

KÉZIA FERREIRA NOGUEIRA

CULTIVO DE CHICÓRIA EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT SOB
DIFERENTES DECLIVIDADES COM USO DE ÁGUAS SALOBRAS

RECIFE - PE

FEVEREIRO - 2024

KÉZIA FERREIRA NOGUEIRA

CULTIVO DE CHICÓRIA EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT SOB
DIFERENTES DECLIVIDADES COM USO DE ÁGUAS SALOBRAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva

RECIFE - PE
FEVEREIRO - 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

N778c Nogueira, Kézia Ferreira.

Cultivo de chicória em sistema hidropônico NFT sob diferentes declividades com uso de águas salobras / Kézia Ferreira Nogueira. – Recife, 2024.
85 f.; il.

Orientador(a): Ênio Farias de França e Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, BR-PE, 2024.

Inclui referências.

1. Chicória. 2. Hidroponia . 3. Salinidade. 4. Engenharia agrônômica I. Silva, Ênio Farias de França e, orient. II. Título

CDD 630

KÉZIA FERREIRA NOGUEIRA

CULTIVO DE CHICÓRIA EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT SOB
DIFERENTES DECLIVIDADES COM USO DE ÁGUAS SALOBRAS

Dissertação defendida e aprovada em 28 de fevereiro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva – UFRPE/PGEA (Presidente)

Prof. Dr. José Amilton Santos Júnior – UFRPE/PGEA (Membro interno)

Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva – UFC/PPGEA (Membro externo)

“Sonhe. Mesmo que seu início seja humilde, o fim será próspero.”

So Far Away – Agust D part. Suran.

Dedico

A minha avó e maior incentivadora, Maria de Luna Ferreira (*Em memória*) a minha querida mãe, Jussiêgles Luna, e ao meu parceiro, Paulo Cabral, por todo apoio e incentivo ofertados. Vocês foram essenciais nessa trajetória, e serei sempre grata por não soltarem minha mão até que essa conquista se fizesse real.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a divindade superior que zela pela nossa vida, ou para muitos apenas Deus. Nenhuma religião ou ser humano será capaz de explicar, mas é inegável o cuidado e trabalhar nos momentos de dificuldade ou de alegrias.

A minha mãe, Jussiegles de Luna Ferreira, minha inspiração, mesmo em meio as caos, cuidou de mim, torceu pelas minhas conquistas e teve paciência nos momentos mais desafiadores; a minha irmã, Alice Nogueira, e minhas tias queridas, Maruza Luna e Margarida Luna, que nunca pouparam palavras e incentivos para me mostrar o quanto eu sou capaz de grandes conquistas.

A minha Querida avó, Maria de Luna Ferreira (*Em memória*), minha confidente, sempre com suas palavras certas para acalmar meu coração e suas orações pelas minhas lutas e sonhos.

Ao meu parceiro de vida, Paulo Cabral, por não soltar minha mão, ser paciente e meu acaento nos momentos mais difíceis dessa trajetória.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva, pela parceria, confiança depositada e suporte acadêmico/científico ao longo desses quase cinco anos, iniciados ainda na graduação. Agradeço por suas orientações, pelas preocupações e compreensão principalmente nesses anos do mestrado.

A Flávia Ramalho, Lara Machado e Edimir Xavier, agradeço a parceira, amizade e dias dedicados a fazer as coisas funcionarem, sem vocês a trajetória seria muito mais árdua.

Aos colegas do LAS, em especial Rodrigo e Thayná, e do grupo de pesquisa em Fertirrigação e Salinidade, Prof. Dr. José Amilton, Júlio e Tarcísio, vocês foram muito importantes nesta caminhada.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, por ser minha “casa” nos últimos 7 anos, me ofertando uma educação plural, de qualidade, integradora e gratuita; e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA) por todo apoio e estrutura oferecidos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela concessão da bolsa, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa, tornando possível sua realização.

Aos professores do PGEA, por todos os ensinamentos transmitidos que serão para sempre de grande valia. A coordenação do programa, em especial Ana Paula Neri, pelo suporte e conversas que foram alívio em muitos momentos.

Aos colegas do PGEA, que em algum momento passaram ou estiveram juntos comigo nessa caminhada rumo ao título de mestre, as trocas de conhecimentos, ideias e até mesmo experiências de vida foram importantes na minha formação profissional, acadêmica e pessoal.

E finalmente, a todas as pessoas aqui não mencionadas que, de alguma forma, contribuíram para que este sonho se tornasse uma realidade.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| LISTA DE FIGURAS | 9 |
| LISTA DE TABELAS | 11 |
| RESUMO | 12 |
| ABSTRACT | 13 |
| 1. INTRODUÇÃO | 14 |
| 2. OBJETIVOS..... | 15 |
| 2.1. Geral..... | 15 |
| 2.2. Específicos | 15 |
| 3. HIPÓTESES..... | 16 |
| 4. REVISÃO DE LITERATURA | 16 |
| 4.1. Águas salobras e os desafios da produção agrícola no Semiárido brasileiro..... | 16 |
| 4.2. Uso de águas salobras em cultivos hidropônicos..... | 18 |
| 4.3. Implicações da salinidade sobre crescimento das plantas..... | 20 |
| 4.4. Implicações da salinidade sobre as trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos das plantas | 22 |
| 4.5. Implicações da declividade dos perfis hidropônicos na solução nutritiva..... | 25 |
| 4.6. Cultura da chicória..... | 27 |
| 5. MATERIAL E MÉTODOS | 30 |
| 5.1. Localização do experimento | 30 |
| 5.2. Estrutura Experimental | 31 |
| 5.2.1. Casa de Vegetação..... | 31 |
| 5.2.2. Unidades experimentais..... | 31 |
| 5.3. Delineamento experimental e tratamentos..... | 32 |
| 5.4. Solução nutritiva: preparo, manejo e monitoramento..... | 34 |
| 5.4.1. Aplicação da solução nutritiva no sistema | 34 |
| 5.4.2. Preparo das águas | 34 |
| 5.4.3. Fertilizantes adicionados à água salobra | 35 |
| 5.4.4. Monitoramento da solução nutritiva..... | 36 |
| 5.5. Reposição do volume hídrico evapotranspirado | 37 |
| 5.6. Produção das mudas..... | 38 |

| | | |
|--------|---|----|
| 5.7. | Monitoramento de variáveis meteorológicas | 39 |
| 5.8. | Variáveis analisadas..... | 40 |
| 5.8.1. | Consumo hídrico e eficiência do uso da água | 40 |
| 5.8.2. | Crescimento e produtividade | 41 |
| 5.8.3. | Trocas gasosas | 41 |
| 5.8.4. | Pigmentos fotossintéticos | 42 |
| 5.9. | Análises estatísticas | 43 |
| 6. | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 44 |
| 6.1. | Análise de crescimento e produtividade | 47 |
| 6.2. | Eficiência e aspectos do consumo hídrico | 59 |
| 6.3. | Análise das Trocas gasosas..... | 61 |
| 6.4. | Análise dos Pigmentos fotossintéticos..... | 66 |
| 7. | CONCLUSÕES..... | 70 |
| 8. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 70 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Variedades da chicória: lisa (A) e crespa (B). Fonte: CEAGESP (2022b)..... | 28 |
| Figura 2. Fases de desenvolvimento da chicória escarola lisa cv. Batávia (DAS – dias após a semeadura; DAT – dias após o transplatio)..... | 29 |
| Figura 3. Local de condução dos experimentos: Casa de vegetação localizada no DEAGRI-UFRPE..... | 31 |
| Figura 4. Representação das vistas lateral e superior da parcela experimental..... | 32 |
| Figura 5. Eletrobomba de circulação (A), reservatório para solução nutritiva (B). | 32 |
| Figura 6. Croqui da vista superior da área experimental, com foco na distribuição dos blocos e parcelas experimentais..... | 33 |
| Figura 7. Processo de instalação dos cavaletes que compuseram as bancadas da hidroponia (perfuração do solo, traçado de um plano em nível, finalização da colocação dos cavaletes). | 34 |
| Figura 8. Valores de umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C) dentro do ambiente protegido, do transplatio até a colheita. | 40 |
| Figura 9. Avaliação das trocas gasosas nas folhas a partir do Analisador de gás infravermelho portátil..... | 42 |
| Figura 10. Coleta de discos foliares; acondicionamento; imersão em nitrogênio; armazenamento refrigerado in loco; pesagem; extração e determinação dos pigmentos fotossintéticos. | 43 |
| Figura 11. Valores médios de CEsol (A) e de pH (E) da solução nutritiva na declividade de 2%; CEsol (B) e de pH (F) na declividade de 4%; CEsol (C) e de pH (G) na declividade de 6%; CEsol (D) e de pH (H) na declividade de 8% ao longo do ciclo de cultivo do Chicória escarola lisa, cultivar “Batávia”, no experimento com água sódica. | 45 |
| Figura 12. Altura, número de folhas e diâmetro do caule, aos 10, 17 e 25 dias após o transplatio de plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico. | 50 |
| Figura 13. Massa fresca da parte aérea (MFPA), aos 10 e 25 DAT, para efeito condutividade elétrica (A), MFPA aos 10 DAT para efeito isolado da declividade (B), massa fresca da raiz e caule (MFRC), aos 10 DAT, para efeito da interação entre os fatores (C) de plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico. | 54 |
| Figura 14. Massa seca da parte aérea (MSPA), aos 10 e 25 DAT, para efeito condutividade elétrica (A), MSRC aos 10 DAT para efeito da interação entre os fatores (B), massa seca da raiz | |

| | |
|---|----|
| e caule (MSRC), aos 10 DAT, para efeito isolado das declividades (C) de plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico. | 56 |
| Figura 15. Taxa de crescimento absoluto (A), taxa de crescimento relativo, para efeito isolado da condutividade elétrica (B) e das declividades (C), de plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico. | 58 |
| Figura 16. Consumo hídrico (A), eficiência de uso da água na produção de massa fresca da parte aérea (B) das plantas de chicória escarola lisa, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações dos perfis hidropônicos. | 61 |
| Figura 17. Fotossíntese ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (A), A/E (eficiência instantânea do uso da água – $[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})]$) (B) e A/Ci (eficiência instantânea de carboxilação – $[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\mu\text{mol mol}^{-1})]$) (C), das plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico. | 65 |
| Figura 18. Efeito isolado da condutividade elétrica para Clorofila <i>a</i> (<i>Cl_a</i>) (A), Clorofila <i>b</i> (<i>Cl_b</i>) (B) e Clorofila <i>total</i> (<i>Cl_{total}</i>) (C) das plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico. | 68 |
| Figura 19. Efeito isolado das declividades para Clorofila <i>b</i> (<i>Cl_b</i>) (A) e Carotenoides (<i>Cr</i>) (B) das plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico. | 69 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Concentração de cloreto de sódio (NaCl) e condutividades elétricas nas etapas de obtenção da solução nutritiva para os diferentes tratamentos. | 35 |
| Tabela 2. Quantidade de fertilizantes e concentração de íons para o preparo de 1000 L de solução nutritiva, recomendado para o cultivo hidropônico de culturas folhosas. | 36 |
| Tabela 3. Resumo da análise de variância para a altura, número de folhas e diâmetro do caule, aos 10, 17 e 25 dias após o transplântio de plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico. | 48 |
| Tabela 4. Resumo da análise de variância para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz e caule (MFRC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz e caule (MSRC), aos 10 e 25 DAT, taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR), com base na massa fresca, de plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico. | 52 |
| Tabela 5. Resumo da análise de variância para o consumo hídrico acumulado do 1º ao 25º DAT (CH) e eficiência do uso da água, com base nas massas de matéria fresca (EUA), das plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico. | 60 |
| Tabela 6. Resumo da análise de variância das variáveis fotossíntese ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiração ($E - \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 ($C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$) e condutância estomática ($g_s - \text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); e das relações A/E (eficiência instantânea do uso da água – $[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})]$) e A/ C_i (eficiência instantânea de carboxilação – $[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\mu\text{mol mol}^{-1})]$) das plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico. | 62 |
| Tabela 7. Resumo da análise de variância das variáveis Clorofila a (Cl _a), Clorofila b (Cl _b), Carotenoides (Cr) e Clorofila total (Cl _{total}) das plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico. | 66 |

NOGUEIRA, KÉZIA FERREIRA. **Cultivo de Chicória em sistema hidropônico NFT sob diferentes declividades com uso de águas salobras**. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife-PE.

Orientador: Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva

RESUMO

O cultivo hidropônico pode ser considerado uma alternativa para o uso de águas salobras em áreas áridas e semiáridas, essa prática se destaca como uma opção de agricultura viável e eficiente para essas regiões. Desta forma, o presente trabalho foi desenvolvido com o propósito de avaliar a influência de soluções nutritivas preparadas com águas salobras e diferentes declividades da calha hidropônica no cultivo de plantas de Chicória Escarola Lisa (*Cichorium endívia L.*) em sistema hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes). O experimento foi conduzido em ambiente protegido situado no Departamento de Engenharia Agrícola – DEAGRI, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, em Recife, PE (8° 01' 07" de latitude Sul e 34° 56' 53" de longitude Oeste). O delineamento adotado foi em blocos casualizados, com os tratamentos em parcelas subdivididas em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições, no qual o fator primário consistiu em quatro declividades dos perfis hidropônicos (2, 4, 6 e 8%), o secundário, quatro níveis de condutividade elétrica (1,7; 3,0; 5,0; 7,0 dS m⁻¹). Os dados de consumo e eficiência do uso da água, crescimento, produção, trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 0,05 de probabilidade. Em termos gerais, não houve influência das declividades dos perfis hidropônicos nas variáveis de crescimento da chicória, porém aos 10 dias após o transplante, as maiores inclinações promoveram aumento na incorporação de matéria fresca e seca, tanto na parte aérea, quanto na raiz e caule. Com relação aos aspectos das trocas gasosas, foi verificado desempenho crescente até um limiar de 4 dS m⁻¹, e satisfatório na declividade 4%. O aumento das declividades promoveu incremento dos teores de carotenoides. E houve comportamento crescente nos teores de clorofilas a, b e total, com relação ao aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, que sugere uma alta tolerância da cultura a salinidade.

Palavras-chave: *Cichorium Endivia L.*; velocidade de fluxo; salinidade; Técnica de filme de nutrientes.

NOGUEIRA, KÉZIA FERREIRA. **Cultivation of Endive in NFT hydroponic system under different slopes using brackish water**. 2024. Dissertation (Master's degree in Agricultural Engineering) – Rural Federal University of Pernambuco, Postgraduate Program of Agricultural Engineering, Recife-PE.

Advisor: Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva

ABSTRACT

Hydroponic cultivation can indeed be regarded as an alternative for utilizing brackish waters in arid and semi-arid areas. This practice stands out as a viable and efficient agricultural option for such regions. Therefore, the present study was developed to evaluate the influence of nutrient solutions prepared with brackish water and different slopes of the hydroponic channel on the cultivation of Chicory (*Cichorium endivia* L.) plants in the NFT hydroponic system (Nutrient Film Technique). The experiment was conducted in a protected environment located at the Department of Agricultural Engineering (DEAGRI) at the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) in Recife, PE (8° 01' 07" S latitude and 34° 56' 53" W longitude). The adopted design was a randomized block, with treatments arranged in split plots in a 4 x 4 factorial scheme, with four replications. The primary factor consisted of four slopes of the hydroponic profiles (2%, 4%, 6%, and 8%), while the secondary factor comprised four electrical conductivity levels (1.7; 3.0; 5.0; 7.0 dS m⁻¹). The data on water consumption and efficiency, growth, production, gas exchanges, and photosynthetic pigments were subjected to analysis of variance using the F test at 0.05 probability. In general terms, there was no significant influence of the slopes of the hydroponic profiles on the growth variables of chicory. However, after 10 days following transplantation, higher inclinations led to an increase in both fresh and dry matter incorporation in the aerial parts as well as in the root and stem. Regarding gas exchange aspects, there was a progressive improvement observed up to a threshold of 4 dS m⁻¹, with satisfactory performance noted at a 4% slope. Increasing slopes resulted in higher levels of carotenoids. Additionally, there was a progressive trend in chlorophyll levels (both a, b, and total) concerning electrical conductivity of the nutrient solution, suggesting a high tolerance of the culture to salinity.

Key words: *Cichorium Endivia* L.; flow rate; Salinity; Nutrient film technique.

1. INTRODUÇÃO

Conforme evidências de escassez de recursos hídricos associadas à alta demanda de água, seja para consumo humano, atividades industriais, e sobretudo, para produção agrícola, recorre-se cada vez mais à exploração de águas de qualidade inferior (AYERS & WESTCOT, 1991). Dentre as águas classificadas como de baixa qualidade para fins agrícolas, destacam-se as salobras, que são normalmente encontradas na região semiárida do Brasil, em poços ou fontes hídricas superficiais contaminadas, e muitas vezes, restringe-se como única fonte disponível para desenvolvimento da agricultura.

A hidroponia destaca-se como uma alternativa bastante eficaz para o uso de águas salobras na produção agrícola, principalmente no cultivo de hortaliças (MARTINS et al., 2019b; SOARES et al., 2020), pois nesse tipo de sistema as plantas conseguem exprimir maior tolerância a elevadas concentrações de sais (NUNES et al., 2013), devido a ínfima influência do potencial matricial, que é um dos responsáveis pela diminuição da energia livre de água (SOARES et al., 2007).

Os estudos relacionados às estratégias de manejo das soluções nutritivas, preparadas com águas salobras, são desenvolvidos com a premissa de reduzir os efeitos prejudiciais desencadeados pela salinidade, que consistem principalmente no desordenamento das funções fisiológicas e bioquímicas, que afetam diretamente a produtividade das culturas (REBOUÇAS et al., 2013). A adoção de culturas de ciclo curto e tolerantes a salinidade, pode minimizar os efeitos prejudiciais do excesso de sais na água de irrigação às plantas, devido ao menor período de exposição às soluções preparadas com águas salobras (SOARES et al., 2007).

A chicória escarola lisa é uma dessas culturas consideradas de ciclo curto, tendo em média de 50 a 80 dias, a depender do tipo de cultivo. É uma hortaliça mais bem adaptada a climas amenos, entre 15 e 25 °C (FILGUEIRA, 2008), considerada moderadamente sensível a salinidade, contudo alguns trabalhos apontam a possibilidade de cultivo com águas salobras sob hidroponia (ALVES et al., 2019; SILVA et al., 2020), uma vez que nesse tipo de sistema, as plantas assumem novos valores de tolerância, que são bastante superiores se comparados aos valores de salinidade limiar indicados para cultivos em solo (LIMA et al., 2016).

A construção desses sistemas hidropônicos é arquitetada com o objetivo principal de distribuir eficientemente as soluções nutritivas. Para assegurar recomendações técnicas devidamente fundamentadas, diversos estudos abordam estratégias de manejo dessas soluções, investigando aspectos como vazões de aplicação (BEZERRA et al., 2022) e resfriamento

(OLIVEIRA et al., 2023). No âmbito das pesquisas sobre técnicas de manejo para hidroponia, especialmente nos sistemas de Nutrient Film Technique (NFT), ainda persistem lacunas em relação à inclinação ótima dos perfis de cultivo, sobretudo quando adotadas águas salobras para preparação das soluções nutritivas.

Conforme apontado por Furlani et al. (1999), as inclinações ideais para calhas hidropônicas permeavam entre 2 e 4%. No entanto, essa recomendação é obsoleta atualmente, pois já são relatadas inclinações usuais de 5 a 10% em sistemas com águas de boa qualidade (ARAÚJO et al., 2018). É importante destacar que estudos sobre esse fator ainda são escassos e cercados de impasses, embora esse ponto específico desempenhe um papel essencial no fornecimento de água, nutrientes e na regulação do oxigênio dissolvido e da temperatura das soluções nutritivas (DALASTRA et al., 2020; LÓPEZ-POZOS et al., 2011).

Portanto, é necessário desenvolver trabalhos que correlacionem à utilização de águas salobras aos fatores construtivos do sistema, como a inclinação dos perfis hidropônico, para a produção de hortaliças, com o propósito elencar um conjunto de informações técnicas que viabilizem as atividades dos agricultores do semiárido, especialmente na produção da chicória, que é uma cultura de grande aptidão para produção em hidroponia e com poucas informações científicas dispostas na literatura.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Verificar os efeitos da salinidade da água de irrigação e da variação das declividades do perfil hidropônico na produção da Chicória Escarola Lisa (*Chicorium endivia* L.), por meio da análise das variáveis de crescimento, produção, consumo hídrico e aspectos fisiológicos das plantas cultivadas.

2.2. Específicos

- Determinar os efeitos do estresse salino sobre a dinâmica do crescimento das plantas de chicória, sob cultivo hidropônico com soluções nutritivas preparadas com águas salobras, aplicadas em diferentes inclinações dos perfis hidropônicos;
- Analisar os efeitos do estresse salino e das condições de fornecimento da solução nutritiva no diagnóstico das necessidades hídricas da cultura da chicória, produzidas sob diferentes declividades da bancada hidropônica;

- Estudar a produção e quantidade de massa fresca e seca das plantas, a fim de identificar o papel mitigador da declividade da calha de hidroponia sobre os danos decorrentes do aumento da condutividade elétrica;
- Verificar o impacto da utilização de águas salobras e da adoção de diferentes declividades das calhas hidropônicas no desempenho das trocas gasosas da chicória cultivada em sistema hidropônico NFT;
- Mensurar os efeitos do incremento salino e as condições de circulação da solução, sobre os pigmentos fotossintéticos da chicória, e implicações sobre a fotossíntese.

3. HIPÓTESES

- a) Haverá diferença na produção de matéria fresca e seca, da raiz e parte aérea da planta, proporcionada pela diferença dos níveis de salinidade e das diferentes inclinações dos perfis de hidropônicos, que influenciam na aplicação da solução nutritiva.
- b) O aumento da declividade das calhas de hidroponia afetará a temperatura da solução nutritiva e interferir no contato da zona radicular com os íons presentes na solução nutritiva, e com isso diminuir os efeitos osmóticos indesejados nas trocas gasosas e, conseqüentemente, no crescimento das plantas.
- c) A inclinação dos perfis hidropônicos atuará na redução dos efeitos deletérios no incremento de pigmentos fotossintetizantes da cultura, decorrentes do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Águas salobras e os desafios da produção agrícola no Semiárido brasileiro

O Brasil, segundo estimativas da Agência Nacional de água (ANA), é um país detentor de 12% da água doce disponível no mundo, e cada vez mais discussões relacionadas à escassez e problemas de qualidade de mananciais se tornam comuns e recorrentes. As explicações mais plausíveis a esse panorama estão ligadas a desproporcionalidade da distribuição da água em todo território, mudanças climáticas, fatores ambientais naturais e o crescimento populacional exponencial, que gera aumento expressivo das interferências antrópicas sobre a qualidade da água (LIBÂNIO, 2005).

A região Semiárida brasileira é a porção do país que mais sofre por questões de escassez hídrica, devido a características edafoclimáticas como a má distribuição de chuvas no tempo e espaço, elevada incidência solar, altas temperaturas, solos rasos com problemas de infiltração e retenção de água (SANTOS, 2009).

Devido à quantidade limitada de mananciais superficiais, as principais fontes de água do Semiárido são provenientes de aquíferos subterrâneos, e são captadas especialmente por meio de poços (SOARES, 2007; ALVES et al., 2011). O uso dessa água é limitado por conta do alto teor de sal incorporado em sua composição, que tem como causa a baixa pluviosidade e composição geológica prevalente de embasamento cristalino na região, tendo por implicação a salinização das águas por contato prolongado com as rochas e acumulação de sais não lixiviados no solo, favorecidos pela evaporação (MENEZES et al., 2011; SANTOS et al., 2016).

