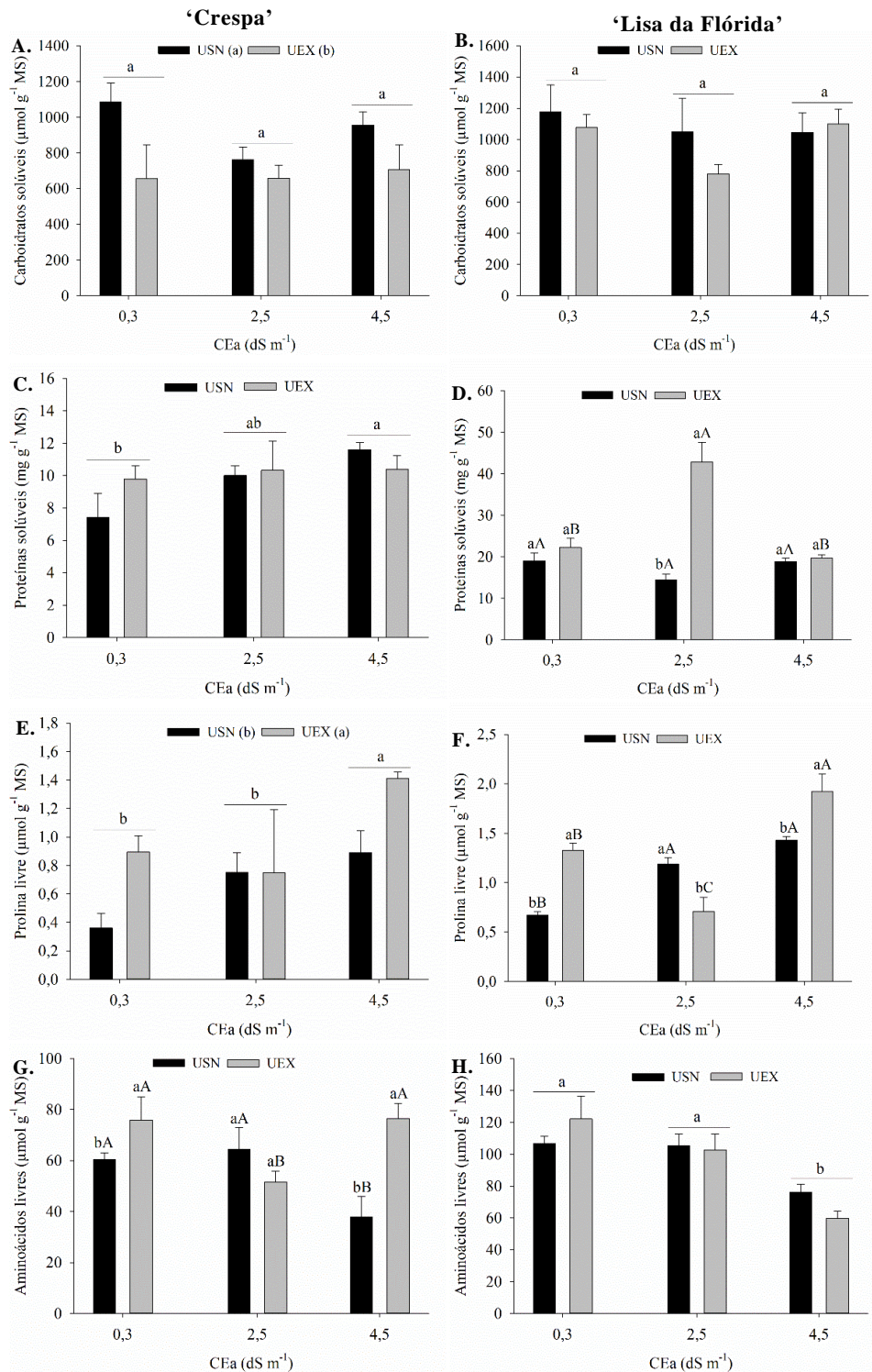
Solutos orgânicos

O incremento de sais provocado pela CEa não interferiu nos teores de carboidratos solúveis da cultivar ‘Crespa’. Entretanto, a estratégia de uso da água salobra de forma exclusiva (UEX) reduziu (27,87%) os teores de carboidratos (Figura 6A) da cultivar em relação ao uso da água salobra apenas para o preparo da solução nutritiva (USN). Para a mesma cultivar, ao elevar o nível da CEa de 0,3 para 4,5 dS m⁻¹, a salinidade aumentou (27,9 e 83,5%, respectivamente) os teores de proteínas solúveis (Figura 6C) e prolina livre (Figura 6E).

A CEa e as estratégias de uso da água salobra afetaram os teores de aminoácidos livres (Figura 6G). Quando a cultivar ‘Crespa’ foi submetida ao USN, mesmo com a reposição da água consumida pela planta ter sido feita com água de baixa salinidade (0,3 dS m⁻¹), houve um aumento de 6,4% dos aminoácidos na CEa 2,5 dS m⁻¹ com relação ao controle, contudo, ao aumentar a CEa para 4,5 dS m⁻¹ na mesma estratégia houve uma redução (41%) dos teores dos aminoácidos livres comparado ao nível intermediário (2,5 dS m⁻¹). As estratégias de uso da água salobra não influenciaram os teores de aminoácidos livres na CEa 0,3 dS m⁻¹; entretanto, na CEa intermediária (2,5 dS m⁻¹) houve redução (19,7%) dos aminoácidos de quando submetidas ao UEX com relação ao USN. Contrário a isso, quando submetida ao nível moderado de salinidade (4,5 dS m⁻¹), a cultivar aumentou aproximadamente 101,9%.

Assim como na cultivar ‘Crespa’, a salinidade não interferiu nos teores de carboidratos solúveis (Figura 6B) na cultivar ‘Lisa da Flórida. Nessa cultivar, a CEa e as estratégias de uso da água salobra causaram efeito nos teores de proteínas solúveis (Figura 6D) e prolina livre (Figura 8F). Os teores de proteínas solúveis aumentaram 39,1% no nível de CEa intermediário (2,5 dS m⁻¹) com relação ao controle (0,3 dS m⁻¹) na estratégia de UEX, não havendo interferência da CEa no USN. Quando cultivada sob os níveis de CEa 0,3 e 4,5 dS m⁻¹, as estratégias não interferiram nos teores de proteínas. Contudo, no nível intermediário (2,5 dS m⁻¹)

houve um aumento de 92,8% na estratégia de UEX com relação ao USN. A cultivar ‘Lisa da Flórida’ quando submetida a CEa 0,3 dS m⁻¹ aumentou os teores de prolina livre no UEX, semelhante ao cultivo na CEa 4,5 dS m⁻¹, ambas como o aumento de 98 e 34,3%, respectivamente. No nível intermediário (2,5 dS m⁻¹) e na mesma estratégia, houve uma redução de 40,6% nos teores desse osmólito compatível com relação ao USN. Ao ser submetida ao USN, a cultivar ‘Lisa da Flórida’ teve acréscimo nos teores de prolina livre nos níveis de CEa 2,5 e 4,5 dS m⁻¹ de 77,6 e 113,4%, respectivamente, com relação ao controle (CEa 0,3 dS m⁻¹). Quando submetida ao UEX, o maior teor de prolina (44,7 %) foi no nível moderado de salinidade (4,5 dS m⁻¹) e o menor teor (46,7%) no nível intermediário (2,5 dS m⁻¹), obtendo os percentuais comparados ao controle (0,3 dS m⁻¹). Os teores de aminoácidos livres (Figura 8H) reduziram com o incremento de sais, com redução de 40,7% na CEa 4,5 dS m⁻¹, em relação ao controle.



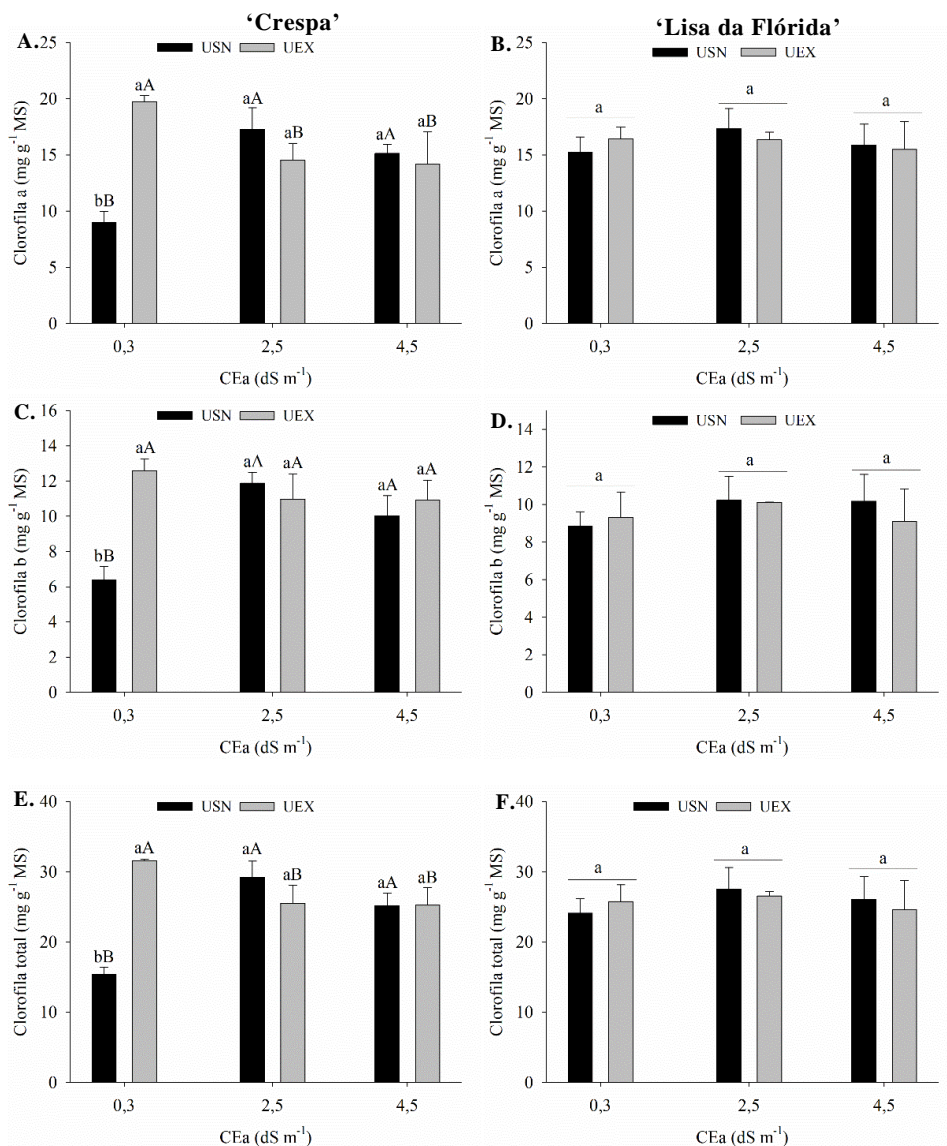
Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem para condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e letras minúsculas (para variáveis que tiveram interação) e letras minúsculas para variáveis que tiveram efeitos isolados para estratégias de reposição pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras são média \pm erro padrão.