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011, legislação ambiental responsável pelo enquadramento dos corpos de água no Brasil, as águas podem ser classificadas em três diferentes nomenclaturas com relação à salinidade: águas doces (salinidade inferior ou igual a 0,5‰ ou $CEa = 0,78 \text{ dS m}^{-1}$, aproximadamente), águas salobras (salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰ ou $CEa = 37,5 \text{ dS m}^{-1}$) e águas salinas (salinidade igual ou superior a 30‰).

Em estudos de Audry & Suassuna (1995), foi apontado que o nível de salinidade e composição das águas de poços perfurados na região semiárida são bastante diversificados, devido à formação geológica da região de atuação. Águas que apresentam menores concentrações de sais podem ser encontradas sobre regiões de origem calcária, e são caracterizadas pelo maior teor de cátions cálcio. Já em áreas com predominância de rochas cristalinas, que recobrem 45% do território semiárido, são encontradas águas mais concentradas e há prevalência dos íons sódio (SUASSUNA, 1994). Além do problema de salinidade nos poços perfurados em zonas do cristalino, essas unidades de captação de água também apresentam baixas vazões, e em função disso, inúmeros poços perfurados estão abandonados ou subutilizados (SUASSUNA, 1994; SANTOS, 2009).

As águas salobras prevalentes nos aquíferos semiáridos são constituídas prevalentemente de ânions CO_2^{-3} , HCO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-} e cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ (GHEYI et al., 2016), podendo estar arrançados nas mais diferentes combinações, levando em consideração as relações de sinergia e antagonismo entre os íons.

É crucial destacar que a utilização dessas águas para fins agrícolas, especificamente para aplicação em sistemas de irrigação, é desaconselhada na ausência de uma avaliação técnica

apropriada. Isso se deve ao fato de que um manejo inadequado pode, inevitavelmente, resultar na salinização do solo (HOLANDA et al., 2016).

Em um estudo conduzido por Moreira et al. (2016), que caracterizou os problemas de salinidade no perímetro irrigado de Morada Nova, no Ceará, implementado pelo DNOCS em 1969, os resultados revelaram que agricultores locais estão abandonando gradualmente seus talhões devido à inutilização do solo causada pela degradação resultante do acúmulo de sais.

Logo, a exploração das águas subterrâneas para agricultura é bastante limitada, pois pode causar problemas de degradação aos solos da região semiárida. O uso dessas águas só será recomendado caso haja aparato tecnológico suficiente para que o agricultor realize o manejo adequado do recurso, seja ele por aplicação direta na produção ou através de técnicas de tratamento para chegar a parâmetros de água doce (FERREIRA; SILVA; RUIZ, 2016; SOARES, 2007).

4.2. Uso de águas salobras em cultivos hidropônicos

Reservas de água de boa qualidade são limitadas e escassas em regiões caracterizadas com climas áridos ou semiáridos, esse problema ocorre devido a fatores climáticos e geológicos que interferem na composição e quantidade desse recurso. Devido a esses obstáculos, a agricultura no semiárido é bastante desafiadora, sobretudo, a irrigada (SOARES et al., 2010).

Com a prevalência de águas subterrâneas salobras disponíveis para pequenos agricultores do semiárido, o uso seguro desse recurso deve vir acompanhado de técnicas que promovam o aproveitamento mais ambientalmente correto e elevem o potencial produtivo das culturas, levando sempre em consideração a gestão e a compatibilidade da aplicação das águas disponíveis (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

Estudos das últimas décadas demonstram que o aproveitamento de águas salobras através de sistemas hidropônicos tem se mostrado uma estratégia promissora, especialmente para pequenos e médios agricultores no semiárido brasileiro, de modo que essas técnicas visam minimizar os efeitos prejudiciais associados à irrigação convencional com águas salobras (LACERDA et al., 2016). Esse tipo de sistema é abastecido por soluções nutritivas preparadas a partir da solubilização dos nutrientes na água disponível, e quando considerada como fonte de abastecimento as águas salobras, na hidroponia é possível manejar mais facilmente a salinização que ocorre na solução (SOARES et al., 2016).

No semiárido brasileiro, técnicas como a dessalinização são empregadas para suprir a demanda por água para abastecimento humano e dessedentação animal, porém para agricultura

ainda demonstram limitações econômicas e desafios com relação à destinação dos rejeitos gerados. Alguns trabalhos, no Brasil, apontam a possibilidade de aplicação direta tanto das águas subterrâneas salobras, quanto dos rejeitos da dessalinização na produção de hortaliças, em especial a alface (SANTOS et al., 2010; DIAS et al., 2011), e em locais áridos no México e no Oriente Médio são de conhecimento público a existência de instalações de sistemas hidropônicos associados a unidades de dessalinização da água, geralmente localizados próximos a praias (RESH, 1992; SOARES et al., 2016).

Diversos estudos verificam a viabilidade técnica da hidroponia para produção agrícola, fazendo-se o uso de águas salobras (ALVES et al., 2011; CAMPOS JÚNIOR et al., 2018; SOARES et al., 2010), e destacam o potencial desse tipo de cultivo como possível alternativa para mitigação de impactos ambientais. De acordo com a cultura a ser submetida e os custos, os sistemas hidropônicos podem ser usados em diferentes configurações, como: a NFT (Nutrient Film Technique) (SOARES et al., 2015; BIONE et al., 2014), DFT (Deep Film Technique) (PILLA; HABER; FILHO, 2006; SILVA et al., 2020) e em vasos (SANTOS JÚNIOR et al., 2015; GOMES et al., 2011).

O cultivo hidropônico fornece ótimo desempenho produtivo, e dentre as vantagens desse modelo de produção estão a eficiência no uso da água e fertilizantes, possibilidade de cultivar em pequenas áreas, redução de incidência de pragas e doenças, diminuição do uso de defensivos agrícolas, menor necessidade de tratamentos culturais e a possibilidade de antecipação das colheitas dos produtos sem alteração da qualidade. Além disso, os únicos pontos que deixam esse tipo de sistema de cultivo menos atrativo são o alto custo de implementação inicial, dependência de energia elétrica em fornecimento constante, para algumas configurações, e a necessidade de capacitação de agricultores que desejem adotar a prática, e assim possam desempenhar o manejo adequado de toda estrutura (FURLANI, 1998).

Cultivos agrícolas em ambientes inhóspitos ou sob condições adversas, como os com altos níveis de salinidade, são desafiantes para a humanidade a milhares de anos, porém a pesquisa avançou e trouxe diversas alternativas, como o conhecimento sobre indivíduos vegetais mais adaptados a essas condições. Para Subbarao & Johansen (1994), o desenvolvimento de culturas de ciclo curto ou até anual em hidroponia, para fins de estudos sobre o germoplasma e identificação de genótipos tolerantes a salinidade, se apresentou como o mais promissor para ser utilizado primeiro passo na seleção de espécies tolerantes. O uso dos sistemas hidropônicos para essa finalidade se dá pela possibilidade de manutenção mais efetiva no balanço de sais e controle das condições em que as plantas são submetidas, necessitando

apenas de estudos posteriores para avaliação do cultivo na presença do potencial matricial (SOARES FILHO et al., 2016).

A hidroponia no Brasil já vem sendo amplamente estudada, principalmente com aplicação da técnica NFT, que atua sob sistema fechado e de recirculação, conferindo-lhe vantagem na adoção de águas salobras e inerência dos impactos negativos, devido não haver contato com o meio ambiente. Neste contexto, foram investigados cultivos das mais variadas hortaliças em sistema hidropônico com águas salobras, essas que podem ser classificadas em: folhosas (ALVES et al., 2011; SILVA et al., 2020; MARTINS et al., 2019a), frutos verdes (CAVALCANTE et al., 2019; DANTAS et al., 2022), frutos maduros (GOMES et al., 2011;), talos e inflorescências (CRUZ et al., 2021). Também é válido citar o cultivo de flores comerciais (PILLA; HABER; FILHO, 2006; SANTOS JÚNIOR et al., 2015).

4.3. Implicações da salinidade sobre crescimento das plantas

Ao decorrer das décadas, as atividades agrícolas irrigadas atravessam grandes desafios associados aos problemas com excesso de sais. É estimado que mais da metade das áreas irrigadas no mundo sofram com problemas de salinidade, e os próprios sistemas de irrigação estejam propensos a causar degradação de solos por salinização, seja por causas naturais ou por manejo deficitário (MUNNS, 2002).

As plantas são organismos que respondem ativamente a condições de estresse, e o elevado teor de sais em ambientes de cultivo podem configurar condições desbalanceadas ao desenvolvimento de vegetais. A salinidade pode afetar esses organismos de duas formas: pela redução do potencial da solução do solo e posterior redução da capacidade de extração de água pela planta, e pelo acúmulo de íons nos tecidos vegetais ocasionando efeito tóxico (MUNNS & TESTER, 2008).

A redução do crescimento é a primeira resposta das plantas às condições de estresse salino, e está relacionado à variação do potencial osmótico ocasionado pelo acúmulo de íons solúveis na região da rizosfera, que conseqüentemente desencadeiam o estresse hídrico, pela incapacidade de absorver a parcela de água necessária (LIU et al., 2019; MUNNS & TESTER, 2008). Os demais comportamentos da planta, ao estresse submetido, estão associados ao acúmulo de sais, em níveis tóxicos, nas estruturas funcionais, gerando desbalanceamento nutricional e lesões internas, causadas principalmente pelos íons de sódio Na^+ , que não são fortemente retidos nas raízes e levados às folhas com facilidade, tendo como resultado lesões visíveis, sobretudo nas folhas mais antigas (LIU et al., 2019; PEÇANHA et al., 2017).

Cultivos convencionais estão submetidos ao somatório das forças de retenção da água no solo, em especial, os potenciais mátrico e osmótico. Em condições de salinidade, quando somadas às forças a energia livre da água é diminuída, atingindo o limite de tolerância das culturas ao estresse. Como alternativa para possibilitar cultivos com adoção de águas com maiores condutividades elétricas, é introduzida a técnica da hidroponia, que tem como premissa o cultivo na ausência de solo e de oferecer melhores condições para a planta, tanto no crescimento, quanto nas funções fisiológicas, bioquímicas e fotoquímicas (SANTOS JÚNIOR et al., 2016). A possibilidade da utilização de águas mais concentradas com relação aos sais é justificada pelo fato do potencial matricial, nesta técnica, aproximar-se da nulidade, configurando a elevação da salinidade limiar das culturas submetidas à hidroponia (ALVES et al., 2011; MAAS; HOFFMAN, 1977).

Nesse sentido, os cultivos hidropônicos reduzem o estresse hídrico decorrente do excesso de sais na região radicular da planta, logo as principais respostas das plantas à salinidade são alusivas ao desbalanço iônico pela concentração alta de sais na solução nutritiva, que podem gerar precipitação de compostos e relações de antagonismo entre os íons (SILVA et al, 2015; CHATZIGIANNI et al., 2019).

Gomes et al. (2011), avaliando o crescimento e produtividade da cultura do tomate cereja sob sistema hidropônico, com condutividades variando de 2,1 e 6,96 dS m⁻¹, apontaram reduções lineares nas alturas das plantas de 70 cm para 55 cm, indicando decréscimo de 21%. Para os autores, o estágio fenológico da cultura é um dos fatores que definem a dinâmica do estresse salino na estrutura vegetal, as fases de crescimento vegetativo e florescimento demandam maior quantidade de água, e é justo nesse momento que os danos salinos podem ser mais bem observados na altura das plantas e posterior produção de frutos.

Em culturas que apresentam comportamento de crescimento vertical, a salinidade afeta diretamente à altura, porém em plantas classificadas como hortaliças folhosas, a resposta da salinidade ao seu crescimento associa-se primordialmente a redução da área foliar. Alves et al. (2011), estudando a alface em sistema hidropônico NFT, constataram reduções na área foliar conforme o incremento dos níveis de condutividade elétrica, e justificaram que essa é a forma da planta adaptar-se ao estresse salino e hídrico. Os vegetais ativam seus mecanismos de adaptação conforme submetidos a condições desfavoráveis, e o estreitamento da área foliar é um dos principais, pois além de diminuir a transpiração e gastos energéticos para sintetização de compostos, também entram o transporte de íons responsáveis por toxidez nos tecidos

vegetais, como o Na^+ e Cl^- (TAIZ & ZEIGER, 2009; LEAL et al., 2020; SOARES et al., 2020).

Alves et al. (2019), estudaram a dinâmica biométrica da chicória lisa, cultivada em sistema hidropônico DFT, com soluções homogeneizadas apresentando CEs de 2,57; 3,43; 4,75; 5,94 e 7,35 dS m^{-1} , e na avaliação do número de folhas, que apresentou efeito significativo aos 25 dias de bancada, houve decréscimo linear 4,17%, conforme incremento salino unitário. Os autores ainda apontam que a média de folhas no tratamento controle foi de 11,3 unidades, decaindo para 8,6 no tratamento de 6,0 dS m^{-1} , porém a altura das plantas não apresentou alterações significativas. Dependendo da cultura, o número de folhas nem sempre será indicativo para a tolerância ao excesso de sais, pois é relatado na literatura que a planta pode manter o número de folhas constante mesmo estando em situações de estresse, e como adaptação, realizar apenas a redução da área foliar (SILVA JÚNIOR et al., 2012, PESSOA, 2020).

4.4. Implicações da salinidade sobre as trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos das plantas

A partir de íons inorgânicos, água e CO_2 , além do uso da energia que é absorvida do sol, as plantas são os principais organismos capazes de sintetizar substâncias essenciais ao seu ideal funcionamento, e esse processo é nomeado de fotossíntese (MUNNS & TESTER, 2008). Em condições de restrição hídrica e salinidade excessiva, a fotossíntese é um dos principais processos fisiológicos afetados pela situação de estresse nas plantas (CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009).

Diante desse cenário, as pesquisas científicas nas últimas décadas, buscam viabilizar o uso de técnicas alternativas que forneçam redução dos danos fisiológicos às plantas expostas a condições de salinidade, mantendo sua produção rentável e os aspectos visuais atrativos ao consumidor (GUIMARÃES et al., 2019). Os cultivos hidropônicos englobam técnicas promissoras ao uso de águas salobras e imposição de níveis maiores de salinidade das águas utilizadas, uma vez que são realizados na ausência de solo, fornecem maior quantidade de água e nutrientes disponíveis, e alavancam o crescimento e taxas fotossintéticas (SAMPAIO et al., 2022).

O que justifica o aumento da fotossíntese em plantas cultivadas em sistemas hidropônicos é a maior absorção de água e nutrientes, devido à redução do potencial da água. Essas condições favorecem a abertura dos estômatos e melhora a assimilação do carbono nas

células (NGUYEN et al., 2016). Porém em situações de elevada condutividade elétrica, as plantas podem apresentar comportamentos diferentes a cada fase de desenvolvimento e período de exposição à situação de estresse.

O trabalho de Cavalcante et al. (2019), demonstra com muita clareza a influência da salinidade, em cultivos hidropônicos, sobre as trocas gasosas da cultura do pimentão, que foram avaliadas através da exposição da planta a condutividades elétricas de (1,7; 3,7; 5,7; 7,7; 9,7 e 11,7 dS m⁻¹) e duas densidades de plantio, e a partir dos resultados se pontuou que houve a redução da condutância estomática, configurada como estratégia de adaptação da planta ao estresse submetido e esse comportamento desencadeou limitações na transpiração e assimilação do gás carbônico, resultando em diminuição drástica do processo fotossintético. O fechamento dos estômatos é uma das primeiras estratégias de adaptação adotadas pelas plantas sob estresse salino, em que com isso buscam reduzir a perda de água e evitar um processo de desidratação dos tecidos, e como consequência ocorre a inibição do normal funcionamento das demais atividades vitais (CAMPOS et al., 2014).

No trabalho de Guimarães et al. (2019), foram estudadas as trocas gasosas de duas cultivares de alface, em sistema hidropônico NFT com soluções nutritivas apresentando condutividades de 1,6; 3,6; 5,6 e 7,6 dS m⁻¹, os autores constataram que a redução da transpiração e fotossíntese nas plantas ocorreram apenas após sete dias do transplante nos perfis, mas antes desse período houve incremento positivo da transpiração e fotossíntese, mas nas demais avaliações, ocorridas aos 14 DAT e 21 DAT, essas mesmas taxas sofreram redução linear, embora esse declínio não pôde ser associado ao fechamento estomático, pois nesse caso, em todas as medições a variável manteve-se estável.

O aumento inicial transpiração e fotossíntese configuram assimilação do estresse salino e estratégia das plantas de eliminar íons tóxicos recém acumulados (MUNNS & TESTER, 2008) e para garantir sobrevivência em condições de estresse prolongado. Em alguns casos, a condutância estomática não é afetada pela salinidade, logo a decadência da fotossíntese pode ser mais bem explicada pela ocorrência de danos fotoquímicos e diminuição da atividade de enzimas fixadoras de CO₂, como o rubisco (CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009; LAWLOR; 1995; GUIMARÃES et al., 2019).

A concentração interna de CO₂, está diretamente ligada ao processo da fotossíntese e é uma das variáveis mais afetadas pela salinidade, podendo responder negativamente à pressão osmótica na planta e ao excesso de sais na zona radicular. Demasiada salinidade nas raízes provoca a redução drástica da condutividade hidráulica dessa estrutura, e como consequência

incide danos ao xilema e floema, resultando na diminuição drástica da condutância estomática (g_s) e concentração interna de CO_2 (C_i) (PESSOA, 2020; LIMA et al., 2014). A eficiência instantânea de carboxilação é tendenciosa aos níveis de g_s e C_i , em situações de estresse salino. Essas variáveis são reduzidas e inferem na limitação da quantidade de energia e rubisco na planta, levando-a a conservação das reservas bioquímica e diminuição da atividade metabólica (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Um dos indicativos de possíveis falhas na sintetização do carbono captado pelas plantas é o aumento desse espécime no vegetal, porém acompanhado de uma redução significativa da fotossíntese. Esse comportamento foi evidenciado no trabalho de Morais et al. (2018), em que trabalharam com a cultura do melão, e foi apontado que a taxa de fotossíntese decaiu 14% mesmo com incrementos de 4,7% na concentração interna de carbono, a cada incremento unitário de salinidade.

O processo fotossintético está atrelado à quantidade de pigmentos produzidos nos tilacoides dos cloroplastos. Também nos cloroplastos, além de outras organelas vegetais, são produzidas as EROs (espécies reativas de oxigênio), advindas dos processos metabólicos normais, como a respiração e a fotossíntese. As plantas sob estresse salino, apresentam inicialmente reduções nas trocas gasosas e síntese de pigmentos, causadas principalmente pelo desbalanceamento da quantidade de EROs, que por sua vez ocorre principalmente pelo fechamento estomático. O fechamento dos estômatos reduz a disponibilidade de CO_2 , prejudicando a transferência de energia do processo fotossintético e induzindo o processo oxidativo das células (HERNÁNDEZ et al., 2000).

A clorofila *a* é o pigmento fotossintético mais abundante nos vegetais, é também responsável pela síntese de componentes orgânicos na fotossíntese e transferência para a planta. Sua diminuição em situações de estresse salino está atrelada a redução da síntese de pigmentos, devido ao desbalanceamento fisiológico, dificuldade de absorção de água e nutrientes, como também a ação da enzima clorofilase, que degrada os pigmentos existentes e resulta do processo oxidativo (MENDONÇA et al., 2023a; LIMA et al., 2018a).

Os pigmentos clorofila *b* e carotenoides são declarados como pigmentos acessórios no processo fotossintético, de forma que auxiliam o processo de captação da energia luminosa e fazem a transferência para o procedimento realizado pela clorofila *a*. O estudo de Lima et al. (2017), com o pimentão, verificou bem esse comportamento de decréscimo desses pigmentos, em que a clorofila *a* e *b* foram os mais sensíveis ao aumento da salinidade da água utilizada

para irrigação, e os carotenoides tiveram menor decréscimo unitário. Uma justificativa a menor redução dos carotenoides está no seu papel de fotoprotetor do sistema de fotossíntese.

Alguns estudos, como o de Paulus et al. (2010), apontam resultados que indicam um aumento no teor de clorofila e carotenoides em plantas expostas a condições de estresse iônico, geralmente observado em sistemas hidropônicos. Para Jamil et al. (2007), a salinidade tende a diminuir as quantidades de clorofila em plantas sensíveis a salinidade e aumenta em plantas tolerantes ao acúmulo de sais na região radicular. Geralmente esse aumento se dá por um mecanismo de adaptação da planta, considerada tolerante, e a pigmentos como os carotenoides, que fazem o papel de reduzir a foto oxidação a partir da produção de antioxidantes, tanto enzimáticos quanto não enzimáticos, possibilitando o aumento dos outros pigmentos, sobretudo a clorofila a (MUBEEN, 2023).

4.5. Implicações da declividade dos perfis hidropônicos na solução nutritiva

A solução nutritiva é o elemento que dita o sucesso dos cultivos hidropônicos, pois a partir dela que serão fornecidos os fertilizantes demandados ao desenvolvimento das culturas (RODRIGUES, 2002).

O sistema NFT é o mais adotado pelos produtores, seu funcionamento consiste no bombeamento e condução da solução nutritiva ao longo de canais, formando uma lâmina de líquido, onde parte das raízes das plantas ficam submersa para absorção de água e nutrientes. Recomenda-se que essas raízes permaneçam apenas parcialmente cobertas pela solução nutritiva, para que seja possível a captação do oxigênio. A vazão de injeção é a responsável pela quantidade de líquido injetado nos canais em função do tempo (DALASTRA et al., 2020).

Os canais de cultivo são uns dos elementos construtivos mais importantes para a distribuição da solução nutritiva nos sistemas NFT, e a variação da inclinação é responsável por proporcionar diferentes fluxos, absorção de nutrientes, disponibilidade de oxigênio, e conseqüentemente, inferir na produção de massa de raízes e parte aérea das culturas (MENDONÇA et al., 2023). A declividade junto ao fluxo de líquido injetado nos perfis, responde pela velocidade da lâmina de solução, que em condições ideais, faz o devido papel de nutrir as plantas. Velocidades pequenas em conjunto com baixas declividades podem causar elevação do filme, baixo retorno e barramento de fluxo, já altas velocidades causam redução da absorção de nutrientes devido menor tempo de contato com as raízes, ambos os casos não são desejáveis na execução dos sistemas hidropônicos. (DALASTRA et al., 2020).

A temperatura da solução afeta a solubilidade de oxigênio pelas plantas, e ambos os fatores são intimamente afetados pela declividade nos sistemas NFT. A solução, mesmo em contato com a atmosfera se não houver fluxo ou uma temperatura muito elevada, pode não apresentar quantidade oxigênio suficiente para ser absorvido, logo a solução deve circular no sistema sob regime turbulento, favorecendo a manutenção da temperatura e a oxigenação (BARTHOLOMEUS et al., 2008; CARMELO, 1996).

De acordo com Faquin et al. (1996), as bancadas hidropônicas devem apresentar inclinações entre 2 e 5%, pois permitem um fluxo por gravidade no mínimo adequado, para perfis de até 12 m de comprimento, e que demonstra uma recomendação bastante corriqueira nos anos 90 (FURLANI et al., 1999). Em contraste, outros autores recomendam que os perfis hidropônicos tenham inclinações entre 8 e 12%, porém com limitação de comprimento dos perfis a fim de evitar problemas ergonômicos na manutenção e colheita nos sistemas (CARNEIRO et al., 2015; CANASTRA, 2017).

López-Pozos et al. (2011) trabalharam com a cultura do tomate em sistema NFT e submeteram os canais de cultivo de 14 m a declividades de 2 e 4%, a fim de avaliar o efeito na oxigenação da solução nutritiva, e a partir das investigações constataram que para climas quentes, com temperaturas máximas de aproximadamente 45 °C, a declividade de 4% demonstrou atribuir concentrações de oxigênio dissolvido até 5% maiores comparado a declividade de 2%, proporcionando rendimentos produtivos até 15% maiores na maior declividade testada. Mesmo assim, a declividade de 2% ainda é recomendável, desde que seja aplicada em climas mais amenos, onde a temperatura não influencia drasticamente na solubilidade do oxigênio (SCHWARZ, 1995; CARRASCO & IZQUIERDO, 1996).