Figura 6. Carboidratos solúveis (A e B), proteínas solúveis (C e D), prolina livre (E e F) e aminoácidos livres (G e H) em folhas de mostarda (*Brassica juncea*) ‘Crespa’

e ‘Lisa da Flórida’ cultivada sob diferentes estratégias de uso da água salobra (uso da água salobra apenas na solução nutritiva – USN e uso exclusivo da água salobra – UEX) e condutividade elétrica da água de irrigação (CEa).

Clorofila

A CEa e as estratégias de uso da água salobra influenciaram os teores de clorofila *a* (Figura 7A), clorofila *b* (Figura 7C) e clorofila total (Figura 7E) da cultivar ‘Crespa’. Com o uso da água salobra apenas para o preparo da solução nutritiva (USN) os teores de clorofila *a* e *b* e total foram maiores nos níveis mais elevados de CEa (CEa 2,5 e 4,5 dS m⁻¹) comparados ao controle (CEa 0,3 dS m⁻¹). O aumento do teor de clorofila *a* foi de 92,5 e 68,5%, clorofila *b* de 86 e 57,1% e clorofila total 89,9 e 63,8%, respectivamente. Nesses mesmos níveis (2,5 e 4,5 dS m⁻¹) quando submetida ao uso da água salobra de forma exclusiva (UEX), as clorofilas *a* e total diminuíram os teores com relação ao controle. A redução do teor de clorofila *a* foi de 26,3 e 28% e clorofila total 19,2 e 20%, a clorofila *b* não teve interferência desta estratégia. A cultivar ‘Crespa’ submetida a CEa 0,3 dS m⁻¹ aumentou os teores de clorofila *a*, clorofila *b* e total na estratégia de UEX, obtendo um aumento de 119,7, 97,3 e 105,5%, respectivamente, com relação ao USN. A CEa e as estratégias de uso da água salobra não interferiram nos teores de clorofilas na cultivar ‘Lisa da Flórida’.



Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem para condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e letras minúsculas (para variáveis que tiveram interação) e letras minúsculas para variáveis que tiveram efeitos isolados para estratégias de reposição pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras são média \pm erro padrão.

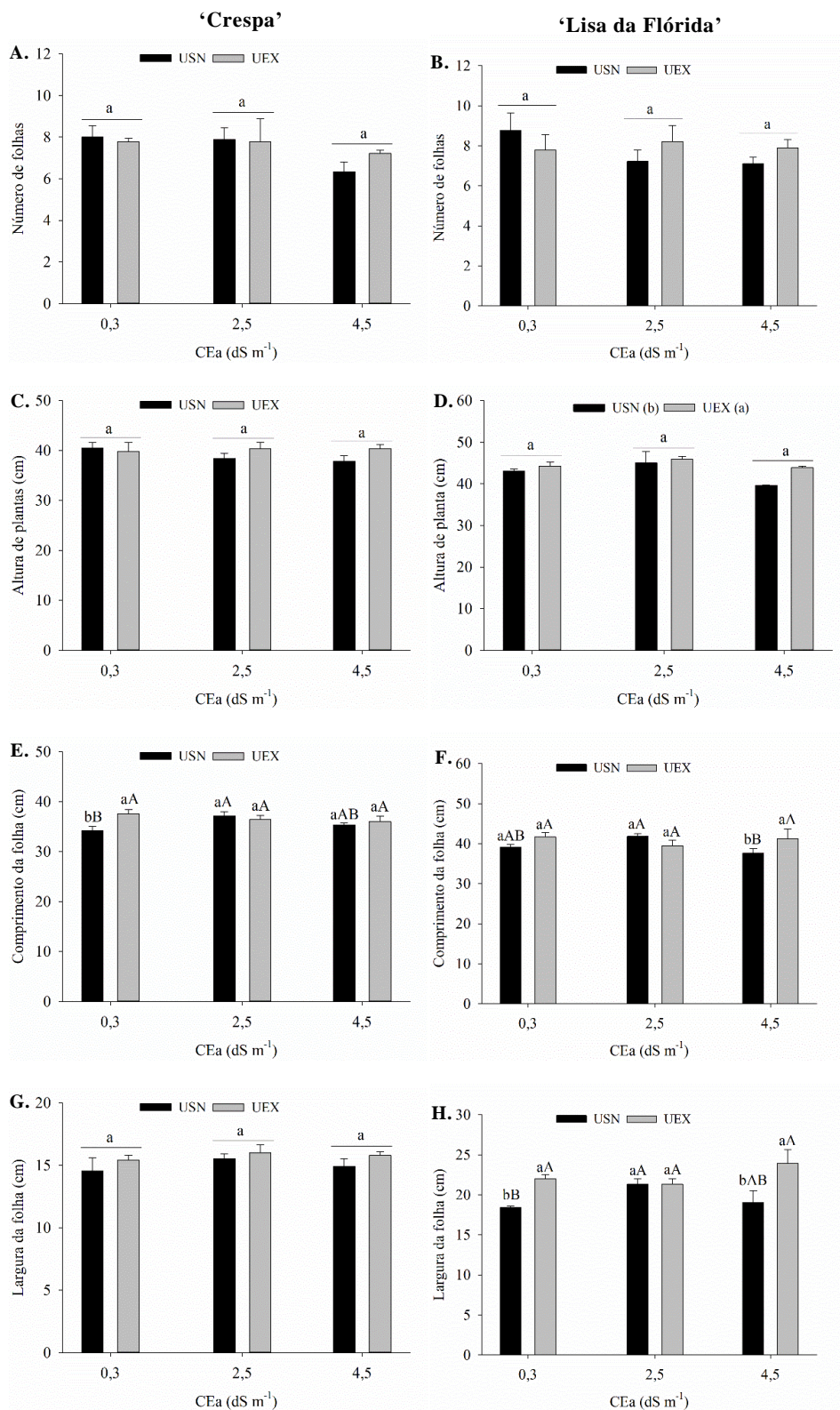
Figura 7. Teores de clorofila a (A e B), clorofila b (C e D), clorofila total (E e F) em folhas de mostarda (*Brassica juncea*) ‘Crespa’ e ‘Lisa da Flórida’ cultivada sob diferentes estratégias de uso da água salobra (uso da água salobra apenas na solução nutritiva – USN e uso exclusivo da água salobra – UEX) e condutividade elétrica da água de irrigação (CEa).

Crescimento

Com o incremento de saís, o número de folhas da mostarda ‘Crespa’ diminuiu independente das estratégias de uso da água salobra (Figura 8A). A cultivar

submetida a CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ reduziu 14% o número de folhas em relação ao controle (CEa $0,3 \text{ dS m}^{-1}$). Quando a cultivar foi exposta a estratégia de uso da água salobra apenas para o preparo da solução nutritiva (USN), o comprimento da folha (Figura 8E) aumentou no nível intermediário da CEa ($2,5 \text{ dS m}^{-1}$), esse aumento foi de 9%, comparado ao controle. Os níveis de CEa não interferiram no uso exclusivo da água salobra (UEX). Na CEa $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ quando cultivada com o UEX, as folhas da mostarda ‘Crespa’ aumentaram o comprimento (10%) em relação ao USN, não havendo interferência nos demais níveis de CEa ($2,5$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$).

O incremento de sais e as estratégias de uso da água salobra não afetaram o número de folhas da mostarda ‘Lisa da Flórida’. Contudo, com o UEX a altura da planta (Figura 8D) aumentou aproximadamente 5 % comparada ao USN. Cultivada ao nível de CEa $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ sob o USN a cultivar ‘Lisa da Flórida’ aumentou o comprimento (Figura 8F) e a largura da folha (Figura 8H). Esse aumento foi de aproximadamente 7 e 16%, respectivamente, comparadas ao controle ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), para as mesmas variáveis os níveis de salinidade não influenciaram no UEX. O comprimento da folha aumentou (9,6%) no nível de CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ com o UEX enquanto para a mesma estratégia a largura da folha aumentou no nível mais baixo de salinidade (CEa $0,3 \text{ dS m}^{-1}$) e no nível mais elevado (CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$) 16 e 25,8%, respectivamente, comparada ao USN.



Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem para condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e letras minúsculas (para variáveis que tiveram interação) e letras minúsculas para variáveis que tiveram efeitos isolados para estratégias de reposição pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras são média \pm erro padrão.

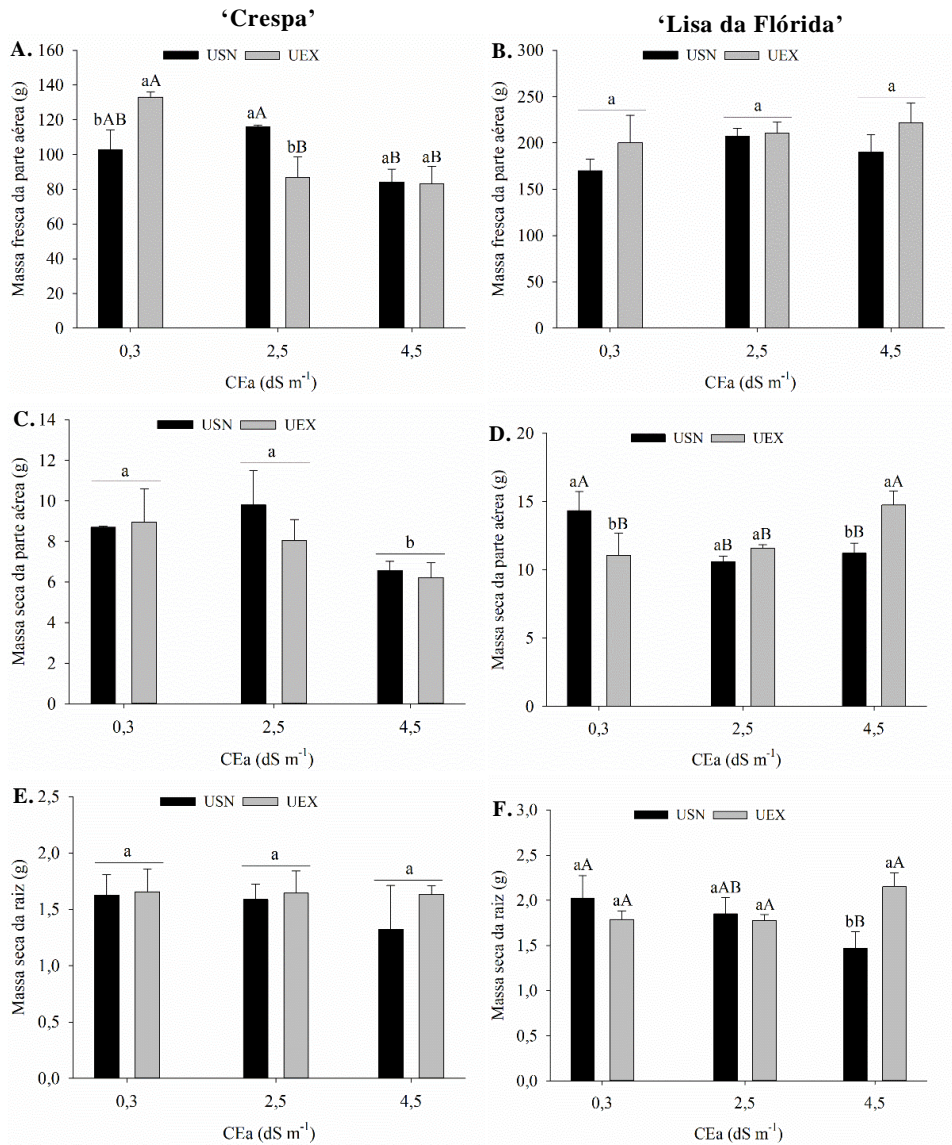
Figura 8. Número de folhas (A e B), altura da planta (C e D), comprimento da folha (E e F) e largura da folha (G e H) de mostarda (*Brassica juncea*) ‘Crespa’ e ‘Lisa da Flórida’ cultivada sob diferentes estratégias de uso da água salobra (uso da água salobra apenas na solução nutritiva – USN e uso exclusivo da água salobra – UEX) e condutividade elétrica da água de irrigação (CEa).