Ao longo dos anos, a hidroponia é estudada para diferentes culturas, as quais possuem características fenológicas e de usos bem discrepantes, assim, Grigas et al. (2020) investigaram a aplicação do sistema NFT adaptado para produção de forragem de trigo e avaliaram os efeitos de cinco declividades, de 2% a 8%, com incrementos unitários de 1,5%, em conjunto com duas fontes de energia luminosa e a presença ou ausência de enriquecimento nutricional na solução nutritiva. Os autores concluíram que o ângulo de declividade do perfil hidropônico afetou a produtividade da forragem nos primeiros sete dias, e após esse período a declividade que mais contribuiu para o incremento de matéria seca da cultura foi a de 6,5%.

Já com relação aos estudos com hortaliças folhosas, Mendonça et al. (2023a) estudaram o cultivo de alface cv. Lucy Brown em sistema hidropônico e aquapônico NFT, sob cinco diferentes declividades dos canais de cultivo (2, 4, 6, 8 e 10%), tendo concluído que

declividades entre 8 e 9% afetam positivamente o aumento de produção de matéria fresca e seca da alface, já em declives inferiores a essa faixa foram observados reduções na produção, maior exposição a íons não desejáveis e efeitos de toxicidade e que para declividades maiores que esse intervalo não foram observados indícios que geram aumento na produtividade.

4.6. Cultura da chicória

A chicória (*Cichorium Endivia L.*) é uma hortaliça folhosa pertencente à família *Asteraceae* e originária da Índia. Possui folhas levemente amargas e picantes, considerada de baixo valor calórico, sendo excelente para dietas de emagrecimento e complementação alimentar. Destaca-se como fonte de potássio, proteínas, vitaminas A, C e do complexo B e sais minerais (LANA, 2010).

É uma cultura conhecida a séculos pelos egípcios, gregos e romanos, que a consumiam principalmente na forma de salada (REGHIN et al., 2007), porém seu uso não se restringe a culinária, desempenhando importante papel medicinal, em que age como regulador de ácidos estomacais e estimula atividades do fígado e vesícula, além de auxiliar no rejuvenescimento das células (LIMA, 2018).

Muito semelhante à alface, principal hortaliça comercial da família, a chicória apresenta comportamento similar em questão de tolerância a estresses abióticos e necessidades nutricionais. É uma cultura que se desenvolve melhor sob temperaturas amenas, entre 15 e 25°C (FILGUEIRA, 2008), uma vez que o calor excessivo é uma das causas do pendoamento floral na cultura e maior amargor das folhas (FILGUEIRA, 1982). No Brasil pode ser cultivada o ano todo, nas regiões Sul e Sudeste e em locais com elevada altitude, desde que haja incidência solar; e entre abril e agosto, nas demais regiões.

As chicórias estão divididas em dois grupos de variedades, e a partição é realizada conforme as características das suas folhas: a *Cichorium endivia* var. Lisa (Figura 1A), que tem folhas bem divididas e retorcidas, com o ápice em formato dentado, e *Cichorium endivia* var. Crispa (Figura 1B), que possui folhas bastante amplas, lisas e as pontas levemente irregulares (REGHIN et al., 2007).

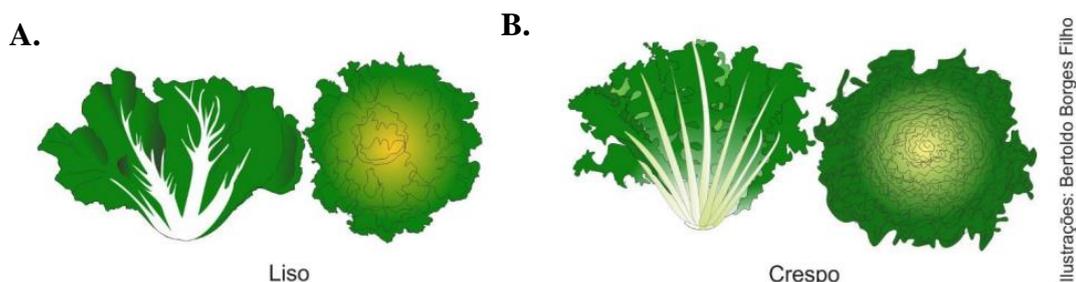


Figura 1. Variedades da chicória: lisa (A) e crespa (B). Fonte: CEAGESP (2022b)

Classificada como espécie herbácea, a chicória pode apresentar uma variação de altura de 30 a 50 cm em seu estágio final. É uma cultura que apresenta características morfológicas como a raiz pivotante, centro verde-amarelado, nas variedades lisas, e branco amarelado nas crespas (CEAGESP, 2022a).

Perante o mercado, a variedade da chicória que possui as folhas lisas possui maior valor agregado, porém seu consumo e venda no Brasil, sobretudo no Nordeste, ainda é bastante limitado, mesmo sendo uma espécie da família de hortaliças mais consumidas no país (ALVES et al., 2019). A maior taxa de produção e consumo está concentrada na Europa, com destaque para Itália, França, Espanha e Holanda, e nos Estados Unidos (RYDER, 1998). A grande parte da chicória produzida na Europa, é encontrada sob ambientes protegidos, como túneis e cobertas flutuantes de agrotêxtil, esse tipo de cultivo se classifica como uma estratégia dos produtores a fim de manter regular a oferta de produtos durante todo ano (MAROTO, 1995).

De acordo com o IBGE (2006), no Brasil, a chicória foi produzida em 7.569 estabelecimentos, com produção total de 25.793 toneladas e destas, 25.415 toneladas foram vendidas, resultando em um valor total de R\$ 22.860.000,00. Ainda segundo os dados do IBGE (2006), os estados com produção mais expressiva dessa olerícola são: Pará, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul.

As fases de desenvolvimento da chicória (Figura 2) dependem inteiramente das condições de cultivo e da cultivar utilizada, a partir disso a colheita pode ser realizada entre 50 e 100 dias após o semeio. A produção de mudas aptas ao transplante leva em torno de 25 e 30, ou no mínimo, quando as plantas emitirem quatro folhas verdadeiras (SANDANIELO & LUNARDI, 2002; SÁ & REGHIN, 2008).

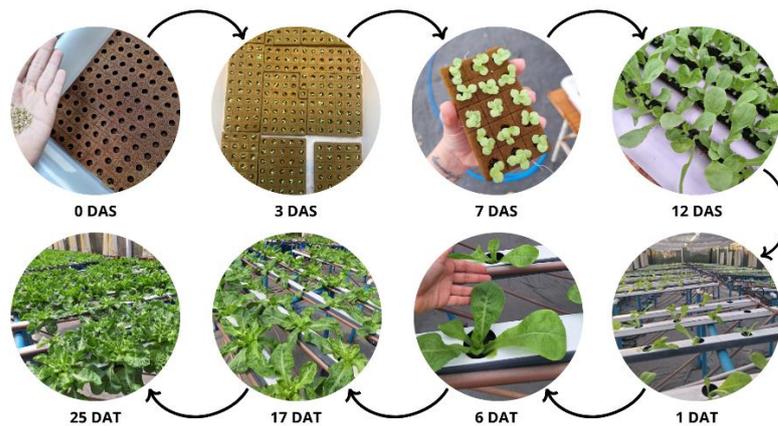


Figura 2. Fases de desenvolvimento da chicória escarola lisa cv. Batávia (DAS – dias após a semeadura; DAT – dias após o transplatio).

De acordo com Reghin et al. (2007) a recomendação para produção de mudas da chicória, em bandejas, é de que essas possuam no máximo 128 células, pois proporcionam melhor desenvolvimento das mudas, e posteriormente maior produtividade da cultura, que renderá lucros compensatórios ao maior investimento necessário para o uso desse modelo de bandeja. Os mesmos autores ainda salientam que o ponto máximo de desenvolvimento das mudas da chicória se dá entre os 30 e 40 dias após a semeadura.

Após o período de formação de mudas, o desenvolvimento da chicória pode ser dividido em três estágios: estabelecimento, iniciado após o transplante e caracterizado por um crescimento lento; expansão, em que a cultura se consolida e ocorre a multiplicação de folhas e ganho de massa; e o final, que a atividade fotossintética reduz aos poucos até o ponto de colheita (SANDANIELO & LUNARDI, 2002). A duração dos estágios depende do tipo de cultivo e as condições ambientais, como por exemplo, no cultivo hidropônico o tempo para o transplante de mudas nos perfis e a colheita podem ser antecipados, devido a maior eficiência no uso da água e de fertilizantes (NUNES et al., 2013).

A diminuição do seu ciclo de cultivo vem a ser um ponto positivo na qualidade do produto, uma vez que a característica menos agradável comercialmente é o amargor excessivo, ocasionado pelo acúmulo de clorofilas nas folhas. Existem técnicas usadas para reduzir a amargura natural da chicória, que são chamadas de “branqueamento”, usadas para retardar a produção de clorofila. Métodos de branqueamento incluem o recobrimento de folhas jovens com as folhas mais maduras, uso de recipientes em períodos estimados para privação de luz e a colheita antecipada, com uso de técnicas agrícolas adequadas a um desenvolvimento minimamente rentável (NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY, 2024).

Por estar inserida no grupo de hortaliças folhosas, a chicória demonstra uma resposta significativa aos macronutrientes, em especial o nitrogênio (N), tornando o manejo nutricional crucial para o êxito do seu cultivo. Ecílio Filho et al. (2017), ao estudarem a extração de macronutrientes da chicória crespa cultivada em solo argiloso, a ordem de acúmulo de nutrientes dados na extração foi N>K>Ca>Mg>S>P.

Plantas como a Chicória, são exigentes ao fornecimento adequado de água, tanto em cultivo convencional quanto em sistemas hidropônicos. ALVES et al. (2019), estudando a chicória lisa em hidroponia com águas salobras, sob sistema DFT, concluíram que o consumo médio para produzir uma planta de chicória variou de 2,31 a 1,56 L de água entre as salinidades da água de 0,34 a 6,0 dS m⁻¹ e identificaram que após os 17 DAT a salinidade influenciou negativamente a absorção de água pelas plantas.

As hortaliças da família Asteraceae possuem grande potencial de serem produzidas em hidroponia, logo, a chicória é uma dessas que pode ser amplamente explorada. Silva et al. (2020) avaliaram a chicória submetida a cultivo hidropônico com águas salobras, e concluíram que mesmo a planta sendo sensível às condições estabelecidas, não demonstrou alteração dos aspectos visuais, apenas alterações no porte das plantas sob salinidade maior que 4 dS m⁻¹. O decréscimo da produção da cultura conforme o incremento salino foi observado mais significativamente após os 20 dias do transplante das mudas nos perfis hidropônicos.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido em ambiente protegido do tipo casa de vegetação, situado na Estação de Agricultura Irrigada Prof. Ronaldo Freire de Moura no Departamento de Engenharia Agrícola – DEAGRI, da Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE, em Recife, PE (8° 01' 05'' de latitude sul e 34° 56' 48'' de longitude oeste, com altitude média de 6,5 m). Segundo a categorização de Köppen, a região caracteriza-se por um clima designado como As', classificado como tropical quente e úmido, com precipitações predominantes durante o outono e inverno. Este ambiente exibe uma estação seca prolongada, ocorrendo de setembro a fevereiro, seguida por uma estação chuvosa de março a agosto (JALES et al., 2012). A média da precipitação acumulada anual da região é de 1.400 mm.ano⁻¹, com temperaturas máximas e mínimas do ar 29,7 e 22,3° C, fazendo uso da climatologia de referência do período (1991-2020) (INMET, 2022).

5.2. Estrutura Experimental

5.2.1. Casa de Vegetação

A casa de vegetação possui dimensões de 7 m de largura por 24 m de comprimento e 3 m de pé direito, com cobertura do tipo arco e filme de polietileno de baixa densidade com 150 µm de espessura, com tratamento contra a ação dos raios ultravioletas e com difusor de luz. As partes lateral e frontal são constituídas de telas de nylon, cor preta, com 50% de sombreamento (Figura 3), e a redução da passagem de 30% da luminosidade é realizada por um sombrite aluminizado, instalado entre a cobertura e as colunas da casa de vegetação. O piso encontrou-se revestido com uma manta geotêxtil (bidim).



Figura 3. Local de condução dos experimentos: Casa de vegetação localizada no DEAGRI-UFRPE.

5.2.2. Unidades experimentais

O sistema hidropônico utilizado para o experimento foi o NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), que funciona com o princípio de recirculação e acionamentos programados ao longo do dia. A área experimental foi dividida em quatro blocos, onde cada bloco foi composto de quatro bancadas estruturadas nas declividades escolhidas conforme o delineamento estatístico (D1 = 2%; D2 = 4%; D3 = 6% e D4 = 8%). O sistema foi dividido em parcelas constituídas de 4 perfis hidropônicos independentes (unidades experimentais) de 3 m de comprimento sobrepostos em cavaletes, com espaçamento de 0,25 m entre orifícios para inserção das plantas e 0,30 m entre os perfis trapezoidais de 75 mm (Figura 4).

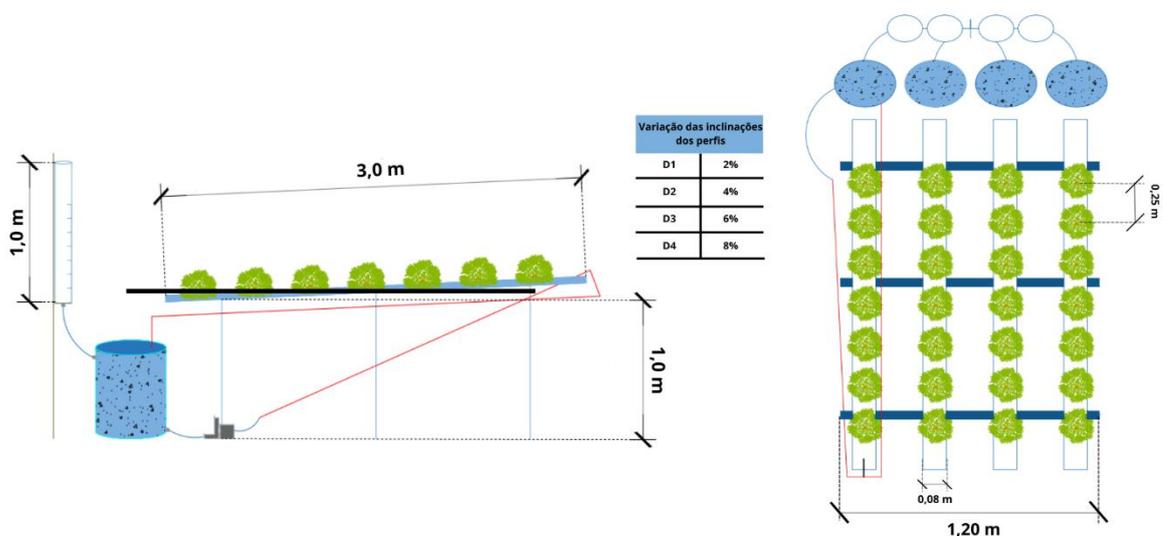


Figura 4. Representação das vistas lateral e superior da parcela experimental.

Em cada unidade experimental foi instalada uma eletrobomba de circulação de 220 V, com potência de 34 W (Figura 5A), um reservatório para a solução nutritiva, com capacidade de 40 L (Figura 5B) e um reservatório de abastecimento por gravidade automático e imediato, com volume de 15 L para reposição da água evapotranspirada, com um sistema de engate flexível e torneira-boia acoplado, que realiza a ligação entre esses reservatórios e o controle da reposição hídrica conforme necessidade.



Figura 5. Eletrobomba de circulação (A), reservatório para solução nutritiva (B).

5.3. Delineamento experimental e tratamentos

No experimento realizado foi adotado o Delineamento em blocos casualizados – DBC, com os tratamentos em parcelas subdivididas em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições,

cujo fator primário composto de quatro declividades dos perfis hidropônicos (D1 = 2 %, D2 = 4 %, D3 = 6 % e D4 = 8 %), e o fator secundário representado por quatro níveis de salinidade, em medida de condutividade elétrica da solução nutritiva (S1 = 1,7; S2 = 3,0; S3 = 5,0 e S4 = 7,0 dS m⁻¹), totalizando ao final 64 unidades experimentais (Figura 6).

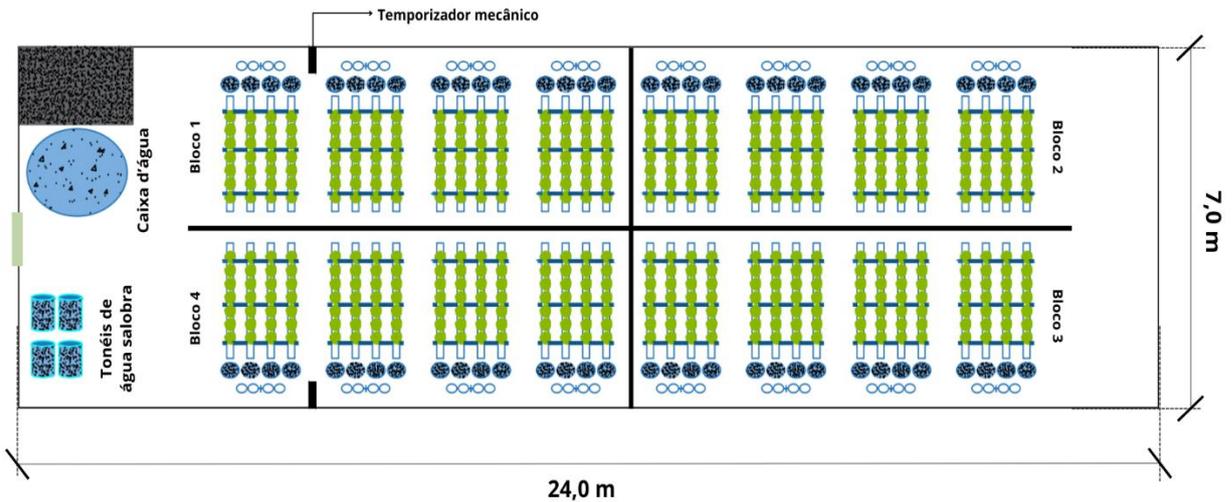


Figura 6. Croqui da vista superior da área experimental, com foco na distribuição dos blocos e parcelas experimentais.

Após a divisão dos blocos foi realizada a casualização das declividades em cada um deles, para que fosse possível a instalação dos cavaletes que compuseram as bancadas com as inclinações previamente definidas (Figura 7), montadas levando em consideração a compensação do desnivelamento do piso do ambiente protegido, e posteriormente foi realizada a distribuição, ao acaso, do fator condutividade elétrica da solução nutritiva dentro das declividades estabelecidas.

Foi adotada uma vazão padrão para fornecimento da solução nutritiva de 1,5 L min⁻¹, (SOARES et al. 2020) que foi calibrada por meio de registros de gaveta de 20 mm, instalados em cada tubulação que irá conduzir as águas no sistema de recirculação das parcelas experimentais.



Figura 7. Processo de instalação dos cavaletes que compuseram as bancadas da hidroponia (perfuração do solo, traçado de um plano em nível, finalização da colocação dos cavaletes).

5.4. Solução nutritiva: preparo, manejo e monitoramento

5.4.1. Aplicação da solução nutritiva no sistema

A circulação da solução nutritiva nos perfis hidropônicos foi realizada a partir da eletrobomba acoplada ao reservatório principal de 40 L, esse que é reabastecido, por gravidade, com a água contida no reservatório auxiliar de 15 L, conforme necessidade de reposição da lâmina que é perdida para o meio pelo processo de evapotranspiração. A solução foi aplicada nos perfis seguindo a programação pré-definida em um temporizador mecânico, que forneceu o comando de liberar a solução no sistema, entre as 06:00 e 18:00 horas, adotando-se intervalos de 15 minutos, de modo que a liberação da solução terá duração de 15 minutos; no horário noturno, foi programado para liberar a solução a cada 2 horas durante 15 minutos.

Quando observadas temperaturas superiores aos 37 °C no interior do ambiente protegido, geralmente entre as 10:00 e 14:00 horas, ou se fosse notada a murcha na cultura devido ao estresse térmico, a programação era ajustada exclusivamente nesse intervalo, estendendo os períodos de fluxo para 30 minutos, sem alteração no tempo de intervalo.

5.4.2. Preparo das águas

Ao longo do tempo programado para condução do experimento, além da execução da montagem da estrutura física do trabalho foi conduzido um experimento com águas em diferentes níveis de salinidade, que foram salinizadas mediante a adição de NaCl (comercial), um dos sais mais prevalentes na composição das fontes de água típicas da região semiárida brasileira. As águas adotadas para preparação das soluções nutritivas tiveram origem do sistema de abastecimento disponível na Estação de agricultura irrigada, na qual se verifica valores de

condutividade elétrica entre 0,12 e 0,2 dS m⁻¹. Posterior à preparação das águas salobras, foram acrescentados macros e micronutrientes para o preparo da solução nutritiva proposta por Furlani (1998). Após a homogeneização, foram realizadas leituras de pH e condutividade da solução (CEsol) (Tabela 1).

O cálculo da quantidade de sais necessários ao atendimento dos níveis de condutividade elétrica da água (CEa) S₁ = 0,2; S₂ = 1,5; S₃ = 3,5; S₄ = 5,5 dS m⁻¹, nos experimentos utilizando águas com adição de cloreto de sódio, foi feito conforme adaptação da metodologia de Rhoades et al. (1992) conforme as equações 1 e 2.

$$SDT \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = CE_a * 640 \quad (0,1 < CE_a < 5,0 \text{ dS m}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

$$SDT \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = CE_a * 800 \quad (CE_a > 5,0 \text{ dS m}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

Em que:

SDT – Sais dissolvidos totais (mg L⁻¹)

CE_a – Condutividade elétrica da água desejada após adição dos sais (dS m⁻¹);

Tabela 1. Concentração de cloreto de sódio (NaCl) e condutividades elétricas nas etapas de obtenção da solução nutritiva para os diferentes tratamentos.

| Tratamentos | NaCl (g L ⁻¹) | CEa (dS m ⁻¹) (NaCl) | CEsol (dS m ⁻¹) (NaCl + Furlani (1998)) |
|-------------|---------------------------|-------------------------------------|--|
| S1 | 0,000 | 0,2 | 1,7 |
| S2 | 0,960 | 1,5 | 3,0 |
| S3 | 2,240 | 3,5 | 5,0 |
| S4 | 4,400 | 5,5 | 7,0 |

5.4.3. Fertilizantes adicionados à água salobra

A formulação da solução nutritiva seguiu o quantitativo de íons proposto por Furlani et al. (1998), específico para hortaliças folhosas, sendo utilizados para o preparo: o nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato monoamônico (MAP), sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de manganês, ácido bórico, molibdato de sódio e Fe-EDDHA-6% (Tabela 2). Foi estimado o incremento de aproximadamente 1,50 dS m⁻¹ na condutividade

elétrica da solução com a adição dos fertilizantes. Após a homogeneização da solução, a condutividade elétrica da solução nutritiva inicial (CEsol inicial), por tratamento, foi determinada por meio de aferição com condutivímetro, e acompanhada em dias alternados ao longo do ciclo de cultivo, juntamente com a medição de pH.

A preparação das soluções seguiu um passo a passo, onde os macronutrientes foram dissolvidos individualmente em baldes de 5 L, com a água de abastecimento contida no reservatório de 500 L destinado a preparação das soluções, após o processo de salinização das águas. Para os micronutrientes, exceto o ferro, foi preparado 1 L de solução estoque (concentração de 1:4000), com objetivo de evitar reações indesejadas de precipitação. Na preparação da solução estoque para completa homogeneização de alguns micronutrientes foi necessária a solubilização em água destilada aquecida. O ferro foi dissolvido também individualmente e acrescido no reservatório após a homogeneização de todos os outros nutrientes.