Produção

A massa fresca da parte aérea da cultivar ‘Crespa’ aumentou (Figura 9A) no nível intermediário de salinidade (CEa 2,5 dS m⁻¹) na estratégia de uso da água salobra apenas para o preparo da solução nutritiva (USN). Entretanto, na mesma estratégia houve um decréscimo da massa ao aumentar a salinidade para CEa 4,5 dS m⁻¹. Com relação ao controle (CEa 0,3 dS m⁻¹), o aumento da massa fresca da parte aérea foi de 12,8% e a redução foi de 27,5% com relação ao nível intermediário. Quando a mostarda ‘Crespa’ foi cultivada sob o uso exclusivo da água salobra (UEX), à medida que a CEa aumentou houve redução na massa fresca da parte aérea comparada ao controle, com a CEa 2,5 dS m⁻¹ a redução foi de 34,6%, enquanto com a CEa 4,5 dS m⁻¹ foi de 37,5%. As estratégias de uso da água salobra também interferiram na massa fresca da parte aérea, o UEX aumentou (29,26%) cultivada na CEa 0,3 dS m⁻¹ e reduziu (25,1%) na CEa 2,5 dS m⁻¹ com relação ao USN. A massa seca da parte aérea (Figura 9C) também foi influenciada pela salinidade independente da estratégia de uso da água salobra, no nível mais alto de CEa (4,5 dS m⁻¹) a massa reduziu 27,6% com relação ao controle. A salinidade e as estratégias não interferiram na massa seca da raiz da cultivar ‘Crespa’.

Enquanto a CEa e as estratégias de uso da água salobra interferiram na massa fresca da parte aérea da cultivar ‘Crespa’, as mesmas não interferiram na cultivar ‘Lisa da Flórida’. Contudo, a massa seca da parte aérea (Figura 9D) desta cultivar quando submetida ao USN reduziu no nível intermediário (2,5 dS m⁻¹) e no maior nível (4,5 dS m⁻¹), a redução foi de 26,07 e 21,7%, respectivamente. O mesmo foi observado na massa seca da raiz (Figura 9F) no nível 4,5 dS m⁻¹ sob a mesma estratégia com uma redução de 27,5%. Sob a estratégia de UEX houve aumento de 33,5% da massa seca da parte aérea no maior nível, nesses casos sempre comparados ao controle (CEa 0,3 dS m⁻¹). A mostarda ‘Lisa da Flórida’ cultivada na CEa 0,3 dS m⁻¹ sob UEX diminuiu a massa seca da parte aérea 22,8%, enquanto na CEa 4,5 dS m⁻¹ sob a mesma estratégia aumentou 31,5%, não havendo influência das estratégias

no nível intermediário, nesse caso sempre comparadas com o USN. Também foi observado o aumento de 46,6% na massa seca da raiz no nível de CEa 4,5 dS m⁻¹ no UEX.



Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem para condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e letras minúsculas (para variáveis que tiveram interação) e letras minúsculas para variáveis que tiveram efeitos isolados para estratégias de reposição pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras são média \pm erro padrão.

Figura 9. Massa fresca da parte aérea (A e B), massa seca da parte aérea (C e D) e massa seca da raiz (E e F) de mostarda (*Brassica juncea*) ‘Crespa’ e ‘Lisa da Flórida’ cultivada sob diferentes estratégias de uso da água salobra (uso da água salobra apenas na solução nutritiva – USN e uso exclusivo da água salobra – UEX) e condutividade elétrica da água de irrigação (CEa).

DISCUSSÃO

A estratégias de uso da água salobra para o cultivo agrícola é importante por buscar formas de aproveitamento das águas de baixa qualidade. Além disso, é extremamente importante para o sucesso da produção, utilizar culturas que aclimatem bem quando submetidas a situações de estresse salino. Neste trabalho, foi possível observar os efeitos da salinidade de duas cultivares de mostarda ‘Crespa’ e ‘Lisa da Flórida’, assim como os mecanismos de defesa das cultivares sob estresse salino hídrico aplicando duas estratégias de uso da água salobra.

Em condições de salinidade, as plantas frequentemente acumulam íons de Na^+ e Cl^- em seus tecidos. Este acúmulo pode causar estresse osmótico e tóxico, afetando negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas (BAI et al., 2019; ARIF et al., 2020). Devido as altas concentrações desses íons, podem ser observados um decréscimo no teor de K^+ (COVA et al., 2016; CHRYSARGYRIS et al., 2019).