Tabela 2. Quantidade de fertilizantes e concentração de íons para o preparo de 1000 L de solução nutritiva, recomendado para o cultivo hidropônico de culturas folhosas.

| Fertilizante | g m ⁻³ | NH ₄ | NO ₃ | P | K | Ca | Mg | S | B | Cu | Fe | Mn | Mo | Zn |
|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|----|-------|-------|----|----|------|------|------|------|------|------|
| Nitrato de cálcio | 750,0 | 7,5 | 108,8 | | | 142,5 | | | | | | | | |
| Nitrato de potássio | 500,0 | | 65 | | 182,5 | | | | | | | | | |
| MAP | 150,0 | 16,5 | | 39 | | | | | | | | | | |
| Sulfato de magnésio | 400,0 | | | | | | 40 | 52 | | | | | | |
| Sulfato de cobre | 0,15 | | | | | | | | | 0,02 | | | | |
| Sulfato de zinco | 0,3 | | | | | | | | | | | | | 0,07 |
| Sulfato de manganês | 1,5 | | | | | | | | | | | 0,39 | | |
| Ácido bórico | 1,8 | | | | | | | | 0,31 | | | | | |
| Molibdato de sódio | 0,15 | | | | | | | | | | | | 0,06 | |
| Fe-EDDHA-6% Fe | 30,0 | | | | | | | | | | 2,08 | | | |
| Recomendação | | 24 | 173,8 | 39 | 182,5 | 142,5 | 40 | 52 | 0,31 | 0,02 | 2,08 | 0,39 | 0,06 | 0,07 |

Fonte: Furlani (1998)

5.4.4. Monitoramento da solução nutritiva

A solução nutritiva foi acompanhada em dias alternados, in loco, onde foram registrados os valores de pH, por meio de um pHmetro portátil (Digimed DM-2P) e condutividade elétrica CEsol, utilizando-se o condutivímetro portátil (Digimed DM-3P).

A faixa de pH considerada ideal para a solução nutritiva foi de 4,5 a 6,5, e ao decorrer do ciclo de cultivo foram necessárias duas correções de pH, pois foram identificados valores que extrapolaram os limiares adotados. As correções foram feitas mediante adição de 20 ml de solução de NaOH, em um primeiro momento, e verificou-se um efeito de elevação da condutividade elétrica, não desejado, nas soluções com maior concentração de sais, então optou-se pelo uso da solução de KOH para correções posteriores, ambos foram preparados a 50% de concentração.

As medições do pH e CEsol, foram realizadas sempre pela manhã, para se ter a representação de um período de 48 h. A condutividade elétrica CEsol da solução controle, foi utilizada como parâmetro da necessidade de troca das soluções nutritivas, para caso fossem observados valores abaixo de $1,0 \text{ dS.m}^{-1}$, haveria o reparo das soluções e troca em todas as parcelas experimentais (PESSOA, 2020). Porém, ao longo da condução do experimento, nenhum tratamento controle apresentou valores inferiores ao limiar, logo não foi realizada troca das soluções nutritivas ao decorrer do tempo de cultivo.

5.5. Reposição do volume hídrico evapotranspirado

A reposição da água evapotranspirada foi realizada com a água salobra do respectivo tratamento, que foram preparadas previamente em reservatórios de 200L e transferidas para acondicionamento em abastecedores automáticos por gravidade acoplados a cada unidade experimental. Esses abastecedores eram constituídos de uma tubulação de PVC de secção contínua e diâmetro de 150 mm e 1 m de altura, e responsáveis pela transferência da água salobra para o reservatório de 40 L, mediante sistema torneira-boia.

Os reservatórios de 15 L eram dotados de uma régua graduada instalada ao lado de um microtubo transparente, que é responsável por indicar o nível de água disponível para reposição, possibilitando leituras diárias a fim de determinar o volume evapotranspirado por planta (V_{ETC}) durante o cultivo, conforme Equação 3 (SANTOS, 2009).

$$V_{ETC} = \frac{(L_f - L_i) \times \pi \times D^2 \times 10^5}{4 \times n \times \Delta t} \quad (3)$$

em que:

V_{ETC} – volume evapotranspirado, em ml planta⁻¹ dia⁻¹;

L_f – leitura final do nível de água no depósito de abastecimento automático, cm;

L_i – leitura inicial do nível de água no depósito de abastecimento automático, cm;

D – Diâmetro interno do depósito de abastecimento automático, m;

Δt – intervalo de tempo entre as leituras, dias;

n – número de plantas no perfil no intervalo de tempo, Δt .

5.6. Produção das mudas

Para o semeio foram utilizadas sementes da chicória escarola lisa cv. “batávia” da marca Topseed – linha blue, em que foram plantadas no dia 12 de setembro de 2023. O semeio foi realizado em placas de espuma fenólica, contendo 345 células com dimensões de 2 x 2 x 2 cm, em que esse substrato não inerte passou por um tratamento de lavagem antes da introdução das sementes, a fim de remover os resíduos ácidos possivelmente presentes após o processo de produção. Primeiramente as placas de espuma foram colocadas em bandejas plásticas e submersas com uma solução de NaOH a 10% de concentração por 30 minutos, após esse tempo as placas foram lavadas com água corrente no mínimo três vezes.

Após o processo de lavagem, foram semeadas manualmente 3 sementes por célula, e as placas de espuma foram umedecidas abundantemente e recobertas por 48 h com uma manta plástica escura, a fim de evitar a passagem da luz até que fosse finalizado o processo de quebra de dormência das sementes.

Da semeadura aos 7 dias após a semeadura (DAS), as plântulas emergidas foram irrigadas manualmente com água de abastecimento, e logo após esse período elas foram transferidas para um berçário de irrigação automática, composta de telhas de PVC de material claro e um sistema de recirculação de layout similar ao do sistema NFT definitivo. No ato da transferência, as células das placas da espuma contendo as plântulas foram separadas e colocadas nos espaços do berçário, a partir do 8º DAS as mudas produzidas foram irrigadas utilizando a solução nutritiva

(FURLANI, 1998) diluída em 50% até o momento do transplante, que ocorreu aos 25 DAS, no dia 07 de outubro de 2023.

Aos 12 DAS foi realizado o desbaste das mudas, esse tempo foi definido conforme avaliação do desenvolvimento da cultura ao longo dos dias e manejo realizado, nessa fase as mudas estavam estabelecidas e já haviam emitido a primeira folha verdadeira, assim foi possível retirar as plântulas sobressalentes nas células, deixando apenas uma para desenvolvimento completo. Em cada perfil hidropônico foram dispostas 10 mudas, totalizando ao todo 640 plantas na área experimental, porém para fins de avaliação foram consideradas úteis apenas 8 plantas, nesse caso as de borda, de início e final do perfil, foram desprezadas. A colheita das plantas ocorreu aos 25 DAT, no dia 01 de novembro de 2023.

Para o manejo de pragas e doenças da cultura, foram utilizados agrotóxicos recomendados para a cultura e registrados no MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento). No período de experimentação, a aplicação de um inseticida foi necessária apenas uma vez aos 10 DAT, devido ao aparecimento de insetos (pulgões) em alguns indivíduos no ambiente protegido. Vale ressaltar que foi realizado todo um controle fitossanitário na casa de vegetação antes do início da condução do experimento.

5.7. Monitoramento de variáveis meteorológicas

Dentro da casa de vegetação, em um habitáculo que evitava a radiação direta, a uma altura de 1,50 m, foi instalado um Termo-higrômetro Digital (Hikari HTH-241), para medição da temperatura e umidade do ar máxima e mínima, ao longo de 24 horas. O equipamento possui precisão de ± 1 °C para temperatura e $\pm 5\%$ para umidade.

Durante o experimento, a umidade relativa média máxima foi de 98% e a média mínima foi de 39%, bem como a temperatura média máxima foi de 37,2 °C e a média mínima foi de 22,6 °C (Figura 8).

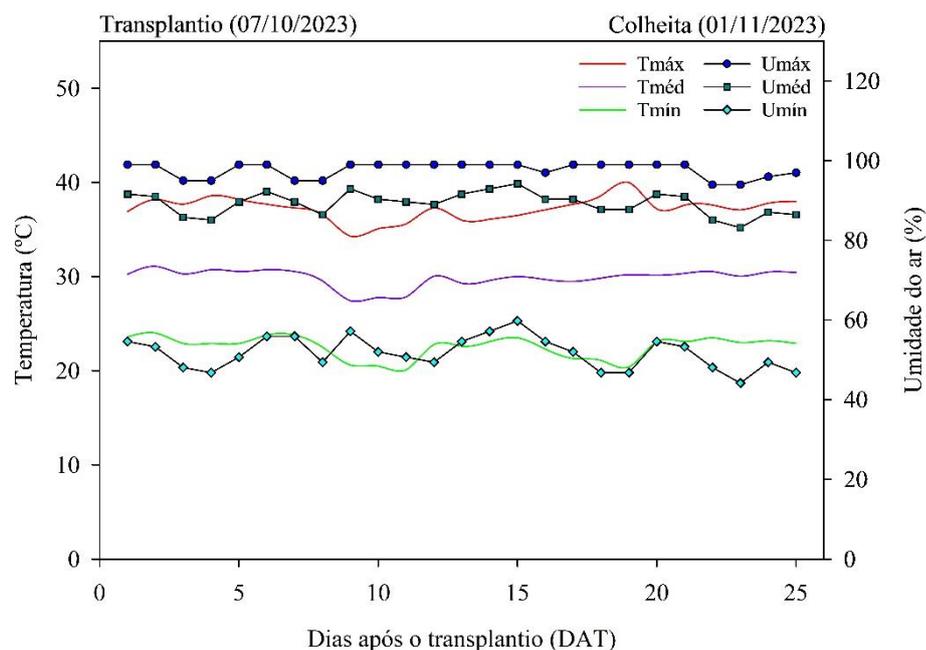


Figura 8. Valores de umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C) dentro do ambiente protegido, do transplântio até a colheita.

5.8. Variáveis analisadas

5.8.1. Consumo hídrico e eficiência do uso da água

O consumo hídrico da cultura foi calculado com base nos dados de volume evapotranspirado coletado nas avaliações diárias. Para analisar o comportamento e necessidades hídricas da chicória, ao longo do seu desenvolvimento no sistema NFT, foi realizado os somatórios do consumo ao decorrer do 1° ao 24° DAT, onde foi estimado o volume acumulado e calculado o que foi consumido por cada planta de chicória, primeiramente em ml e depois convertido para L.

Aos 25 DAT, com base na soma das reposições diárias, foi obtido o consumo de água necessário para a produção de uma planta de chicória (CH, L planta⁻¹).

A partir do consumo hídrico foi calculada e avaliada a eficiência de uso da água (EUA, g L⁻¹), com base na produção de massa fresca da parte aérea (MFPA, g planta⁻¹), de acordo com a seguinte equação (FERNANDÉZ et al., 2020):

$$EUA = \frac{MFPA}{CH} \quad (4)$$

5.8.2. Crescimento e produtividade

O crescimento foi avaliado aos 10, 17 e 25 DAT, pela altura das plantas, a partir de uma régua graduada, medindo-se do colo da planta até a extremidade da folha; diâmetro do caule, obtido com um paquímetro digital; número de folhas, determinado por contagem direta da folha basal até a última completamente estendida. A taxa de crescimento absoluto (TCA, g dia⁻¹), taxa de crescimento relativo (TCR, g g⁻¹ dia⁻¹), com base na matéria fresca (BENINCASA, 2003). Já a produtividade foi avaliada de acordo com o peso de matéria fresca das folhas, raiz e caule (MFPA e MFRC, g planta⁻¹) e a seca (MSPA e MSRC) (g planta⁻¹), com uso de uma balança de precisão 0,01 g. Após a pesagem inicial para determinação da matéria fresca, as plantas foram submetidas à secagem em estufa de circulação de ar durante 72h, em uma temperatura de 65 °C, até atingir peso constante, para determinar as massas secas das duas colheitas, aos 10 e 25 DAT.

A TCA foi obtida por meio da variação ou incremento da matéria fresca total entre duas amostragens, como disposto na equação 5. A TCR será obtida pelo cálculo fazendo-se uso da equação 6.

$$TCA = \frac{P2 - P1}{T2 - T1} \quad (5)$$

Em que: P =matéria fresca total (g); T = tempo em dias; 1 e 2 = amostras sucessivas.

$$TCR = \frac{\ln(P2) - \ln(P1)}{T2 - T1} \quad (6)$$

Em que: P =matéria fresca total (g); T = tempo em dias; 1 e 2 = amostras sucessivas; Ln = logaritmo.

5.8.3. Trocas gasosas

As medidas de trocas gasosas foram realizadas, aos 50 DAS, onde foram analisadas variáveis fisiológicas: concentração interna de CO₂ (C_i – μmol mol⁻¹), condutância estomática (g_s – mol m⁻² s⁻¹), taxa transpiratória (E – mmol H₂O m⁻² s⁻¹), fotossíntese líquida (A – μmol CO₂ m⁻² s⁻¹). Posteriormente, foram calculadas as relações A/E (eficiência instantânea do uso da água – [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) / (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)] e A/C_i (eficiência instantânea de carboxilação – [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) / (μmol mol⁻¹)]). As variáveis principais foram avaliadas nos melhores indivíduos do perfil, retirados apenas na fase de filme (descanso) dos perfis

hidropônicos, a leitura foi feita em folhas da região mediana do caule, completamente expandidas e não sombreadas, utilizando-se de um analisador a gás infravermelho portátil (IRGA – Licor LI 6400 XT, LICOR®, Inc., Lincoln, NE, USA) (Figura 9). As medições foram feitas no horário da manhã entre as 7:30 h e 11 h e 30 min, em um único momento ao longo da condução do ciclo da cultura.



Figura 9. Avaliação das trocas gasosas nas folhas a partir do Analisador de gás infravermelho portátil.

5.8.4. Pigmentos fotossintéticos

A determinação dos pigmentos fotossintéticos, onde foram avaliados os teores de clorofilas A, B e Total e carotenoide, foi dividida nas etapas de coleta do material, extração e análise dos pigmentos. A coleta do material ocorreu aos 23 DAT, em que foram retirados discos foliares de folhas jovens e completamente expandidas de três plantas por tratamento, tomadas ao acaso. No momento da coleta, o material vegetal foi acondicionado em papel alumínio devidamente identificado. Após a coleta de cada parcela, o envelope de alumínio foi imediatamente submerso em nitrogênio líquido contido em garrafa adequada, com auxílio de uma pinça, e em seguida colocado em uma caixa térmica com gelo para manter o congelamento. Esse processo foi essencial para que as atividades bioquímicas da folha fossem paralisadas, garantindo a não ocorrência de degradação de componentes celulares. O armazenamento do material foi realizado em ultra freezer, em uma temperatura de -80°C , até o dia seguinte, para a realização da extração dos pigmentos e posterior leitura em laboratório. Os pigmentos foram extraídos de

0,20 g do material coletado com 10 mL de álcool etílico 95% PA, usado como solvente extrator, as amostras foram preparadas em tubos e levadas para refrigeração por 48h, para completa extração (Figura 10). Os pigmentos foram determinados e analisados pelo método descrito por Lichtenthaler & Wellburn (1983), em que as etapas consistiram na extração do material, leituras do extrato obtido em espectrofotômetro UV-visível, e a quantificação das clorofilas *a*, *b* e *total* e *carotenoides* (mg g^{-1}) por meio das equações 7, 8, 9 e 10, respectivamente.

$$\text{Clorofila } a \text{ (mg g}^{-1} \text{ MF)} = 13,36A_{664,2} - 5,19A_{648,6} \quad (7)$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (mg g}^{-1} \text{ MF)} = 27,43A_{648,6} - 8,12A_{664,2} \quad (8)$$

$$\text{Clorofila } total \text{ (mg g}^{-1} \text{ MF)} = 5,24A_{664,2} + 22,24A_{648,6} \quad (9)$$

$$\text{Carotenoides (mg g}^{-1} \text{ MF)} = \frac{1000A_{470} - 2,13Cl_a - 97,64 Cl_b}{209} \quad (10)$$

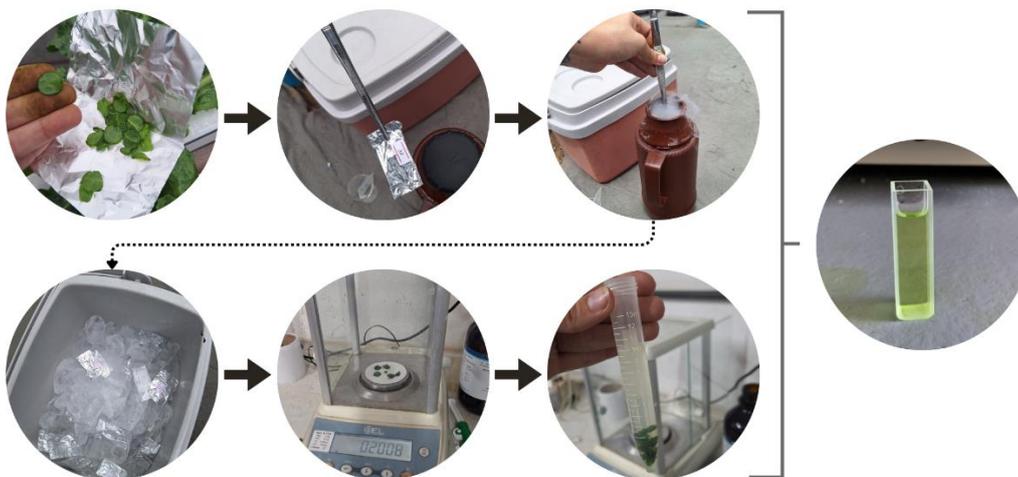


Figura 10. Coleta de discos foliares; acondicionamento; imersão em nitrogênio líquido; armazenamento refrigerado in loco; pesagem; extração e determinação dos pigmentos fotossintéticos.

5.9. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. Quando verificado efeito significativo isolado para os níveis de salinidade e diferentes declividades, a comparação foi dada por meio de análise de regressão.

Quando observado efeito significativo da interação entre as salinidades das soluções nutritivas e as vazões de aplicação de solução, foi utilizado o desdobramento tanto dos níveis de salinidade dentro de cada declividade dos perfis hidropônicos, quanto das declividades dentro de cada nível de salinidade. Para todas as análises foi utilizado o software estatístico SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2019).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 11 pode-se observar o monitoramento da condutividade elétrica (CE) e do pH da solução nutritiva, durante a condução da cultura da chicória escarola lisa no sistema NFT, correspondendo a um período de 25 dias (DAT), em função dos níveis de condutividade elétrica das soluções nutritivas preparadas com águas salobras (0,2, 1,5, 3,5 e 5,5), e das declividades dos perfis hidropônicos (2, 4, 6 e 8 %).

Independentemente dos declives dos perfis, a condutividade elétrica da solução (CEsol) aumentou ao longo do ciclo da cultura, nos tratamentos em que a reposição do volume evapotranspirado foi realizado com água salobra correspondente ao tratamento, entretanto, nos tratamentos controles foi verificada uma redução na (CEsol), visto que o preparo inicial da solução nutritiva, bem como a reposição da lâmina evapotranspirada, do referido tratamento, foi feito com água de abastecimento (0,2 dS m⁻¹) (Figura 11 A, 11 B, 11 C, 11 D).

Quando comparados os valores iniciais e finais das CEsol, houve reduções de 26,39; 32,40; 24,84 e 34,75% dentro das CEsol de 1,7 dS m⁻¹. Além disso, houve aumentos de 61,61; 60,66; 61,28 e 52,76% dentro das CEsol de 7,0 dS m⁻¹, para as declividades de 2, 4, 6 e 8 %, respectivamente.

A redução da condutividade elétrica no tratamento controle pode ser explicada pelo aumento da demanda de absorção de macronutrientes e micronutrientes disponíveis na solução nutritiva a medida que a cultura se desenvolve. Esse comportamento decrescente da condutividade elétrica do tratamento controle, com reposição hídrica utilizando águas de boa qualidade, também foi observado em outros estudos (ALVES et al., 2019; SILVA JÚNIOR, 2019). Já sua elevação, nos demais tratamentos, se deu por um processo de salinização e deponibilização de íons na solução nutritiva após a primeira correção de pH da solução nutritiva com uma solução de hidróxido de sódio a 50% de concentração.

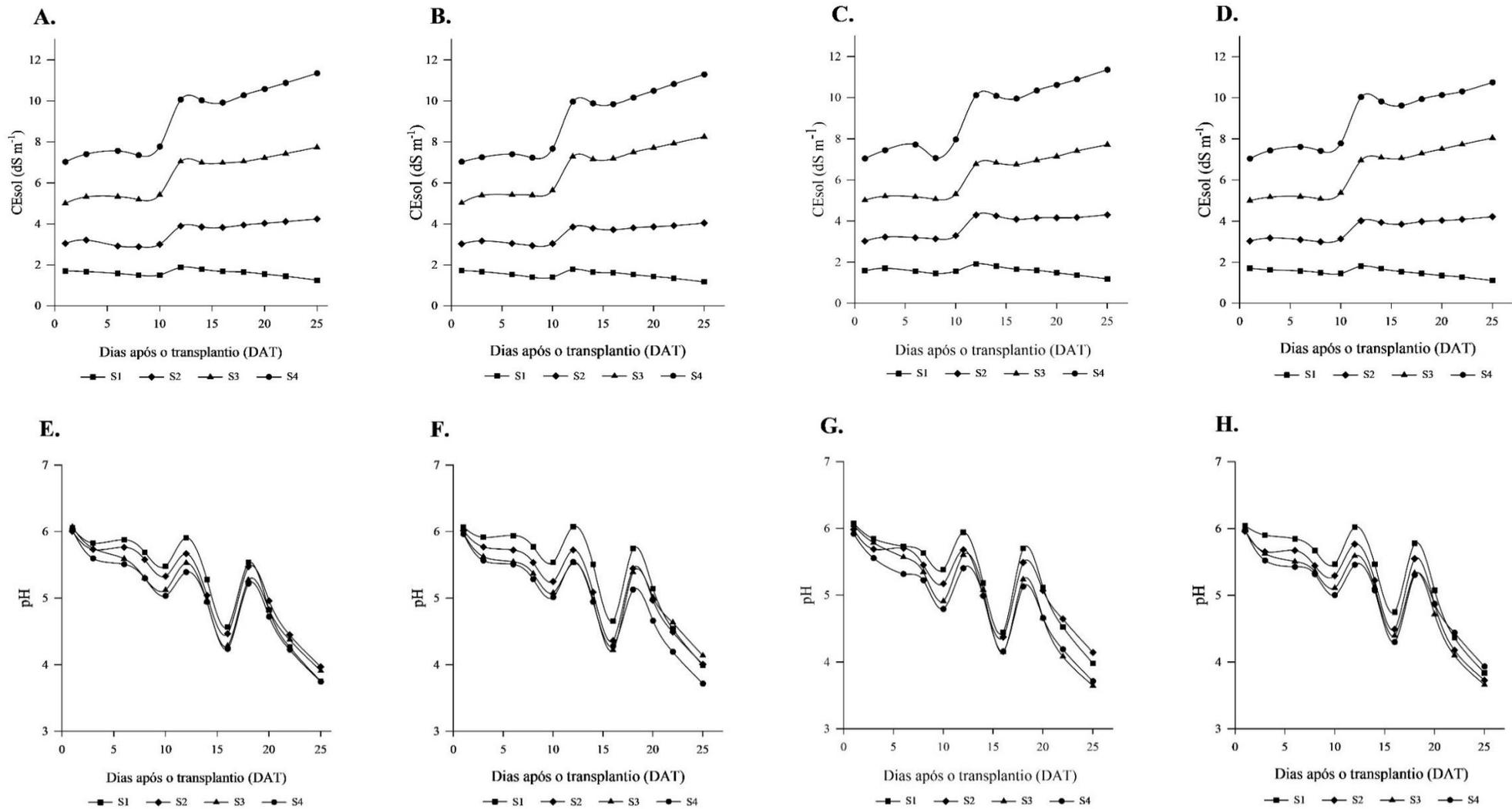


Figura 11. Valores médios de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) (A) e de pH (E) da solução nutritiva na declividade de 2%; CEsol (B) e de pH (F) na declividade de 4%; CEsol (C) e de pH (G) na declividade de 6%; CEsol (D) e de pH (H) na declividade de 8% ao longo do ciclo de cultivo do Chicória escarola lisa, cultivar “Batávia”

Os valores de pH da solução nutritiva, mantiveram-se até os 15 DAT na faixa ideal, em que a maioria dos nutrientes são disponibilizados às plantas (FURLANI, 1999). Entretanto, na fase crucial do crescimento da cultura (“engorda”, dos 16 a 25 DAT) foram identificadas quedas acentuadas no pH, chegando a valores abaixo de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ aos 16 DAT, que coincidiu com a identificação o efeito “Tip burn”, ou queima de bordas das folhas jovens, que consiste numa má formação dos tecidos por dificuldade de absorção de cálcio devido a fatores como o pH e temperatura (MOTA et al., 2002), e aos 22 DAT (Figura 11 E, 11 F, 11 G, 11 H), nesse caso, sem injúrias visuais às plantas.