No presente estudo, os teores de Na^+ aumentaram na mostarda ‘Crespa’ e ‘Lisa da Flórida’ com o incremento de sais independente da estratégia de uso da água salobra, assim como os teores de K^+ . Quando submetida a estratégia de uso exclusivo da água salobra (UEX), esses teores também aumentaram. Esse comportamento sugere que a planta mantém altos níveis de K^+ no citosol mesmo com o aumento do Na^+ , assim, desempenhando um papel importante na tolerância a salinidade (do Ó et al., 2021). Essa observação pode indicar que as cultivares estão utilizando o K^+ como um mecanismo de defesa e aclimação contra o estresse salino (ZHU, 2003). O aumento das concentrações de K^+ podem estar associadas também a diminuição dos teores de Cl^- , visto que, é possível observar que nos níveis de CEa que o K^+ acumula em maiores quantidades, ocorre a diminuição dos teores de Cl^- (Figura 5).

A relação Na^+/K^+ está relacionada a tolerância da cultura à salinidade, além de ser utilizado como índice para toxicidade do Na^+ , em que valores iguais ou menores que 1,0 são considerados como ótimos para a eficiência metabólica em plantas não-halófitas (GREENWAY & MUNNS, 1980). A mostarda ‘Crespa’ sob a estratégia de USN, mesmo com aumento da salinidade diminuiu a relação Na^+/K^+ , assim como quando comparada com a estratégia UEX na maior CEa (4,5 dS m^{-1}). Já a mostarda ‘Lisa da Flórida’ aumentou a relação Na^+/K^+ com o aumento da CEa, independente das estratégias de uso da água salobra. Do Ó et al. (2021) reportaram em folhas de minimelancias a integridade do metabolismo em alta salinidade (6,5 dS m^{-1}), contudo a relação Na^+/K^+ foi considerada pela redução dos teores de K^+ , de maneira

oposta as duas cultivares da mostarda, podendo ser observado que houve o aumento do K^+ (Figura 5).

Em resposta à alta concentração de íons tóxicos, na busca de proteger as membranas e as funções celulares, as plantas podem acumular solutos orgânicos, para promover o equilíbrio osmótico entre o citoplasma e o vacúolo (SLAMA et al., 2015; COVA et al., 2020). De acordo com Parida & Das, (2005) a prolina é um indicador muito importante para o mecanismo de tolerância a salinidade, por facilitar a osmoregulação. O aumento das concentrações de prolina são consideradas como aclimatação comum ao estresse salino, pois este aminoácido atua como um osmólito compatível, ajudando a planta a manter o equilíbrio osmótico e protegendo estruturas celulares (AZEVEDO NETO et al., 2015).

Os teores de prolina aumentaram nas duas cultivares de mostarda, entretanto, na mostarda ‘Crespa’ o aumento dos teores do soluto foi independente das estratégias. Contudo a mesma cultivar necessitou de maior energia para manter a produção vegetal quando submetida ao estresse salino. Foi possível observar que houve aumento nos teores de proteínas com o incremento de sais independente das estratégias de uso da água salobra, assim como os teores de prolina livre. Os teores de aminoácidos livres foram maiores no UEX na menor salinidade (CEa 0,3 dS m^{-1}) e na maior salinidade (CEa 4,5 dS m^{-1}), contrário ao que ocorreu no USN (Figura 6).

Enquanto na cultivar ‘Lisa da Flórida’ os teores de prolina livre com o UEX na menor salinidade (CEa 0,3 dS m^{-1}) e na maior salinidade (CEa 4,5 dS m^{-1}) foram maiores, contudo, na CEa 2,5 dS m^{-1} os teores do mesmo soluto foram menores. Podendo ser explicado pela redução dos teores de aminoácidos e pelo aumento dos teores de proteínas solúveis, visto que, as proteínas possuem menor peso molecular exigindo menor gasto de energia para que a planta acumule a mesma (Figura 6). De acordo com Cova et al. (2016; 2020) de forma frequente, os solutos orgânicos de baixo peso molecular são acumulados em plantas sob estresse salino mais severo. Do Ó et al. (2021) observou o mesmo efeito em minimelancia cv. Sugar Baby cultivada em sistema do tipo *floating*.

O aumento da produção de clorofilas melhora a captação e conseqüentemente o aumento na taxa fotossintética, resultando em maior produção de ATP e NADPH, que são utilizadas para a fixação de carbono e na síntese de açúcares (PARIDA & DAS, 2005). Os teores de clorofila não foram interferidos pelo incremento de sais e

pelas estratégias de uso da água salobras na cultivar ‘Lisa da Flórida’, assim como na massa fresca da parte aérea (Figura 7). Entretanto, na cultivar ‘Crespa’, os teores de clorofila diminuíram com o UEX e aumentaram com USN a medida em que aumentaram a CEa (Figura 7). A diminuição dos teores de clorofila sob estresse salino, pode estar associado ao redirecionamento das suas energias para a produção de outros mecanismos de tolerância, como a síntese de solutos compatíveis (CHAVES et al., 2009). Tal como essa redução pode estar associada a degradação acelerada da clorofila devido ao aumento de espécies reativas de oxigênio (EROs) (ASHRAF & HARRIS, 2013).

A mostarda ‘Crespa’ reduziu a massa fresca da parte aérea ao ser submetida ao UEX no nível de CEa 2,5 dS m⁻¹ (Figura 9). Segundo Paulus et al. (2010) a absorção e o transporte de íons em excesso podem ultrapassar o nível necessário para o ajustamento osmótico, levando a um desbalanceamento osmótico. Este excesso de íons causa uma redução na quantidade de água disponível nas células da parte aérea, resultando em menor turgidez celular e, conseqüentemente, em uma redução da massa fresca da planta. Como também, pode estar associada a redução dos teores de clorofila, uma vez que, a menor quantidade de clorofila reduz a capacidade da planta de captar luz e realizar fotossíntese conseqüentemente, reduzindo a produção vegetal da cultivar (PARIDA & DAS, 2005). Alves et al. (2011) observaram que o uso da água salobra no preparo da solução nutritiva e água de baixa salinidade para a reposição e a uso exclusivo da água salobra diminuíram a massa fresca da parte aérea da alface.