A queda no pH na fase de “engorda” da planta, pode estar relacionada ao seu desenvolvimento e uma resposta às condições de estresse, tanto o iônico, devido a concentração de sais, quanto o térmico, pois o período do ano que o experimento foi conduzido não é o recomendado para desenvolver a chicória em regiões quentes, como o Nordeste (FILGUEIRA, 2008). Para Fonseca et al. (2005), o pH 4,0 é reconhecido como limite inferior tolerado pelas raízes das plantas em sistemas de cultivo hidropônico, mas está condicionado ao fornecimento de altas doses de cálcio para assegurar o crescimento adequado das culturas.

Variações no pH podem ocorrer devido às diferentes formas que as plantas absorvem os cátions e ânions. O nitrogênio, sendo o nutriente de maior consumo, desempenha um papel crucial nesse processo, pois pode ser absorvido tanto na forma de nitrato como de amônio. Quando ocorre a absorção de amônio pelas raízes, o processo resulta na liberação de íons H^+ , levando a uma redução no pH, por sua vez, pode limitar a absorção não apenas do próprio amônio, mas também de outros cátions importantes. A absorção na forma de nitrato tende a retirar ânions da solução, levando à liberação de íons OH^- e HCO_3^- pelas raízes, o que resulta em um aumento do pH. Para evitar a acidificação excessiva ou alcalinização da solução nutritiva, muitas culturas requerem uma combinação balanceada de nitrato e amônio em sua dieta nitrogenada, proporcionando um tamponamento adequado da solução (SANTOS, 2009; RODRIGUES, 2002; COMETTI et al., 2006).

As soluções nutritivas não foram trocadas ao decorrer do ciclo, de forma que apenas nos últimos dias de cultivo foi visualizado que a queda do pH era um comportamento linear, devido de absorção dos íons pela cultura, mesmo ocorrendo a correção. Além desse fato, a cultura não estava mais apresentando queimaduras de borda, que ocorrem devido a dificuldade de absorver cálcio em pHs baixos, e os tratamentos de melhor qualidade da água apresentavam bom desenvolvimento, então foi optado por manter as mesmas soluções até o encerramento do ciclo de cultivo.

6.1. Análise de crescimento e produtividade

No quadro de resumo da análise de variância (Tabela 3) estão distribuídos os efeitos significativos e não significativos de variáveis de crescimento da cultura da chicória. Para as variáveis, altura da planta (AP) e diâmetro do caule (DC), foram observados efeitos significativos do fator salinidade isolado ($p < 0,01$), aos 10, 17 e 25 DAT. Para o número de folhas também foi encontrado efeitos significativos para o fator isolado da salinidade, aos 10 DAT ($p < 0,05$) e aos 17 e 25 DAT ($p < 0,01$). Não foram observados quaisquer efeitos significativos para o fator declividade isolado ou para a interação entre os fatores avaliados.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para a altura, número de folhas e diâmetro do caule, aos 10, 17 e 25 dias após o transplante de plantas de *Chicória escarola lisa*, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico.

| FV | GL | Quadrado médio | | | | | | | | |
|----------|----|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| | | Altura da planta (AP) | | | Número de folhas (NF) | | | Diâmetro do caule (DC) | | |
| | | 10 DAT | 17 DAT | 25 DAT | 10 DAT | 17 DAT | 25 DAT | 10 DAT | 17 DAT | 25 DAT |
| Bloco | 3 | 1,765 ^{ns} | 0,976 ^{ns} | 2,781 ^{ns} | 0,771 ^{ns} | 2,057 ^{ns} | 7,208 ^{ns} | 1,425 ^{ns} | 0,658 ^{ns} | 1,516 ^{ns} |
| Decliv. | 3 | 1,592 ^{ns} | 4,689 ^{ns} | 6,196 ^{ns} | 1,271 ^{ns} | 1,932 ^{ns} | 0,542 ^{ns} | 0,513 ^{ns} | 0,206 ^{ns} | 0,516 ^{ns} |
| Erro 1 | 9 | 1,346 | 1,456 | 1,753 | 0,812 | 2,432 | 14,42 | 0,537 | 0,300 | 0,829 |
| CEsol | 3 | 61,287 ^{**} | 92,79 ^{**} | 151,85 ^{**} | 1,021 [*] | 106,81 ^{**} | 257,29 ^{**} | 2,45 ^{**} | 7,895 ^{**} | 18,38 ^{**} |
| CE x D | 9 | 0,933 ^{ns} | 1,355 ^{ns} | 3,061 ^{ns} | 0,507 ^{ns} | 0,182 ^{ns} | 10,22 ^{ns} | 0,160 ^{ns} | 0,069 ^{ns} | 0,166 ^{ns} |
| Erro 2 | 36 | 0,9968 | 0,978 | 1,989 | 0,358 | 0,922 | 10,448 | 0,158 | 0,105 | 0,313 |
| CV 1 (%) | - | 6,00 | 5,58 | 5,37 | 13,80 | 11,28 | 18,87 | 19,74 | 10,14 | 13,48 |
| CV 2 (%) | - | 5,16 | 4,57 | 5,73 | 9,16 | 6,94 | 16,06 | 10,72 | 6,01 | 8,29 |

*, **Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente; ^{ns} não significativo pelo teste F; GL – grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação.

O aumento da CEsol, de forma isolada, implicou em reduções lineares na altura das plantas (AP) de chicória, em todas os períodos analisados ($p < 0,01$) (Figura 12A). Foram estimadas reduções de 20,19, 22,67 e 25,11 %, entre o tratamento controle e o maior nível de CEsol, aos 10, 17 e 25 DAT, respectivamente. Além disso, também foram observadas reduções unitárias conforme incremento do nível de salinidade na altura das plantas, em valores de 0,803, 1,035 e 1,303 cm, para os mesmos períodos, em sequência.

O número de folhas (NF) também foi afetado de forma isolada pela salinidade ($p < 0,01$), apresentando semelhantemente tendência linear decrescente (Figura 12B). Foram observados decréscimos unitários, em conformidade com o aumento da CEsol, em valores relativos de 0,094, 1,097 e 1,757 folhas, aos 10, 17 e 25 DAT, respectivamente. Quando comparado o tratamento com soluções nutritivas de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ e o de maior condutividade elétrica ($7,0 \text{ dS m}^{-1}$), foram observadas percentagens crescentes de diferença no desempenho da emissão de folhas, ao longo dos 10, 17 e 25 DAT, com valores médios de 7,27, 34,83 e 37,25%, respectivamente.

Aos 10 dias após o transplante (DAT) não foram observadas diferenças significativas no tamanho das plantas entre os diferentes tratamentos, quando avaliadas visualmente, levando em consideração que os tratamentos foram iniciados ao primeiro dia após o transplantio. No entanto, em fases posteriores do ciclo de cultivo, tornou-se mais evidente a disparidade de crescimento, o que está correlacionado com a produção de novas folhas. Conforme ilustrado na Figura 12B, o efeito da salinidade no número de folhas não foi pronunciado de forma abrupta até os 10 DAT ($p < 0,05$), porém, à medida que o ciclo de cultivo avançou, os efeitos prejudiciais da salinidade se tornaram determinantes na capacidade das plantas de produzir novas folhas nos tratamentos com maior nível de salinidade.

Resultados similares foram encontrados por Mendonça et al. (2023b), ao avaliarem o quiabo produzido em sistema hidropônico NFT, obtiveram decréscimos de 55,42% na altura das plantas, e valor similar no número de folhas, quando comparado o tratamento de maior ($9,0 \text{ dS m}^{-1}$) e menor condutividade elétrica ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$). O aumento da salinidade contribui para modificações no potencial hídrico total, que geram efeitos osmóticos responsáveis por limitar absorção de água e nutrientes, além de desbalancear as atividades bioquímicas da planta, por desequilíbrios nutricionais e acúmulo de íons indesejáveis em excesso (Na^+ e Cl^-) (LIMA et al., 2020).

Na Figura 12B, é possível observar que maior nível de salinidade registrou uma média de 15,69 folhas por planta, um valor superior ao encontrado por Alves et al. (2019), em que estudaram a chicória escarola lisa cv. Dafne também em cultivo hidropônico, e as plantas no tratamento com águas de melhor qualidade, ou seja, menor condutividade elétrica, apresentaram uma média de 11,3 folhas. A redução do número de folhas é considerada uma estratégia de autopreservação da planta a altas concentrações de sal, podendo assim reduzir as perdas de água por transpiração (MODESTO et al., 2019).

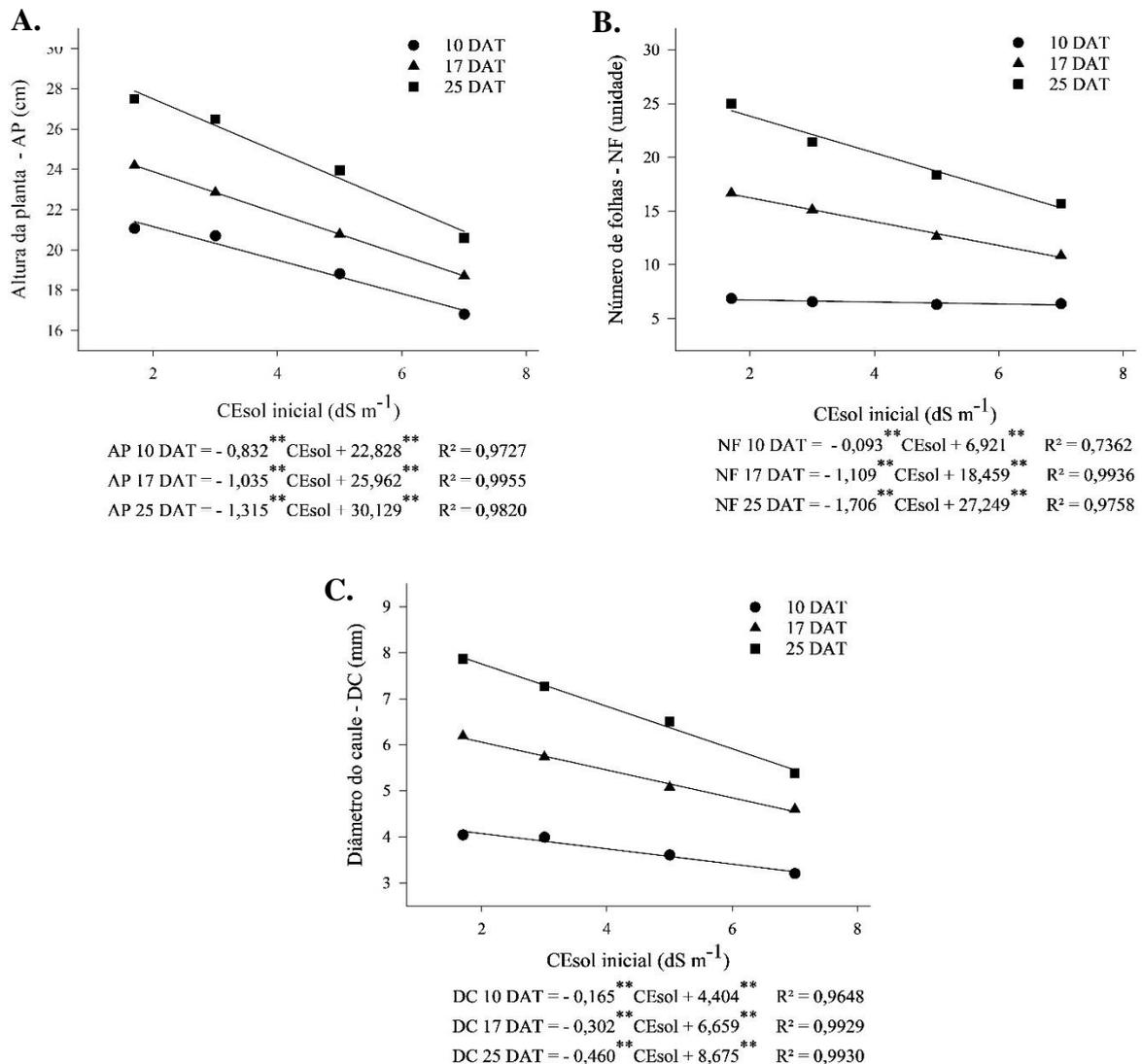


Figura 12. Altura, número de folhas e diâmetro do caule, aos 10, 17 e 25 dias após o transplantio de plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico.

O crescimento do caule também apresentou redução linear conforme o incremento salino da solução nutritiva, de forma isolada para a CEsol ($p < 0,01$). Assim como na AP e NF, os efeitos da salinidade foram se intensificando e proporcionando maior diferença no diâmetro do caule conforme o aumento da salinidade (Figura 12 C). Os decréscimos unitários relativos ficaram na ordem de 0,158; 0,299 e 0,469 mm, e as diferenças entre o tratamento controle e o de 7,0 dS m⁻¹, em percentagem foram 20,79; 25,67 e 31,60%, aos 10, 17 e 25 DAT, respectivamente.

Silva et al. (2017) também observaram uma diminuição no diâmetro do caule em resposta à sensibilidade ao estresse salino, porém na cultura da alface crespa. Eles afirmaram que esse parâmetro é mais afetado à medida que o tempo de exposição ao estresse aumenta, em que puderam identificar variações de 0,60 a 1,00 cm no diâmetro caulinar da alface. Essas reduções podem estar ligadas ao aumento da produção de espécies reativas de oxigênio e o desbalanceamento dentro de diferentes partes dos tecidos vegetais, sobretudo o caule, que é uma das partes mais sensíveis a situações de estresse, provocando a limitação no crescimento (DANTAS et al., 2022).

Na Tabela 4 está apresentado o resumo da análise de variância para fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz e caule (MFRC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz e caule (MSRC), aos 10 e 25 DAT, taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR), com base na massa fresca. Para a quantia de massa fresca da parte aérea (MFPA), foram observados efeitos isolados para o fator salinidade ($p < 0,01$), aos 10 e 25 DAT, e isolado para declividade ($p < 0,05$), aos 10 DAT. Na variável quantidade de matéria fresca da raiz e caule, observou-se efeito isolado para salinidade ($p < 0,01$) e interativo entre os fatores ($p < 0,05$), aos 10 DAT. Já na massa seca da parte aérea (MSPA), verificou-se efeito isolado da salinidade ($p < 0,01$), aos 10 e 25 DAT. Para a massa seca da raiz e caule (MSRC), aos 10 DAT ocorreram efeitos isolados para os fatores declividade e salinidade ($p < 0,01$) e efeito interativo ($p < 0,05$). As taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR), a salinidade das soluções nutritivas promoveu efeito significativo isolado ($p < 0,01$), e as declividades implicaram apenas, apenas na TCR ($p < 0,05$). Não foram avaliados os dados de massa fresca e seca das raízes aos 25 DAT, visto a dificuldade de separar as raízes das plantas nos perfis hidropônicos, dificultando o ajuste dos valores para uma análise fidedigna

Tabela 4. Resumo da análise de variância para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz e caule (MFRC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz e caule (MSRC), aos 10 e 25 DAT, taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR), com base na massa fresca, de plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico.

| FV | GL | Quadrado médio | | | | | | | |
|-----------------|----|-----------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | | MFPA | | MFRC | MSPA | | MSRC | TCA-MFPA | TCR-MFPA |
| | | 10 DAT | 25 DAT | 10 DAT | 10 DAT | 25 DAT | 10 DAT | | |
| Bloco | 3 | 3,441 ^{ns} | 157,021 ^{ns} | 0,882 ^{ns} | 0,074 ^{ns} | 0,878 ^{ns} | 0,011 ^{ns} | 0,627 ^{ns} | 0,0002 ^{ns} |
| Declividade (D) | 3 | 28,126 [*] | 191,307 ^{ns} | 6,332 ^{ns} | 0,183 ^{ns} | 1,201 ^{ns} | 0,037 ^{**} | 0,744 ^{ns} | 0,0007 [*] |
| Erro 1 | 9 | 5,575 | 489,170 | 1,729 | 0,082 | 2,035 | 0,004 | 1,914 | 0,0002 |
| CEsol (CE) | 3 | 145,105 ^{**} | 30164,731 ^{**} | 8,532 ^{**} | 0,566 ^{**} | 79,890 ^{**} | 0,023 ^{**} | 116,47 ^{**} | 0,0035 ^{**} |
| CE x D | 9 | 2,053 ^{ns} | 242,324 ^{ns} | 2,922 [*] | 0,054 ^{ns} | 0,373 ^{ns} | 0,008 [*] | 1,100 ^{ns} | 0,0002 ^{ns} |
| Erro 2 | 36 | 5,071 | 354,222 | 1,354 | 0,055 | 0,974 | 0,003 | 1,461 | 0,0002 |
| CV 1 (%) | - | 17,73 | 21,65 | 18,11 | 24,51 | 21,53 | 15,80 | 23,36 | 9,29 |
| CV 2 (%) | - | 16,91 | 18,42 | 16,02 | 19,99 | 14,90 | 14,22 | 20,41 | 10,61 |

^{*}, ^{**} Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente; ^{ns} não significativo pelo teste F; GL – grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação.

Na Figura 13A é possível observar o desempenho linear decrescente, considerando o efeito isolado da salinidade das soluções nutritivas, para o teor de massa fresca acumulada na parte aérea (MFPA) das plantas de chicória, aos 10 e 25 DAT. Aos 10 DAT, ainda no estágio inicial de ganho de massa e replicação do número de folhas, as plantas apresentaram uma média de redução unitária, conforme aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, em valores relativos de 1,259 g planta⁻¹ e diferença de 41,13% entre o peso úmido das plantas do tratamento controle e o de maior CEsol (7,0 dS m⁻¹).

Aos 25 DAT os valores de decréscimo foram ainda maiores, devido ao tempo de exposição à salinidade, em que apresentaram quedas de massa a cada unidade de elevação da CEsol de 18,88 g planta⁻¹, com o tratamento controle apresentando maior valor no acúmulo de matéria fresca, com média de 153,02 g planta⁻¹. Foram observados valores 65,38% menores, e valor médio de 52,98 g planta⁻¹, no tratamento com CEsol estimada em 7,0 dS m⁻¹, quando realizado comparativo com o tratamento com solução preparada e repostada com água de boa qualidade.

A tendência de redução na produtividade de matéria fresca também foi registrada por Martins et al. (2019b) em sua pesquisa sobre a cultura da salsa, a qual foi submetida a diferentes soluções com predominância catiônica. Os resultados indicaram que as plantas expostas ao NaCl demonstraram uma queda linear mais significativa, porém mesmo com a elevação da salinidade, foram obtidas plantas de salsa com massa fresca em torno de 50 g.

A redução na produção de matéria fresca em condições de cultivo com águas salobras, como observado na Figura 13A, geralmente é correlacionada a diversos distúrbios fisiológicos causados pelo excesso de sais na zona radicular e sua subsequente incorporação nos tecidos vegetais. Esse fenômeno induz a toxicidade iônica, interferindo na replicação celular, devido ao declínio da absorção de nutrientes e água pelas plantas (SILVEIRA et al., 2016).

Com base nos dados de massa fresca da parte aérea (MFPA), é apresentado efeito significativo isolado para declividades dos perfis hidropônicos (Figura 13B), com ajuste quadrático aos 10 DAT. O modelo quadrático implicou em um ponto de mínima MFPA na CEsol de 4,48 dS m⁻¹, porém apresentou um ajuste baixo, com coeficiente de determinação (R²) igual a 0,5211. Ao avaliar os valores gerais, as inclinações apenas a inclinação de 4 % implicou numa redução do valor médio da massa fresca, mas no ato da colheita, não foram observadas diferenças significativas entre as declividades, na MFPA.

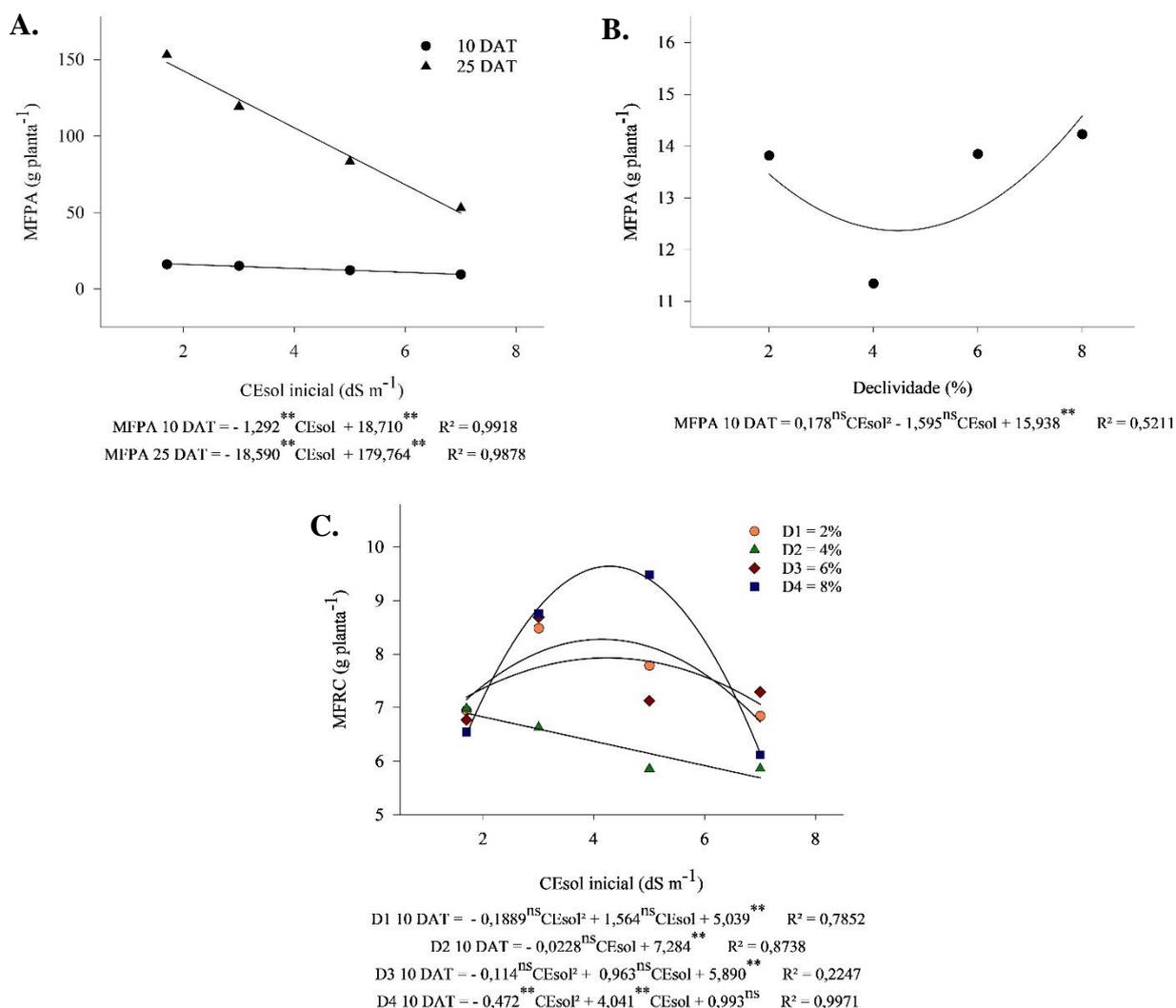


Figura 13. Massa fresca da parte aérea (MFPA), aos 10 e 25 DAT, para efeito condutividade elétrica (A), MFPA aos 10 DAT para efeito isolado da declividade (B), massa fresca da raiz e caule (MFRC), aos 10 DAT, para efeito da interação entre os fatores (C) de plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico.

Na Figura 13C estão representados os ajustes das declividades com efeito interativo com o fator salinidade da solução nutritiva, na incorporação de massa fresca da raiz e caule das plantas de chicórias, aos 10 DAT. Apenas a declividade 4% demonstrou comportamento linear decrescente, com redução de 16,04 % entre o tratamento de maior condutividade elétrica, em comparação ao tratamento controle (1,7 dS m⁻¹), e comparada as outras salinidades, no tratamento controle, obteve maior valor médio relativo da massa de raízes, 6,98 g planta⁻¹. As

demais declividades, apresentaram comportamento quadrático, com pontos de máxima MFRC nas CEsol de 4,14, 4,23 e 4,28 dS m⁻¹, nas inclinações de 2, 6 e 8 %, respectivamente. O modelo da declividade 6 % não se ajustou satisfatoriamente, mas em compensação, os demais obtiveram ajustes esperado.

Os resultados obtidos para uma inclinação de 8% (Figura 13C) sugerem uma ampliação na emissão de raízes da chicória na faixa de condutividade elétrica entre 3,0 e 5,0 dS m⁻¹. Nessa faixa, a inclinação pode atuar como um agente mitigador do estresse iônico radicular primário, que surge no início da exposição das plantas à salinidade, e conseqüentemente aumentar a capacidade de absorção de água. Por outro lado, a redução na emissão de raízes em declividades maiores, após a faixa de máximo em relação à salinidade, é atribuída ao aumento da velocidade do filme de nutrientes. Em sistemas hidropônicos sujeitos a fluxos líquidos elevados, é possível ocorrerem lesões na zona radicular das plantas e uma redução na absorção de nutrientes, devido ao tempo reduzido de contato da solução nutritiva com as raízes (CANASTRA, 2017).

O acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA) (Figura 14 A) não diferiram em termos de tendência quando comparados à massa fresca da parte aérea (MFPA). Ambas as avaliações, aos 10 e 25 DAT, apresentaram decréscimos lineares conforme o incremento unitário da condutividade elétrica, com reduções nos valores de 0,089 e 0,95 g planta⁻¹, respectivamente. Foram obtidas reduções nos valores de 34,92 e 55,19 % no tratamento de 7,0 dS m⁻¹, aos 10 e 25 DAT, quando comparados ao tratamento de 1,7 dS m⁻¹. Esses valores percentuais implicam numa conclusão de que a MSPA foi menos afetada do que a MFPA da chicória, com relação a salinidade.

Bezerra et al. (2022), ao estudarem a cultura do coentro, em uma faixa de condutividade elétrica da solução nutritiva entre 1,5 e 6,0 dS m⁻¹, utilizando NaCl na preparação das soluções, também constataram uma diminuição linear da massa seca da cultura. As perdas foram observadas como decorrentes do aumento unitário da CE, com valores relativos de 0,565 g por maço. É possível verificar que a salinidade da água pode prejudicar a incorporação de matéria seca das plantas, principalmente devido ao estresse osmótico, toxicidade iônica e desequilíbrio nutricional, fatos esses que interferem nos processos metabólicos responsáveis pela produção de biomassa vegetal (GIUFFRIDA et al., 2017).

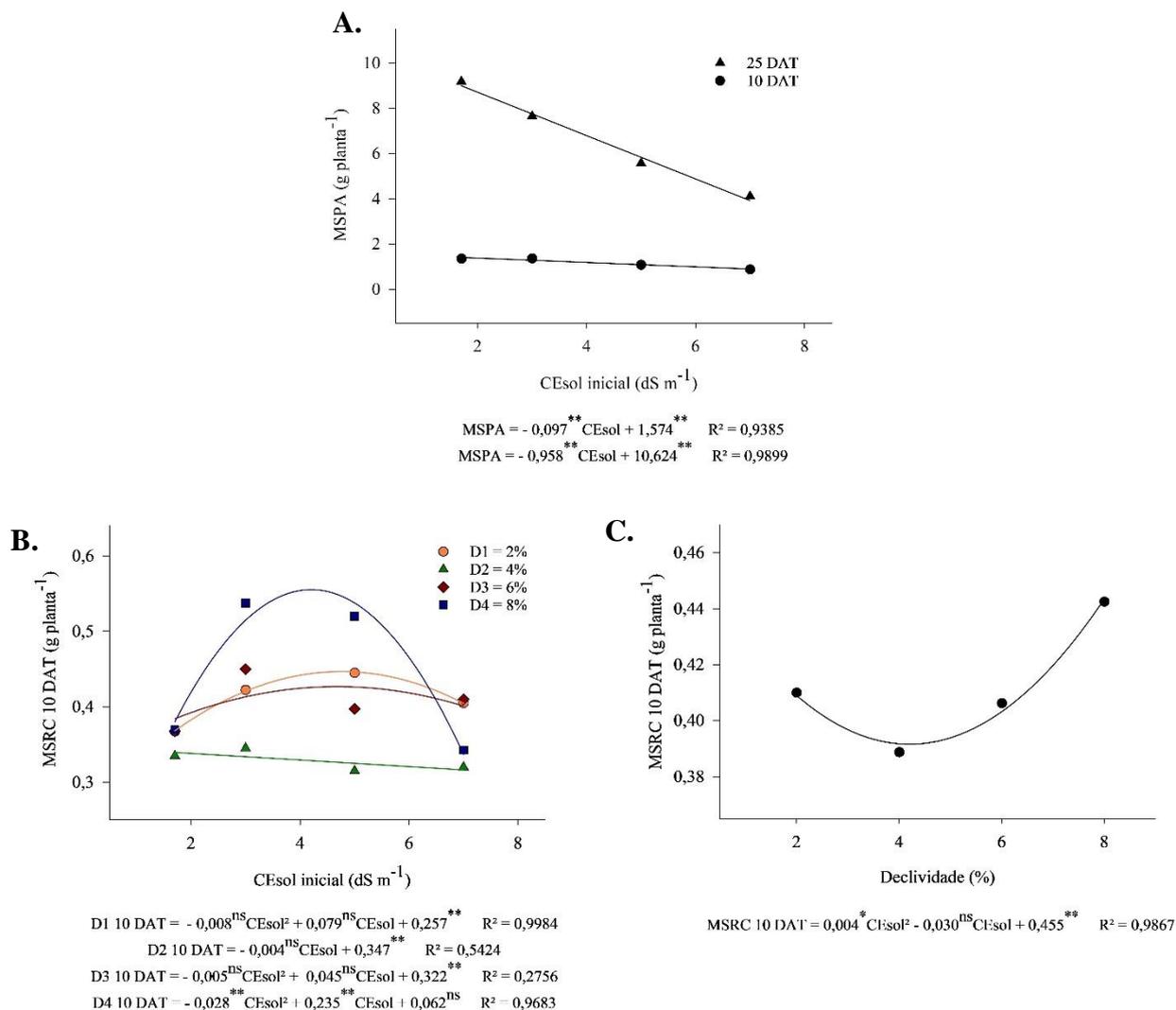


Figura 14. Massa seca da parte aérea (MSPA), aos 10 e 25 DAT, para efeito condutividade elétrica (A), MSRC aos 10 DAT para efeito da interação entre os fatores (B), massa seca da raiz e caule (MSRC), aos 10 DAT, para efeito isolado das declividades (C) de plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico.

Com relação à massa das raízes e caule aos 10 DAT, na Figura 14 B está representado o efeito significativo da interação entre os fatores CEsol e declividade ($p < 0,01$). As declividades 2, 6 e 8 %, assim como nos valores de massa fresca da mesma parte da planta, apresentaram ajuste quadrático, com pontos de máxima massa em 4,94; 4,5 e 4,19 dS m^{-1} , e valores numéricos de 0,452, 0,423 e 0,555 g por planta, respectivamente. Já a declividade de 4 % apresentou tendência linear decrescente, com uma redução de 4,47% no tratamento de 7,0 dS m^{-1} , e decréscimo unitário de 0,003 g por planta em relação a tratamento de menor salinidade.

Nas declividades de 4 e 6 % os modelos de regressão linear e quadrático não se ajustaram de forma satisfatória, em contrapartida os modelos se ajustaram de forma excelente para as declividades 2 e 8 %. Assim como no acúmulo de massa fresca das raízes e caule, a declividade de 8 % estimulou a emissão de novas raízes até determinado nível de salinidade, e depois houve a redução devido à elevação dela. Isso ocorre principalmente pelas altas concentrações de Na^+ e Cl^- , que desencadeiam o desbalanceamento nas relações Na^+/K^+ , $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ e $\text{Cl}^-/\text{NO}^{-3}$, proporcionando danos fisiológicos nas plantas, reduzindo a fotossíntese e inibindo o crescimento das raízes (SANTOS et al., 2019).

O aumento da declividade realmente influenciou positivamente as médias de acúmulo de massa seca nas raízes e caule, apresentando ajuste quadrático, com ponto de mínima massa próximo da declividade de 4% e máxima massa na inclinação 8 %, com valor 0,443 g por planta. A quantidade de matéria seca está vinculada a uma combinação de elementos, incluindo a altura da planta, a quantidade de folhas e a área foliar, e esses fatores podem refletir de certa forma o estado nutricional das plantas (LOURENCIO, 2021).

Na Figura 15^a, está demonstrado o a análise de regressão da taxa de crescimento absoluto (TCA) na cultura da chicória dos 10 aos 25 DAT, para o efeito significativo da condutividade elétrica das soluções nutritivas (CEsol). O ajuste demonstra que houve uma redução linear da ordem de 68,25%, em que o tratamento inicial (1,7 dS m^{-1}) apresentou incorporação de 9,12 g de massa fresca ao dia, nessa fase de crescimento, enquanto o tratamento de 7,0 dS m^{-1} obteve uma média de 2,90 g dia^{-1} .

Dantas (2012), também encontrou reduções lineares na taxa de crescimento absoluto (TCA), nas culturas da couve-chinesa e agrião submetidas a águas cloretadas sódicas com nível máximo de 5,2 dS m^{-1} , com valores da ordem de 11,02%, para o agrião, e 14,68%, para a couve-chinesa. Ao comparar com a redução observada na Figura 15A, na cultura da chicória, é possível verificar que para níveis de condutividade elétrica mais elevados, os decréscimos unitários se ampliaram, assim proferindo indícios de redução no crescimento das plantas devido redirecionamento da energia metabólica, em condições de estresse salino, para criação de mecanismos de adaptação as condições desafiadoras (SANTOS et al., 2019).

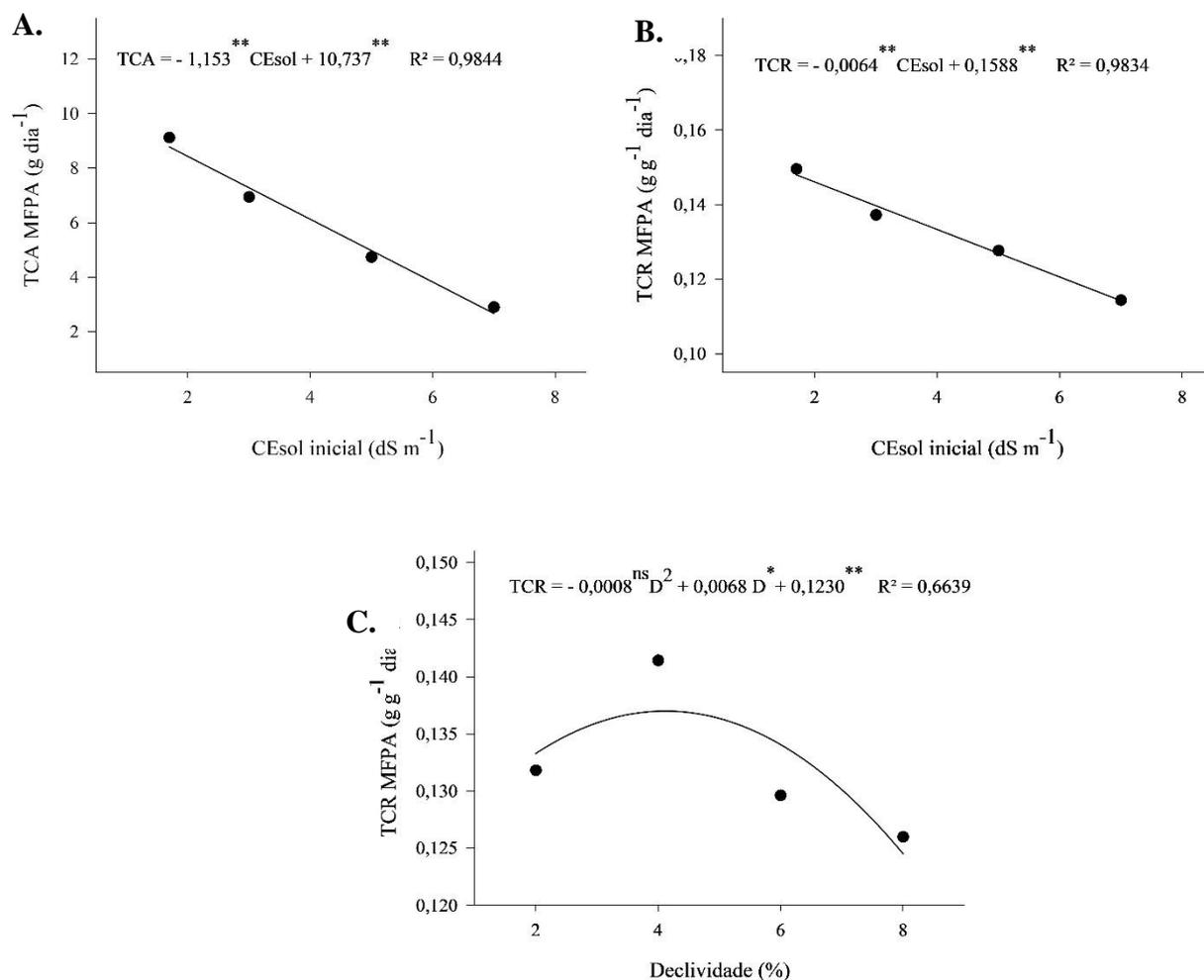


Figura 15. Taxa de crescimento absoluto (A), taxa de crescimento relativo, para efeito isolado da condutividade elétrica (B) e das declividades (C), de plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico.

Quanto a taxa de crescimento relativo (TCR), que expressa o incremento de massa da planta em função do peso inicial das plantas (BENINCASA, 2003), houve uma redução de $0,007 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para cada unidade de condutividade elétrica incrementada nos tratamentos (Figura 15B). Verifica-se melhor desempenho da TCR no tratamento controle, com soluções preparadas e repostas com água de abastecimento, com valor médio de $0,149 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. De forma comparativa, houve uma redução linear de 23,52% na taxa de crescimento relativo, quando comparados os tratamentos de 1,7 e 7,0 dS m^{-1} .

Lira et al. (2019) observaram reduções nas taxas de crescimento, especialmente na Taxa de Crescimento Relativo (TCR), ao estudarem a cultura do agrião. As médias mais altas foram

registradas quando as plantas foram irrigadas com água de abastecimento público e cloretadas cálcicas, enquanto as médias mais baixas foram encontradas em águas salinizadas com cloreto de sódio.

No estágio de maturidade das plantas, que ocorreu na chicória aos 25 DAT, a redução da TCR pode indicar o início da senescência celular e a diminuição da capacidade de produção de novas células, devido à exposição prolongada à salinidade. Esse fenômeno é comum e resulta da realocação dos fotoassimilados para a manutenção das estruturas celulares já formadas, o que reduz a disponibilidade desses recursos para o crescimento vegetal (FERREIRA et al., 2008).

Por outro lado, Santos et al. (2019) não observaram efeitos significativos na taxa de crescimento relativo (TCR), quando submeteram o manjeriço a águas salinizadas com NaCl para preparação da solução nutritiva, e esses resultados corroboram com Bione et al. (2014), que concluíram que a taxa de crescimento relativo não é considerada um parâmetro um parâmetro sensível para visualizar efeitos deletérios da salinidade.

Na Figura 15C está apresentado a análise de regressão do efeito isolado das declividades na taxa de crescimento relativo da chicória, com ajuste quadrático. A análise de regressão inferiu em um modelo de curva com baixo nível de ajuste, mas é possível verificar que não houve variações expressivas nas médias das declividades, mas a inclinação de 4% proporcionou um ponto de máximo nos valores dos incrementos relativos de massa na chicória, com valor na ordem de $0,141 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

6.2. Eficiência e aspectos do consumo hídrico

A interação entre os tratamentos influenciou ($p < 0,01$) o consumo hídrico acumulado nos 25 DAT (CH) das plantas. De forma isolada, a CEsol ocasionou efeito significativo ($p < 0,01$) sobre o consumo hídrico (CH) e a eficiência de uso da água com base na produção de massa fresca da parte aérea (EUA) (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para o consumo hídrico acumulado do 1° ao 25° DAT (CH) e eficiência do uso da água, com base nas massas de matéria fresca (EUA), das plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico.

| FV | GL | Quadrado médio | |
|-----------------|----|----------------------|----------------------|
| | | CH (1° ao 24° DAT) | EUA |
| Bloco | 3 | 0,116 ^{ns} | 0,692 ^{ns} |
| Declividade (D) | 3 | 2,273 ^{ns} | 0,279 ^{ns} |
| Erro 1 | 9 | 2,206 | 2,158 |
| CEsol (CE) | 3 | 48,855 ^{**} | 77,300 ^{**} |
| CE x D | 9 | 8,083 ^{**} | 3,762 ^{ns} |
| Erro 2 | 36 | 1,828 | 2,186 |
| CV 1(%) | - | 10,26 | 21,15 |
| CV 2 (%) | - | 9,33 | 21,29 |

*, ** Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente; ^{ns} não significativo pelo teste F; GL – grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação.

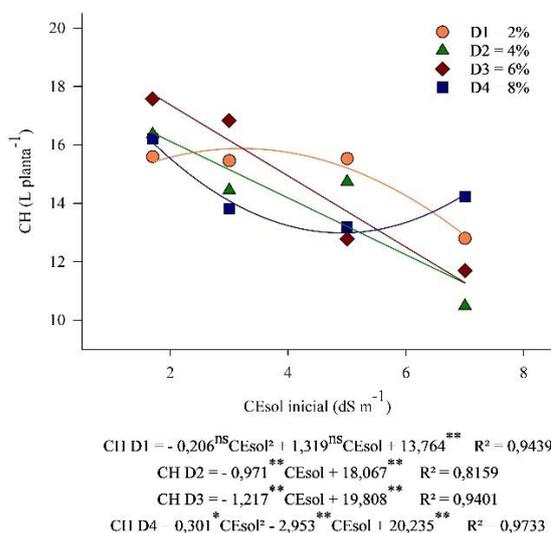
Na Figura 16 A, pode-se verificar o efeito interativo entre os fatores condutividade elétrica e declividades das calhas hidropônicas, para o consumo hídrico da cultura da chicória (CH), com ajuste linear nas declividades 4 e 6 %, e decréscimos de 1,109 e 1,108 L planta⁻¹, respectivamente, para cada aumento de unitário na condutividade elétrica. Observou-se também, uma tendência quadrática para as declividades 2 e 8 %, com valores estimados pelas equações de suas respectivas curvas, em que o ponto de máximo na declividade 2 % está situado na CE de 3,20 dS m⁻¹, e de mínimo, na inclinação 8% foi, em 4,90 dS m⁻¹.

Observa-se ainda que as declividades apresentaram ajustes distintos entre os níveis de condutividade elétrica, onde a declividade de 6 % otimizou o consumo de água pelas plantas em 11,25 % em comparação ao menor valor, na declividade de 2 %, no tratamento controle (1,7 dS m⁻¹). Com o aumento do teor de sais na solução nutritiva, nos tratamentos de 7,0 dS m⁻¹, foi avaliado que a declividade 8 % elevou o consumo hídrico em 26,33 %, quando comparado a declividade de 4%, que obteve menor valor, em média.

Paulus et al. (2012) citam que o incremento na salinidade da solução nutritiva diminui a absorção de água pelas plantas, e seu trabalho demonstrou quedas lineares de 3,9 e 10,0 % no consumo hídrico da alface em um sistema com declividade fixa, e resultados similares também foram encontrados nos estudos de Santos et al. (2019). O comportamento desses estudos citados confronta parcialmente os resultados o exposto na Figura 16 A, ao avaliar diferentes

declividades, em que a inclinação de 8 % aponta um efeito mitigatório ao estresse hídrico decorrente do incremento salino.

A.



B.

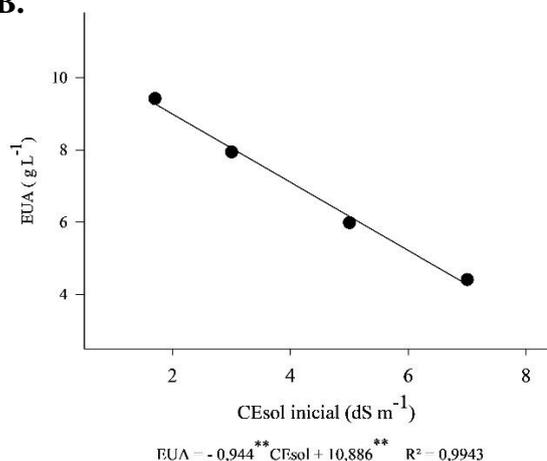


Figura 16. Consumo hídrico (A), eficiência de uso da água na produção de massa fresca da parte aérea (B) das plantas de chicória escarola lisa, cv. Batávia, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações dos perfis hidropônicos.

Na Figura 16 B, pode-se observar o efeito isolado da condutividade elétrica para a eficiência do uso da água com base na massa fresca das plantas, com tendência de queda linear das médias de 53,18% entre o tratamento controle (1,7 dS m⁻¹) e o de maior salinidade (7,0 dS m⁻¹). A EUA apresentou decréscimos de 0,95 g L⁻¹, para cada aumento unitário na CE.

Esses resultados corroboram com os apresentados por Campos Júnior et al. (2018), em que foram observados decréscimos lineares de 1,261 g L⁻¹ da EUA-MFPA da rúcula por incremento unitário da condutividade elétrica da solução. Cruz et al. (2017), também atestaram em seu estudo desempenho decrescente linear da EUA-MFPA da couve-flor, ao avaliar duas vazões de aplicação da solução nutritiva (1,5 e 2,5 dS m⁻¹), obtiveram declínios de 7,67 % e 11,06 %, respectivamente.

6.3. Análise das Trocas gasosas

De acordo com o resumo da análise de variância, dentre as variáveis de trocas gasosas analisadas, a fotossíntese (A) apresentou efeito significativo ($p < 0,01$) para o fator salinidade

isolado, e as demais variáveis, transpiração (E), concentração interna de CO_2 (ci) e condutância estomática (gs), não foram observados efeitos significativos para os fatores isolados ou na interação entre eles (Tabela 6).