A massa seca da parte aérea da cultivar ‘Lisa da Flórida’ diminuiu quando submetida ao UEX na CEa 0,3 dS m⁻¹, enquanto aumentou na CEa 4,5 dS m⁻¹ exposta à mesma estratégia. Especificamente, o UEX em baixa salinidade (CEa 0,3 dS m⁻¹) pode ter imposto um estresse osmótico adicional ou limitado a disponibilidade de nutrientes, dessa forma reduzindo a eficiência da planta em converter energia em biomassa seca (MUNNS & TESTER, 2008). Quando submetida a salinidade moderada (CEa 4,5 dS m⁻¹) sob a mesma estratégia, o aumento pode estar relacionado a aclimação da planta ao estresse salino. À medida que a salinidade aumenta, as plantas podem ativar mecanismos de aclimação, sustentando a biomassa em condição de estresse severo (FLOWER & COLMER, 2008).

Na hidroponia é comum raízes mais extensas ou mais volumosas promovendo maior absorção de água e nutrientes, principalmente quando submetidas a condições

de estresse. Este mecanismo explica o aumento observado na massa seca das raízes da mostarda ‘Lisa da Flórida’ quando submetida a uma CEa de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ com UEX. Em tais condições, as raízes conseguem se aclimatar melhor ao ambiente salino, favorecendo a acumulação de biomassa e contribuindo para a resiliência da planta frente ao estresse hídrico e salino (Figura 9).

CONCLUSÃO

O estresse salino afetou as duas cultivares de mostarda de maneira distinta em sistema hidropônico;

A prolina agiu como osmorregulador nas cultivares ‘Crespa’ e ‘Lisa da Flórida’;

A cultivar ‘Crespa’ aclimatou-se pela maior capacidade de retenção de K^+ com exclusão de sais e ajustes nos teores de clorofila sob as estratégias;

A cultivar ‘Lisa da Flórida’ aclimatou-se através de solutos osmoprotetores e absorção de K^+ em ambas as estratégias;

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estratégias de uso da água salobra são viáveis para a produção vegetal da mostarda em sistema hidropônico. Contudo, a mostarda ‘Crespa’ possui sensibilidade ao estresse salino, sendo preferível utilizar a água salobra apenas para o preparo da solução nutritiva com a CEa até $4,5 \text{ dS m}^{-1}$. Enquanto a mostarda ‘Lisa da Flórida’ pode ser cultivada sob as duas estratégias (uso exclusivo da água salobra e uso da água salobra apenas para o preparo da solução nutritiva) até a CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J. P.; OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 491-498, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000500009>

ARIF, Y.; SINGH, P.; SIDDIQUI, H.; BAJGUZ, A.; HAYAT, S. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 156, p. 64-77, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.042>

ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, p.1-15, 1949. [10.1104/pp.24.1.1](https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1)

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Photosynthesis under stressful environments: An overview. **Photosynthetica**, v. 51, p. 163–190, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11099-013-0021-6>

AZEVEDO NETO, A. D.; SILVA, E. C. Physiology and biochemistry of salt stress tolerance in plants. In: Chakraborty, U., Chakraborty, B. (Eds.), **Abiotic Stresses in Crop Plants**. CABI Publishing, Wallingford, p. 81–101, 2015. <https://doi.org/10.1079/9781780643731.0081>

BAI, X.; DAI, L.; SUN, H.; CHEN, M.; SUN, Y. Effects of moderate soil salinity on osmotic adjustment and energy strategy in soybean under drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 139, n. 1, p. 307-313, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.03.029>

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant Soil**, v. 39, p. 205-207, 1973. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry Journal**, v. 72, p. 248–254, 1976. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)

CAMPOS JÚNIOR, J. E.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, Ê. F. F.; MARTINS, J. B.; ROLIM, M. M. Consumption, efficiency and water content of arugula under different management of brackish nutritional solutions. **Engenharia Agrícola**, v. 38, p. 885-892, 2018. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n6p885-892/2018>

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of botany**, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn125>

CHRYSARGYRIS, A.; PAPAKYRIAKOU, E.; PETROPOULOS, S. A.; TZORTZAKIS, N. The combined and single effect of salinity and copper stress on growth and quality of *Mentha spicata* plants. **Journal of hazardous materials**, v. 368, p. 584-593, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.01.058>

COSTA, L. F. da; SOARES, T. M.; SILVA, M. G. da; MODESTO, F. J. N.; QUEIROZ, L. de A.; PEREIRA, J. de S. Cauliflower growth and yield in a hydroponic system with brackish water. **Revista Caatinga**, [S.L.], v. 33, n. 4, p. 1060-1070, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252020v33n421rc>

COVA, A. M. W.; AZEVEDO NETO, A. D.; RIBAS, R. F.; GHEYI, H. R.; MENEZES, R. V. Effect of salt stress on growth and contents of organic and inorganic compounds in noni (*Morinda citrifolia* L.). **African Journal of Biotechnology**, Abraka, v. 15, n. 1, p. 2401-2410, 2016. <https://doi.org/10.5897/AJB2016.15591>

COVA, A. M. W.; AZEVEDO NETO, A. D.; SILVA, P. C. C.; MENEZES, R. V.; RIBAS, R. F.; GHEYI, H. R. Physiological and biochemical responses and fruit production of noni (*Morinda citrifolia* L.) plants irrigated with brackish water. **Scientia Horticulturae**, Viterbo, v. 260, n. 1, p. 108852, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108852>

DO Ó, L. M. G.; COVA, A. M. W.; SILVA, P. C. C.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO NETO, A. D. de.; RIBAS, R. F. Aspectos bioquímicos e fluorescência da clorofila a em plantas de minimelancia hidropônica sob estresse salino. **Irriga**, Botucatu, v. 26, n. 2, p. 221-239, 2021. [10.15809/irriga.2021v26n2p221-239](https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n2p221-239)

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, P. Colorimetric method for determination of sugars and related substances, **Analytical Biochemistry Journal**. v. 28, p. 350–356, 1956. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Jaboticabal, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

FLOWERS, T. J.; COLMER, T. D. Salinity tolerance in halophytes. **New phytologist**, p. 945-963, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x>

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIM, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1999.