Para as variáveis interativas, houve efeito da interação salinidade e declividades dos perfis hidropônicos para a eficiência instantânea do uso da água (A/E) ($p < 0,05$). Também foi verificado efeito significativo isolado do fator condutividade elétrica para as duas variáveis de interação, incluindo a eficiência instantânea de carboxilação (A/ci) (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância das variáveis fotossíntese ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiração ($E - \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 ($Ci - \mu\text{mol mol}^{-1}$) e condutância estomática ($gs - \text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); e das relações A/E (eficiência instantânea do uso da água – $[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})]$) e A/Ci (eficiência instantânea de carboxilação – $[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\mu\text{mol mol}^{-1})]$) das plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico.

| FV | GL | Quadrado médio | | | | | |
|-----------------|----|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | | A | E | Ci | gs | A/E | A/Ci |
| Bloco | 3 | 5,154 ^{ns} | 39,888* | 167,674 ^{ns} | 0,082* | 0,024 ^{ns} | 0,0003 ^{ns} |
| Declividade (D) | 3 | 1,465 ^{ns} | 7,805 ^{ns} | 313,413 ^{ns} | 0,028 ^{ns} | 0,003 ^{ns} | 0,0003 ^{ns} |
| Erro 1 | 9 | 3,994 | 9,699 | 111,752 | 0,018 | 0,014 | 0,0002 |
| CEsol (CE) | 3 | 15,980** | 16,267 ^{ns} | 536,677 ^{ns} | 0,044 ^{ns} | 0,041* | 0,0011* |
| CE x D | 9 | 4,429 ^{ns} | 1,800 ^{ns} | 406,169 ^{ns} | 0,007 ^{ns} | 0,029* | 0,0004 ^{ns} |
| Erro 2 | 36 | 3,502 | 7,360 | 218,607 | 0,018 | 0,114 | 0,0003 |
| CV 1 (%) | - | 33,38 | 23,11 | 7,05 | 33,34 | 26,75 | 32,76 |
| CV 2 (%) | - | 31,25 | 20,13 | 9,86 | 32,20 | 23,85 | 41,98 |

*, ** Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente; ^{ns} não significativo pelo teste F; GL – grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação.

Na Figura 17 A, pode-se verificar a representação do efeito isolado do fator salinidade para a fotossíntese ($p < 0,01$), com ajuste quadrático, e ponto de máxima entre as médias estimado pela equação da curva, localizado na CE de 4,41 dS m^{-1} , com valor de 7,16 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Vale ressaltar que a variável concentração interna de CO_2 não se apresentou como significativa no período em que foram avaliadas ($0,05 < p < 0,07$), mas demonstrou resultado que pode indicar afinidade estatística com a variável fotossíntese (A). Então, pode-se deduzir

que o gás carbônico estava sendo utilizado junto com a água, efetivamente, para sintetizar os açúcares pelo processo fotossintético, até a condutividade elétrica indicada como ponto máximo ($4,41 \text{ dS m}^{-1}$) e depois apresentado o decréscimo devido ao aumento de sais da solução nutritiva. Esse comportamento pode ter ocorrido devido a uma adaptação das plantas, às condições de estresse impostas pela salinidade da solução nutritiva, garantindo a fotossíntese positiva devido ao ajustamento osmótico da cultura até o limiar máximo (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Um dos mecanismos de adaptação, desenvolvidos pelas plantas, para assegurar sua sobrevivência em períodos prolongados de exposição ao estresse salino, é o incremento na produção de fotoassimilados, que tem como objetivo contornar esse processo de estresse salino, até o limiar suportado pela cultura, que depende da natureza catiônica do sal prevalente, o tipo e a frequência do fornecimento de água (SÁ, 2014; DIAS & BLANCO, 2016).

O comportamento da taxa fotossintética de queda após o ponto de máximo desempenho apresentado na figura 17 A, Segundo Munns e Tester (2008), essa diminuição pode ser atribuída à exposição prolongada aos níveis elevados de salinidade, resultando no desenvolvimento do processo de toxicidade iônica. Esse fenômeno ocorre devido ao acúmulo excessivo de íons indesejáveis nos tecidos vegetais, ocasionando perturbações no metabolismo e redução da atividade fotoquímica das plantas.

Na Figura 17 B, pode ser avaliado o efeito da interação entre os fatores salinidade e declividades dos perfis de hidroponia, na eficiência instantânea do uso da água (A/E), com efeito significativo ($P < 0,05$), e apresentando desempenho quadrático para as declividades 2, 6 e 8 % e linear crescente para a declividade 4%. Os pontos de máximo, para as declividades 2, 6 e 8%, foram estimados nas condutividades elétricas de 5,11, 3,85 e 4,22 dS m^{-1} , respectivamente, e os valores obtidos para essas condutividades foram 0,531, 0,513 e 0,553 [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$], em sequência. Já na declividade de 4 %, houve um aumento de 47,23% na eficiência do uso da água pelas plantas, com incrementos lineares de 0,053 [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$] para cada aumento unitário na condutividade elétrica da solução nutritiva.

É possível observar que a declividade de 8 % inferiu melhor desempenho no uso eficiente da água pelas plantas até 5 dS m^{-1} (Figura 17 B). Posterior a esse limite, a inclinação de 4% exibiu indicativos da possível mitigação dos efeitos do estresse salino, contribuindo, assim, para otimizar o processo de utilização da água nas atividades fisiológicas das plantas de chicória. O melhor comportamento da eficiência no uso da água na declividade de 4% pode ser justificado pelo estudo de López-Pozos et al. (2011), que identificaram essa declividade como

ideal para a manutenção da temperatura e teor de oxigênio dissolvido, além de facilitar a absorção de água e nutrientes, assim melhorando o desempenho fotossintético.

Os valores observados, na relação entre a fotossíntese e a transpiração, estabelecem a associação entre a quantidade de carbono fixada pela planta pela quantidade de água perdida por unidade (JAIMEZ et al., 2005; FERRAZ et al., 2012). Em situações de estresse osmótico, as plantas procuram mitigá-lo diminuindo a absorção de íons tóxicos por meio do fechamento estomático e redução da transpiração, visando aumentar a eficiência no uso da água e o teor relativo de água em suas folhas (SÁ et al., 2019; DANTAS et al., 2022). Porém, após o limiar de ajustamento osmótico da cultura, esse mecanismo não é suficiente para reduzir os danos fisiológicos à planta, assim ocorre a redução dos valores da relação A/E.

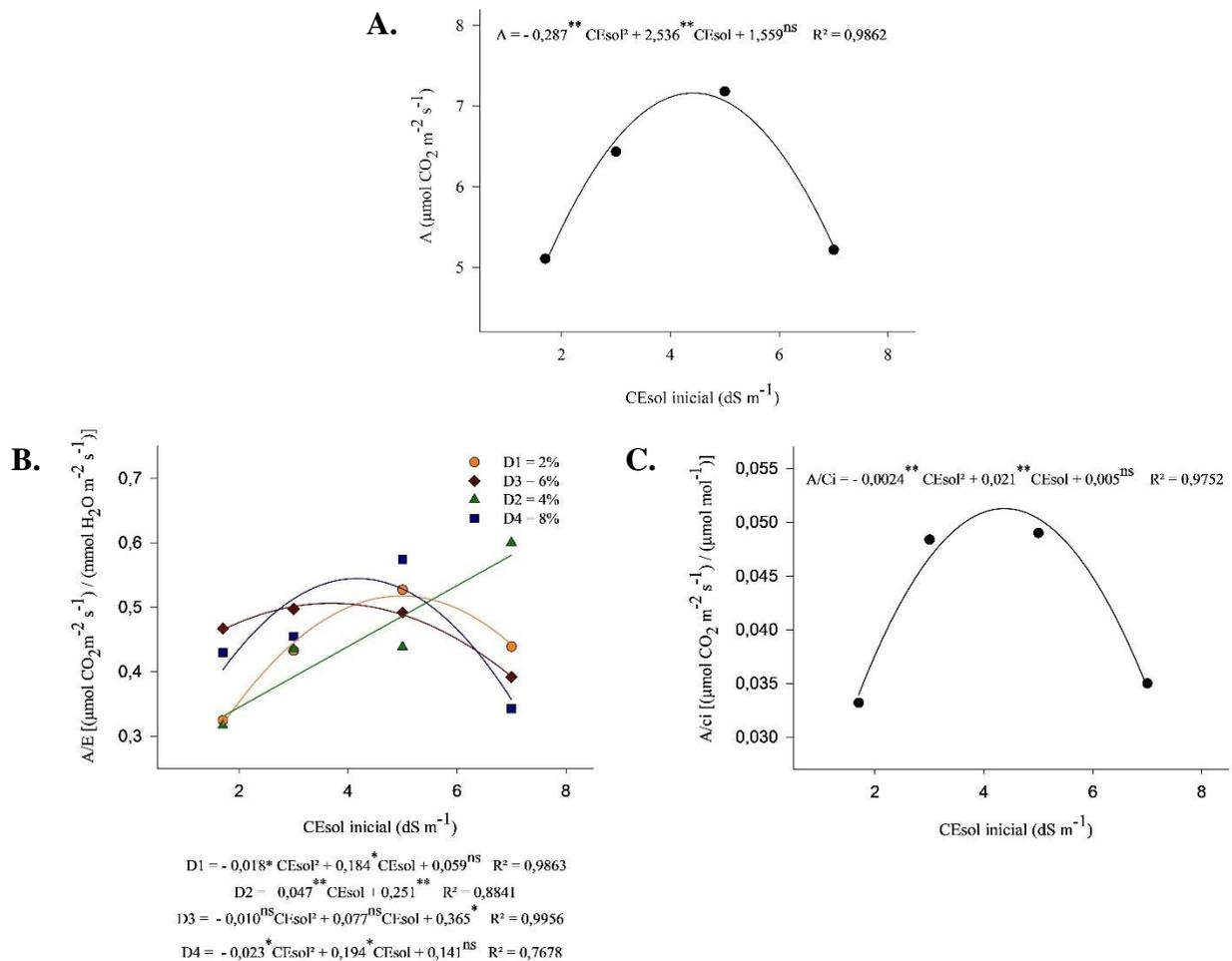


Figura 17. Fotossíntese ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (A), A/E (eficiência instantânea do uso da água – $[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})]$) (B) e A/Ci (eficiência instantânea de carboxilação – $[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\mu\text{mol mol}^{-1})]$) (C), das plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico.

Na Figura 17 C, está ilustrada a análise de regressão, com ajuste quadrático da relação eficiência de carboxilação (A/ci), com efeito significativo para o fator salinidade. O ponto de máxima eficiência encontra-se na condutividade elétrica de $4,375 \text{ dS m}^{-1}$ com valor máxima eficiência de $0,051 [(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\mu\text{mol mol}^{-1})]$. O comportamento exibido assemelha-se ao da fotossíntese líquida, o que é atribuído à estreita relação entre a concentração interna de CO_2 e o processo fotossintético. Os resultados sugerem a presença de atividade normal da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (RuBisCO), responsável pela fixação do

carbono no ciclo de Calvin-Benson, e indicam a ausência de restrição metabólica na planta até o limite máximo de salinidade (LIMA et al., 2017; GUIMARÃES et al., 2019).

Uma conclusão semelhante à observada na cultura da chicória (Figura 17 C), foi obtida no estudo de Pessoa (2020), em que foi encontrado o ajuste quadrático da eficiência de carboxilação (A/ci) do coentro, quando exposto a soluções nutritivas contendo NaCl, identificando um ponto máxima eficiência na condutividade de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, com valor da ordem de $0,118 \text{ mmol/mmol}$.

6.4. Análise dos Pigmentos fotossintéticos

No quadro de análise de variância (Tabela 7), estão resumidos os quadrados médios, coeficientes de variação e as significâncias estatísticas dos pigmentos fotossintéticos da cultura da chicória escarola lisa, em que se pode observar o efeito significativo isolado para condutividade elétrica nas variáveis Clorofila *a* e Clorofila *b* ($p < 0,05$), e Clorofila total ($p < 0,01$). Nesse caso, também de forma isolada, houve influência do fator declividade na Clorofila *b* e nos carotenoides ($p < 0,05$). A interação entre os tratamentos (condutividade elétrica x declividades) não afetou ($p > 0,05$) nenhuma das variáveis nesta observação.

Tabela 7. Resumo da análise de variância das variáveis Clorofila *a* (*Cl_a*), Clorofila *b* (*Cl_b*), Carotenoides (*Cr*) e Clorofila total (*Cl_{total}*) das plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico.

| FV | GL | Quadrado médio | | | |
|-----------------|----|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|
| | | <i>Cl_a</i> | <i>Cl_b</i> | <i>Carotenoides</i> | <i>Cl_{total}</i> |
| Bloco | 3 | 9,358** | 2,883 ^{ns} | 0,085 ^{ns} | 21,829** |
| Declividade (D) | 3 | 1,551 ^{ns} | 9,345* | 1,411* | 4,992 ^{ns} |
| Erro 1 | 9 | 1,046 | 1,397 | 0,291 | 1,529 |
| CEsol (CE) | 3 | 7,271* | 7,368* | 0,028 ^{ns} | 27,636** |
| CE x D | 9 | 2,604 ^{ns} | 3,164 ^{ns} | 0,455 ^{ns} | 5,568 ^{ns} |
| Erro 2 | 36 | 2,448 | 2,396 | 0,460 | 15,086 |
| CV 1(%) | - | 8,62 | 20,04 | 22,95 | 6,96 |
| CV 2 (%) | - | 13,18 | 26,23 | 28,85 | 10,93 |

*, ** Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente; ^{ns} não significativo pelo teste F; GL – grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação.

As clorofilas a, b e total tiveram ajustes semelhantes, com aumento linear dos pigmentos fotossintetizantes em função das condutividades elétricas da solução nutritivas de 11,64, 17,62 e 13,68 %, respectivamente, em relação ao maior e menor nível de CE. O aumento do teor das clorofilas a, b e total a cada incremento unitário de CE foram de 0,282, 0,221 e 0,503 mg g⁻¹ MF, em sequência (Figuras 18A, 18B e 18C).

Incrementos positivos nos teores de clorofila a, b e total, mediante o aumento da salinidade, também foram observados no trabalho de Paulus et al. (2010). Neste estudo, duas cultivares de alface (Verônica e Pira Roxa) foram submetidas a uma condutividade elétrica máxima de 7,4 dS m⁻¹, revelando um ajuste linear crescente das clorofilas para ambos os tipos da cultura. A alface é classificada como moderadamente sensível a salinidade, mas as variedades estudadas podem apresentar comportamento de tolerância à salinidade, o que é consistente com o fenômeno observado, de forma que o teor de clorofila aumenta com os níveis de salinidade em espécies tolerantes e tende a diminuir nas espécies sensíveis (MUNNS, 2002). Esta associação se estende à cultura da chicória, além das alfaces Verônica e Pira Roxa, ambas consideradas tolerantes à salinidade.

Essa tendência observada para as clorofilas é antagônica a maior parte dos estudos utilizando águas salinizadas para preparação de soluções nutritivas ou irrigação de culturas agrícolas, uma vez que em condições adversas, as plantas frequentemente se aclimatam para equilibrar a produção e remoção de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs), a fim de evitar o estresse oxidativo (Carvalho et al., 2011). Isso geralmente envolve a redução da Clorofila *a*, o pigmento mais abundante e crucial na fotossíntese. Esse processo é mediado pela ação da enzima clorofilase, que degrada esse pigmento, reduzindo a absorção de energia e diminuindo o fluxo de elétrons na cadeia de transferência (TABOT & ADAMS, 2013).

Os ajustes das equações de regressão apresentados nas Figuras 18 A, 18 B e 18 C, também são similares aos resultados de Paiva (2020), cujo estudo submeteu a cultura do maracujá à irrigação com águas predominância catiônica de sódio. Esses padrões são interpretados como uma resposta fisiológica das plantas à foto-oxidação, em que a proteção do complexo antena é ativada. Isso pode ser alcançado por meio do aumento dos tilacoides (estrutura onde se encontram as clorofilas e carotenoides) ou até mesmo pelo desenvolvimento ou aumento na quantidade de cloroplastos (SILVA et al., 2016).

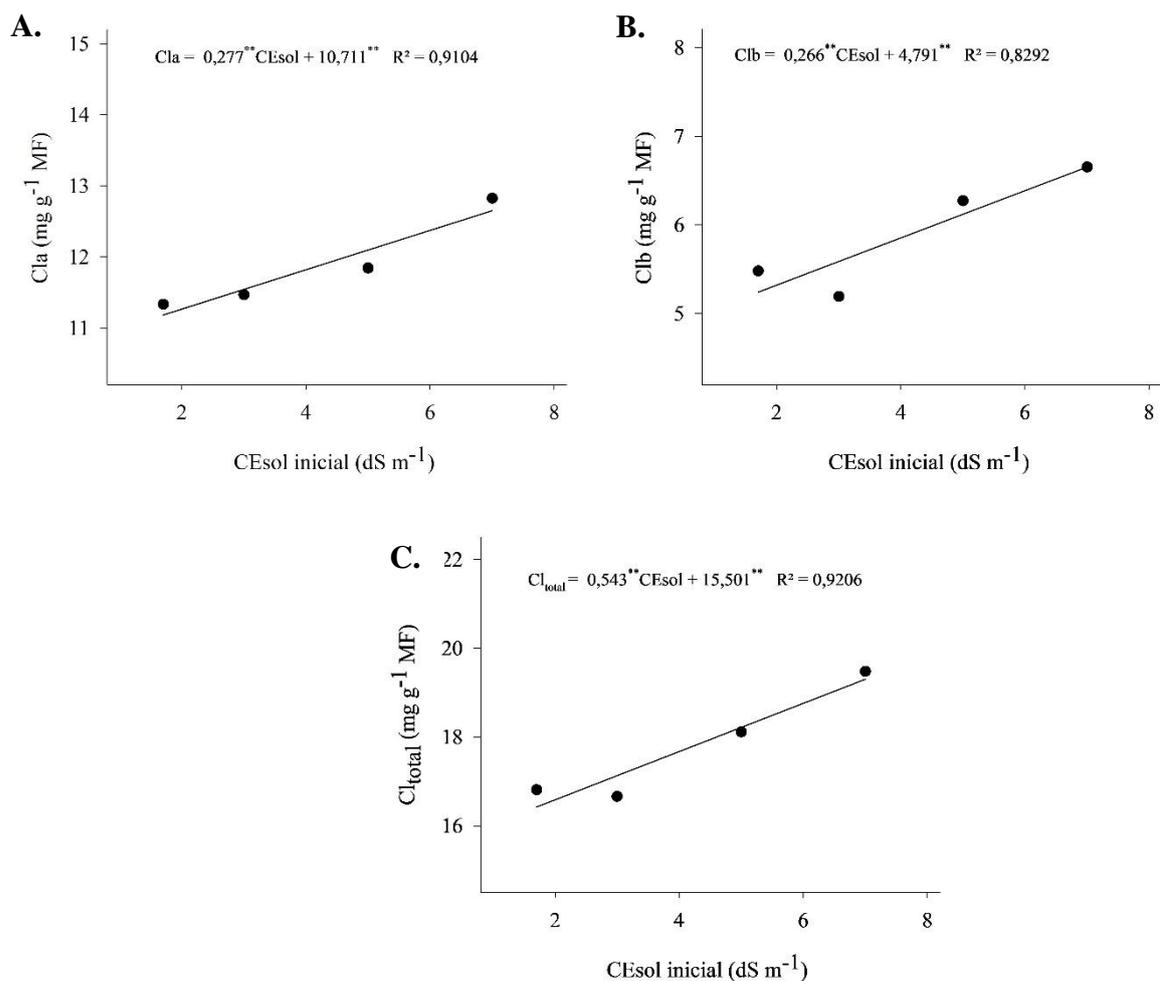


Figura 18. Efeito isolado da condutividade elétrica para Clorofila *a* (*Cl_a*) (A), Clorofila *b* (*Cl_b*) (B) e Clorofila total (*Cl_{total}*) (C) das plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico.

Na Figura 19 A, está apresentado o efeito significativo ($p < 0,05$) do fator declividade para a clorofila *b*, que indica uma tendência linear decrescente, onde ocorreu uma diminuição desse componente em 20,87 % no tratamento de 7,0 dS m⁻¹, em relação ao tratamento controle (1,7 dS m⁻¹). Foram observados decréscimos de 0,268 mg g⁻¹ MF por adição unitária na condutividade elétrica, com maior desempenho da clorofila *b* na declividade 2 %, com valor de 6,81 mg g⁻¹ MF.

A clorofila *b* é considerada um pigmento acessório no complexo antena da fotossíntese, responsável pela ampliação da faixa de absorção da luz e transferência para a ação da clorofila *a* (TAIZ & ZIEGER, 2009). A Figura 19 A revela que a declividade dos perfis hidropônicos está correlacionada com a diminuição da síntese de clorofila *b* nas plantas sob salinidade. Esse

fenômeno sugere que o aumento da inclinação dos perfis hidropônicos intensificou efeitos do estresse hídrico e iônico, possivelmente por aumentarem o fluxo da solução nutritiva, dificultando parcialmente a absorção adequada de água e nutrientes essenciais a produção desse pigmento. Vale ressaltar que os pigmentos auxiliares são os mais sensíveis à variação das condições de cultivo, apresentando facilmente alterações nas atividades metabólicas e danos na membrana celular (MELO et al., 2017).

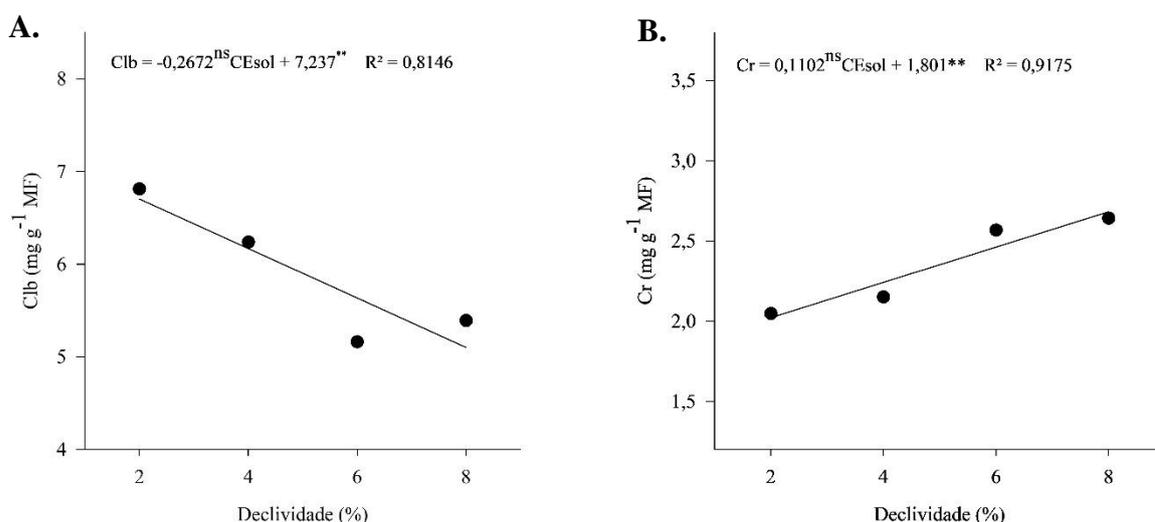


Figura 19. Efeito isolado das declividades para Clorofila *b* (*Clb*) (A) e Carotenoides (*Cr*) (B) das plantas de Chicória escarola lisa, cv. Batávia submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e inclinações do perfil hidropônico.