GARCÍA-GAYTÁN, V.; TREJO-TÉLLEZ, L. I.; GÓMEZ-MERINO, F. C.; GARCÍA-MORALES, S.; TEJEDA-SARTORIUS, O.; RAMÍREZ-MARTÍNEZ, M.; DELGADILLO-MARTÍNEZ, J. Gamma radiation and osmotic potential of the nutriente solution differentially affect macronutrient concentration, pH and EC in chilhuacle pepper fruits. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 315, n. 2, p. 145-156, 2017. [10.1007/s10967-017-5655-6](https://doi.org/10.1007/s10967-017-5655-6)

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 31, n. 1, p. 149-190, 1980. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.31.060180.001053>

HENDGES, A. R. A. de A.; GUIMARÃES, M. de A.; CAMILO, J. de M.; FEITOSA, F. R. C.; MAIA, C. de L. Diferentes temperaturas e combinações de recipientes e substratos na produção de mudas de mostarda. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 3, p. 213-221, 2018. <https://doi.org/10.30969/acsa.v14i3.1020>

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**, La Frontera, v. 16, n. 3, p. 621-636, 2016. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162016005000032>

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-681, 2008. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 60, n. 3, p. 324-349, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010>

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 29-35, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000100006>

POMPEIANO, A.; LANDI, M.; MELONI, G.; VITA, F.; GUGLIELMINETTI, L.; GUIDI, L. Allocation pattern, ion partitioning, and chlorophyll *a* fluorescence in *Arundo donax* L. in responses to salinity stress. **Plant Biosystems**, Rome, v. 151, n. 4, p. 613-622, 2016. <https://doi.org/10.1080/11263504.2016.1187680>

PULAVARTY, A.; SARANGI, B. K. Screening bamboo species for salt tolerance using growth parameters, physiological response and osmolytes accumulation as effective indicators. **Chemistry and Ecology**, v. 34, n. 4, p. 340-354, 2018. <https://doi.org/10.1080/02757540.2018.1427227>

REZAEI, Y.; TAVAKOLI, A.; SHEKARI, F.; NIKBAKHT, J.; JUHOS, K.; ANSARI, M. Effect of salinity stress on biochemical and physiological aspects of *Brassic napus* L. cultivars. **Academia Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 8, p. 189-195, 2017. <https://10.15413/ajar.2017.0116>

RODRIGUES, A. J. O.; NUNES, L. R. L.; NUNES, A. M. C.; UCHÔA, K. S. A. Efeito da adubação silicatada no cultivo de tomateiro sob estresse salino. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, p. 141-148, 2018. <https://doi.org/10.30969/acsa.v14i2.977>

SHOUKAT, E.; ABIDEEN, Z.; AHMEDA, M. Z.; GULZARA, S.; NIELSEN, B. L. Changes in growth and photosynthesis linked with intensity and duration of salinity

in *Phragmites karka*. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 162, n. 1, p. 504-514, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.03.024>

SILVA M. G. Brackish waters to mitigate the freshwater scarcity in regions arid and semi-arid using hydroponics as a clean production cultivation technique. **Acta Scientific Agriculture**, v. 7, n. 12 p. 01-02, 2023.

SILVA, E. N. da; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; LIMA, C. S. de; VIÉGAS, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-manso submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.5, p.437-445, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000500002>

SILVA, E. N., FERREIRA-SILVA, S. L., VIÉGAS, R. A., SILVEIRA, J. A. G. The role of organic and inorganic solutes in the osmotic adjustment of drought-stressed *Jatropha curcas* plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 69, p. 279-285, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.05.001>

SILVA, M. G.; COSTA, L. F.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R. Growth and yield of cauliflower with brackish waters under hydroponic conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 663-672, 2023. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n9p663-672>

SINGH, J.; SINGH, V.; VINEETH, T. V.; KUMAR, P.; KUMAR, N.; SHARMA, P. C. Differential response of Indian mustard (*Brassica juncea* L., Czern & Coss) under salinity: photosynthetic traits and gene expression. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 25, p. 71–83, 2019. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0631-3>.

SLAMA, I.; ABDELLY, C.; BOUCHEREAU, A.; FLOWERS, T.; SAVOURÉ, A. Diversity, distribution and roles of osmoprotective compounds accumulated in halophytes under abiotic stress. **Annals of Botany**, Oxford, v. 115, n. 3, p. 433-447, 2015. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu239>

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. A. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de**

Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, p. 705-714, 2010.
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000700004>

YEMM, E. W.; COCKING, E. C.; RICKETTS, R. The Determination of amino-acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, p. 209–214, 1955.
<https://doi.org/10.1039/AN9558000209>

ZHU, J. K. Regulation of ion homeostasis under salt stress. **Current opinion in plant biology**, v. 6, n. 5, p. 441-445, 2003. [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(03\)00085-2](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(03)00085-2)