Na Figura 19 B, pode ser observado o efeito contrário das declividades ao observado na clorofila *b*. O teor de carotenoides foi afetado positivamente pelo incremento das declividades, em que é possível verificar um efeito significativo ($p < 0,01$) linear crescente, com valores mínimo e máximo de 2,047 e 2,642 mg g⁻¹ MF, respectivamente. O aumento na quantidade de carotenoides foi de 22,53% entre a maior e menor declividade, e incrementos positivos de 0,112 mg g⁻¹ MF, para cada aumento unitário do nível de declividade dos perfis hidropônicos.

Nesse sentido, os resultados sugerem que o aumento das declividades nos perfis hidropônicos contribuiu para a produção de carotenoides dentro dos tilacoides (Figura 19 B). esse pigmento é crucial para a proteção do fotossistema vegetal, uma vez que ele desempenha o papel receptores de luz, proteção contra excesso de radiação e proteção contra a ação de radicais livres que danificam as células (MUBEEN et al., 2023; MARENCO; LOPES, 2009). Além disso, os carotenoides atuam como agentes antioxidantes, protegendo as membranas

lipídicas do estresse oxidativo, permitindo que participem eficientemente da fotossíntese mesmo sob condições de estresse, como a salinidade crescente (ASHRAF & HARRIS, 2013).

7. CONCLUSÕES

1. Salinidades acima dos 4,0 dS m⁻¹ afetaram negativamente o crescimento da cultura da chicória, promovendo modificações principalmente nos aspectos visuais. As declividades entre 6 e 8% inferiram em melhor incorporação de matéria fresca e seca (aérea e raiz/caule) na cultura da chicória nos primeiros 10 DAT. Já no ato da colheita, não foram observadas diferenças significativas entre as declividades.
2. Recomenda-se declividades entre 4 e 6 % para perfis hidropônicos com 3 m de comprimento, para melhor desempenho fisiológico da cultura;
3. O teor crescente dos pigmentos fotossintéticos da chicória cv. Batávia, sugere que a variedade é aceitavelmente tolerante a altos teores de salinidade em produção hidropônica.
4. Com base nos dados estatísticos, algumas das variáveis de crescimento e trocas gasosas apresentaram afeito significativo para as declividades dentro de uma faixa de $p < 0,09$, apontando possíveis influências nos cultivos com salinidade, carecendo de mais estudos, com avaliações em períodos diferentes e talvez até o aumento do comprimento dos perfis hidropônicos, uma vez que poucos produtores utilizam seções de 3 m de comprimento.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, L. S.; SILVA, M. G.; GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; SOARES, T. M.; RAFAEL, M. R. S. Uso de águas salobras no cultivo da chicória em condições hidropônicas. **Irriga**, v. 24, n. 4, p. 758-769, 2019.
- 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, p. 491- 498, 2011.
- APRÍGIO, A.; REZENDE, R.; FREITAS, P.S.L.; COSTA, A.R.; SOUZA, R.S. Teor de nitrato em alface hidropônica em função de vazões e períodos de pós-colheita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 946-951, 2012.

- ASHAF, M.; HARRIS, P. J. C. Photosynthesis under stressful environments: An overview. **Photosynthetica**, v.51, p.163-190, 2013.
- AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino: caracterização, variação sazonal, limitações de uso**. Recife: CNPq, 1995. 128 p.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.
- BARTHOLOMEUS, R. P.; WHITE, J. P. M.; BODEGOM, P. M. Critical soil conditions for oxygen stress to plant root: Substituting the Feddes-function by a process-based model. **Journal of Hydrology**, v. 360, p. 147–165, 2008.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: Noções básicas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42p.
- BEZERRA, R. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; PESSOA, U. C.; SILVA, E. F. F.; OLIVEIRA, T. F.; NOGUEIRA, K. F.; SOUZA, E. R. Water Efficiency of Coriander under Flows of Application of Nutritive Solutions Prepared in Brackish Waters. **Water**, v. 14, n. 24, p. 4005, 2022.
- BIONE, M. A.; PAZ, V. P. D. S.; SILVA, F. D.; RIBAS, R. F.; SOARES, T. M. Crescimento e produção de manjeriço em sistema hidropônico NFT sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1228-1234, 2014.
- CAMPOS JÚNIOR, J. E.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, E. 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.
- CAMPOS, H.; TREJO, C.; PEÑA-VALDIVIA, C. B.; GARCÍA-NAVA, R.; CONDE-MARTÍNEZ, F. V.; CRUZ-ORTEGA, M. R. Stomatal and non-stomatal limitations of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plants under water stress and re-watering: Delayed restoration of photosynthesis during recovery. **Environmental and Experimental Botany**, v.98, p.56-64, 2014.
- CANASTRA, I. I. de O. Aquaponia: construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático. 2017. 143 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Biológicos Aquáticos). Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, Portugal,

2017. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/110688/2/250465.pdf>
Acesso em: 01 jan. 2024.

CARMELLO, Q. A. C. **Cultivo hidropônico de plantas**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1996.
43p.

CARNEIRO, P.C.F.; NUNES, M.U.C.; MARIA, A.N.; FUJIMOTO, R.Y. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.p?

CARRASCO, G.; IZQUIERDO, J. **La empresa hidropónica de mediana escala: La técnica de la solución nutritiva recirculante ('NFT')**. Universidad de Talca (Chile). FAO, 1996.p?

CAVALCANTE, A. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; FURTADO, G. F.; CHAVES, L. H. G. Gas exchanges and photochemical efficiency of hydroponic bell pepper under salinity and plant density. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 3-8, 2019.

CEAGESP. **Chicória**. 2022a. Disponível em: <<https://ceagesp.gov.br/guia-ceagesp/chicoria/>>. Acesso em: 29 set. 2022.

CEAGESP. **Principais variedades de chicória comercializadas na CEAGESP**. 2022b. Disponível em: <<https://ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2020/05/chicoria-1.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2022.

CHATZIGIANNI, M.; NTATSI, G.; THEODOROU, M.; STAMATAKIS, A.; LIVIERATOS, I.; ROUPHAEL, Y.; SAVVAS, D. Functional Quality, Mineral Composition and Biomass Production in Hydroponic Spiny Chicory (*Cichorium spinosum* L.) are Modulated Interactively by Ecotype, Salinity and Nitrogen Supply. **Front Plant Science**, v. 10, n. 1040, p. 1-14, 2019.

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, 2008.

COMETTI, N. N.; FURLANI, P. R.; RUIZ, H. A.; FERNANDES FILHO, E. I. **Soluções Nutritivas: formulação e aplicações**. In: MANLIO SILVESTRE FERNANDES. (Org.). **Nutrição Mineral de Plantas**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 89-114, 2006.

CRUZ, A. F. S.; SILVA, G. F.; SILVA, E. F. F.; SOARES, H. R.; SILVA, M. A.; SANTOS, J. S. G. Consumo hídrico e eficiência do uso da água no cultivo hidropônico da couve-flor com águas salobras. In: IV Inovagri International Meeting, 4, 2017, Fortaleza. **Anais do IV Inovagri International Meeting**. Disponível em: <<https://icolibri.com.br/public/biblioteca/iv-inovagri-meeting>>. Acesso em: 17 jan 2024.

CRUZ, R. I. F.; SILVA, G. F.; SILVA, E. F. F.; SOARES, H. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SANTOS, H. R. B. Water yield and consumption of cauliflower plants grown in a hydroponic system using brackish waters and different flow rates. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 422-428, 2021.

DALASTRA, C.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; SILVA, M. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; FERNANDES, G. C. Head lettuce production and nutrition in relation to nutrient solution flow. **Horticultura Brasileira**, v.38, n.1, p.21-26, 2020.

DANTAS, M. V.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, P. C. C.; SOARES, L. A. dos A. Gas exchange and hydroponic production of zucchini under salt stress and H₂O₂ application. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 2, p. 436-449, 2022.

DANTAS, R, M. L. **Hidroponia utilizando águas salobras nos cultivos de agrião e couve chinesa**. 2012. 86 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

DIAS, L. A.; SILVEIRA, P. H. A. M.; OMURA, S. S.; GARCIA, B.; OLIVEIRA, R. E. V.; PEREIRA, M. S. C. Determinação de Teores de Clorofilas e Carotenoides em Alface, Rúcula e Cebolinha. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 3100-3107, 2020.

DIAS, N. da S.; JALES, A. G. de O.; SOUSA NETO, O. N. de; GONZAGA, M. I. da S.; QUEIROZ, Í. S. R. de; PORTO, M. A. F. Uso de rejeito da dessalinização na solução nutritiva da alface, cultivada em fibra de coco. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 632-637, 2011.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeito dos sais no solo e na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C.F; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e Aplicados**. 2ed. Fortaleza: INCTSal, 2016, Cap.11, p.151-161.

ECÍLIO FILHO, A. B.; COELHO, R. L.; CUNHA, T. P. L.; URRESTARAZU, E. M. Nitrogen efficiency in hydroponic chicory. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 18, p. 2532-2539, 2017.

FERNÁNDEZ, J.e.; ALCON, F.; DIAZ-ESPEJO, A.; HERNANDEZ-SANTANA, V.; CUEVAS, M.V. Water use indicators and economic analysis for on-farm irrigation decision: a case study of a super high density olive tree orchard. **Agricultural Water Management**, v. 237, p. 106074, 2020.

FERREIRA, D. F. SISRVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019.

FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. A.; REIS, M. R.; VARGAS, L.; VIANA, R. G.; GUIMARÃES, A. A.; GALON, L. Potencial competitivo de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p.261-269, 2008

FERREIRA, P. A.; SILVA, J B. L.; RUIZ, H. A. Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semi-áridas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2 ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 3, p. 17-34.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura**. Viçosa: Editora Agronômica Ceres, 1982. 357p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3º ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 421p.

FONSECA, M. C. M.; RASLAN, K. R.; PEREIRA, P. R. G.; BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P. Tamponamento do pH da solução nutritiva na hidroponia de plantas ornamentais. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 11, n. 2, p. 100-108, 2005.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia-NFT**. Campinas: Instituto Agronômico, 1998.

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

GENUNCIO, G. C.; SILVA, R. A. C.; SÁ, N. M.; MARY, W.; ZONTA, E. Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, V.26, n.4, p.605-608, 2011.

GIUFFRIDA, F.; CASSANITI, C.; LEONARDI, C. Effects of salt stress imposed during two growth phases on cauliflower production and quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 5, p. 1552-1560, 2017.

GOMES, J. W. S.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M. de; BLANCO, F. F.; SOUSA NETO, O. N. de. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 850-856, 2011.

GRACIANO, E. S. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LIMA, D. R. M.; PACHECO, C. M.; SANTOS, R. C. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 794-800, 2011.

GRIGAS, A.; KEMZŲRAITĖ, A.; STEPONAVIČIUS, D.; STEPONAVIČIENĖ, A.; DOMEIKA, R. Impact of Slope of Growing Trays on Productivity of Wheat Green Fodder by a Nutrient Film Technique System. **Water**, v. 12, n. 11, p. 3009, 2020.

GUIMARÃES, R. F. B.; MAIA JÚNIOR, S. O.; NASCIMENTO, R.; MELO, D. F.; RAMOS, J. G.; ANDRADE, J. R. GUIMARÃES, R. F. B. et al. Trocas gasosas em cultivares de alface crespa em cultivo hidropônico com água salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 4, p. 3599-3609, 2019.

HELBEL JUNIOR C; REZENDE R; FREITAS PSL; GONÇALVES ACA; FRIZZONE JA. Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1142-1147, 2008.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. S. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2 ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 4, p. 35-50.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 777p, 2006. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1706>>. Acesso em: 05 out. 2022.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Climatologia de referência 1991-2020**. Disponível em: <<https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377>>. Acesso em: 24 set 2022.

JALES, M.C.; FEITOSA, F.A.N.; KOENING, M.L.; BASTOS, R.B.; MACHADO, R.C.A. O ecossistema recifal de Serrambi (nordeste do Brasil): biomassa fitoplânctônica e parâmetros hidrológicos. **Atlântica**, v. 34, n. 2, p. 87-102, 2012.

- JAMIL, M.; REHMAN, S.; LEC, K. J.; KIM, J. M.; KIM, H. S.; RHA, E. S. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. **Scientia Agrícola**, v.64, p.111-118, 2007.
- LANA, M. M.; TAVARES, S. A. (Ed.). **50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir**. 2. ed. rev. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 209 p.
- LAWLOR, D. W. Fotossíntese, produtividade e meio ambiente. **Journal of Experimental Botany**, v. 4, n. 1, p. 1449-1461, 1995.
- LEAL, L. Y. C.; SOUZA, E. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SANTOS, M. A. Comparison of soil and hydroponic cultivation systems for spinach irrigated with brackish water. **Scientia Horticulturae**, v. 274, p. 109616, 2020.
- LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. de O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 219-228, 2005.
- LICHTENTHALER, H.; WELLBURN, A. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, n.603, p.591-592, 1983.
- LIMA, D. N. **Produção de chicória sob níveis de disponibilidade hídrica em ambiente protegido**. 38 f. TCC (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental), Universidade Federal de Mato Grosso, Recife, 2018.
- LIMA, G. S. DE; FERNANDES, C. G. J.; SOARES, L. A. A. DOS A.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Gas exchange, chloroplast pigments and growth of passion fruit cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v.33, p.184-194, 2020.
- LIMA, G. S.; DIAS, A. S.; SOUZA, L. P.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A. Effects of saline water and potassium fertilization on photosynthetic pigments, growth and production of West Indian cherry. **Revista Ambiente & Água**, v.13, n.3, p.1-12, 2018.
- LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. O. Physiology, growth and yield of castor bean under salt stress and nitrogen doses in phenophases. **Idesia**, v.32, n.3, p.91-99, 2014.

- LIMA, N. S.; SILVA, E. F. F.; MENEZES, D.; CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. G. Fruit yield and nutritional characteristics of sweet pepper grown under salt stress in hydroponic system. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 297-305, 2018.
- LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, A.O.; MEDEIROS, P. R. F.; SILVA, G. F.; SOARES, H. R. Watercress and chinese cabbage in a hydroponic system using groundwater. **Revista Caatinga**, v.32, n.4, p.1038-1047, 2019
- LIU, B.; LIANG, J.; TANG, G.; WANG, X.; LIU, F.; ZHAO, D. Drought stress effects on growth, water use efficiency, gas exchange and chlorophyll fluorescence of Juglans rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v.250, p.230-235, 2019.
- LÓPEZ-POZOS, R.; MARTÍNEZ-GUTIÉRREZ, G. A.; PÉREZ-PACHECO, R.; URRESTARAZU, M. The Effects of Slope and Channel Nutrient Solution Gap Number on the Yield of Tomato Crops by a Nutrient Film Technique System under a Warm Climate. *HortScience Horts*, v. 46, p. 727-729, 2011.
- LOURENCIO, R. C. **Cultivo de hortaliças em sistema hidropônico sob diferentes diluições do biofertilizante e declividades das calhas de condução das culturas**. Ceará, 2021. 79 p. Dissertação de mestrado (Mestrado em Energia e Ambiente) Universidade Federal do Ceará, Ceará
- LUZ, J. M. Q.; SILVA, M. A. D. da; HABER, L. L.; PIROLLA, A. C.; ARVATI, L. F. D. Cultivo hidropônico de chicórias lisa e crespa e almeirão em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Rev. Ciência Agronômica.**, v. 40, n. 4, p. 610-616, 2009.
- MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. **Applied Agriculture Research**, v.1, p.12-26, 1986.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - Current Assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v.103, p.115-134, 1977.
- MAROTO, J. V. **Horticultura herbácea especial**. 4. ed. Madri: Mundi, 1995. 611 p.
- MARTINS, J. B.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; BARTUSCH, V. P.; GHEYI, H. R.; BEZERRA NETO, E.; SILVA, M. M. Water relations in parsley plants cultivated in brackish nutrient solutions of different cationic natures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 9, p. 662-668, 2019a.
- MARTINS, J. B.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA JÚNIOR, F. J. D.; SILVA, G. F. D.; MEDEIROS, S. D. S. Production of parsley in hydroponic conditions under isosmotic brackish nutrient solutions. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, 2019b.

MELO, H. F.; SOUZA, E. R.; DUARTE, H. H. F.; CUNHA, J. C.; SANTOS, H. R. B. Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 38-43, 2017.

MENDONÇA, A. J. T.; LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; OLIVEIRA, V. K. N.; GHEYI, H. R.; SILVA, L. de A.; ALMEIDA, F. A.; FERNANDES, P. D. Gas exchange, photosynthetic pigments, and growth of hydroponic okra under salt stress and salicylic acid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 9, p. 673-681, 2023b.

MENDONÇA, M. A.; OLIVEIRA, R. A.; DUDA, R. M.; FUJITA, A. T.; MILLAN, R. N. Remoção de íons Cu^{2+} , Mn^{2+} e Zn^{2+} em solução aquosa utilizando lodo biológico de reatores anaeróbios de alta taxa. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v.38, p.17-27, 2017.

MENDONÇA, V. V. O.; SILVA, C. A.; MENDONÇA, C. R. O. S. G.; SILVA, C. J.; GUIMARÃES, C. M. Lettuce production in hydroponic and fish-farming aquaponic under different channel slopes and nutrient solutions in the NFT system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 9, p. 746-754, 2023a.

MENEZES, J. S.; CAMPOS, V. P.; COSTA, T. A. C. Desalination of brackish water for household drinking water consumption using typical plant seeds of semi-arid regions. **Desalination**, v. 281, p. 271–277, 2011

MODESTO, F. J.; SANTOS, M. A. C. M.; SOARES, T. M.; SANTOS, E. P. M. Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido à salinidade em condições hidropônicas. **Irriga**, v.24, p.86-97, 2019.

MORAIS, P. L. D.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUSA NETO, O. N.; SARMENTO, J. D. A.; GONZAGA, M. I. S. Effects of nutrient solution salinity on the physiological performance of melon cultivated in coconut fiber. **Revista Caatinga**, v.31, n.3, p.713-718, 2018.

MOREIRA, L. C. J.; TEIXEIRA, A. S.; GALVÃO, L. S.; LEÃO, R. A. de O.; ROCHA NETO, O. C. da. Identificação de problemas de salinidade do solo utilizando técnicas de sensoriamento remoto. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2 ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 6, p. 65-81.

MOTA, J.H.; YURI, J.E.; FREITAS, S.A.C.; RODRIGUES, J.C.; RESENDE, G.M.; SOUZA, R.J.de. Comportamento de cultivares de alface americana quanto à queima dos

bordos (“tip-burn”) na região Sul de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p249-252, 2002.

MUBEEN, B.; HASNAIN, A.; JIE, W.; ZHENG, H.; PEIJNENBURG, W.J.G.M.; ROZALI, S.E.; RASOOL, R.; NAQVI, S.A.H.; RAO, M.J.; SOHAIL, M.A.; ET AL. Enhanced Production of Active Photosynthetic and Biochemical Molecules in *Silybum marianum* L. Using Biotic and Abiotic Elicitors in Hydroponic Culture. **Molecules**, v. 28, n. 4, p. 1716, 2023.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell & Environ**, v.25, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.

NGUYEN, N. T.; MCINTURF, S. A.; CÓZATL, D. G. M. Hydroponics: A Versatile System to Study Nutrient Allocation and Plant Responses to Nutrient Availability and Exposure to Toxic Elements. **Journal of Visualized Experiments**, v. 113, n. 7, p. 1-9, 2016.

NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. **Cichorium endivia**. Disponível em: <https://plants.ces.ncsu.edu/plants/cichorium-endivia/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

NUNES, R.L.C.; DIAS, N.S.; FREITAS MOURA, K.K.C.; NETO, O.N.S.; COSTA, J.M. Efeitos da salinidade da solução nutritiva na produção de pimentão cultivado em substrato de fibra de coco. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 4, p. 48–53, 2013.

OLIVEIRA, H.; NASCIMENTO, R.; SILVA, S.; CARDOSO, J. A. F.; GUIMARÃES. R. F.B.; NASCIMENTO. E. C. S. Initial Growth and Gas Exchanges of Plants of Colored Cotton Submitted to Saline Stress. **Agricultural Sciences**, v. 9, n. 12, p. 1652, 2018.

OLIVEIRA, T. F.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, M. G. da; GHEYI, H. R.; ALMEIDA, J. C. de; GUISELINI, C. Cultivation of chicory under nutrient solutions prepared in brackish waters and applied at different temperatures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 9, p. 719-728, 2023.

OLIVOTO, T. A.; ELLI, E. F.; SCHMIDT, D.; CARON, B. O.; SOUZA, V. QOLIVOTO, T.; et al. Photosynthetic photon flux density levels affect morphology and bromatology in *Cichorium endivia* L. var. *latifolia* grown in a hydroponic system. **Scientia Horticulturae**, v. 230, p. 178-185, 2018.

- PAIVA, F. J.S. Desempenho agrônômico do maracujazeiro-amarelo sob irrigação com águas de diferentes naturezas catiônicas. 2020. 97 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Linha de Concentração: Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB.
- 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, n. 1, p. 29-35, 2010.
- PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, v. 59, n. 1, p. 110-117, 2012.
- PEÇANHA, A. L.; SILVA, J. R.; RODRIGUES, W. P.; FERRAZ, T. M.; NETTO, A. T.; LIMA, R. S. N.; LOPES, T. S.; RIBEIRO, M. S.; DEUS, B. C. S.; COUTO, T. R.; SCHAFFER, B.; CAMPOSTRINI, E. Leaf gas exchange and growth of two papaya (*Carica papaya* L.) genotypes are affected by elevated electrical conductivity of the nutrient solution. **Scientia Horticulturae**, v.218, n.5, p.230-239, 2017.
- PESSOA, U. C. M. **Uso de águas subterrâneas salobras do semiárido pernambucano para produção de coentro em sistema hidropônico NFT**. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.
- PILLA, M. A. C.; HABER, L. L.; GRASSI FILHO, H. Uso racional de nutrientes no cultivo hidropônico de amor-perfeito. **Irriga**, v. 11, n. 3, p. 367-375, 2006.
- R. L. DE S. FERRAZ et al. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.
- REBOUÇAS, J. R. L.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. S.; SOUZA NETO, O. N.; DINIZ, A. A.; LIRA, R. B. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 624-634, 2013.
- REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; OLINIK, J. R.; JACOBY, C. F. S. Produtividade da chicória (*Cichorium endivia* L.) em função de tipos de bandejas e idade de transplante de mudas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 739-747, 2007.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas Salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 48). 2000. 117 p.

- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **The use of saline waters for crop production**. FAO Irrigation and Drainage, FAO, Rome, 1992. 48 p.
- RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2 ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 2, p. 9-16.
- RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep, 2002. 762 p.
- RYDER, E. J. Lettuce, endive and chicory. CABI, 1998. 208 p.
- SÁ, F. V. da S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. de; PAIVA, E. P.; SILVA, L. de A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; DIAS, A. S. Ecophysiology of West Indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. **Bioscience Journal**, v. 35, p. 211-221, 2019.
- SÁ, F.V. S. Fisiologia de porta-enxertos de citros sob água salina em cultivo hidropônico. 2014. 55 f. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Campina Grande. Pombal, Brasil.
- SÁ, G. D.; REGHIN, M. Y. Desempenho de duas cultivares de chicória em três ambientes de cultivo. **Revista Ciência eAgrotecnologia**., v. 32, n. 2, p. 378-384, 2008.
- SAMPAIO, I. Mg; SILVA JÚNIOR, M. L. da; BITTENCOURT, R. Fpm; OLIVEIRA, E. s. de; LOPES FILHO, W. R. L.; SOUZA, L. R.; COSTA, V. C. N. Productive and physiological performance of jambu genotypes cultivated in hydroponics. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 190-196, 2022.
- SANDANIELO, A.; LUNARDI, D. M. C. Coeficientes de cultura da chicória (*Cichorium endivia L.*). **Irriga**, v. 7, n. 2, p. 65-80, 2002.
- SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; DIAS, N. S.; MEDEIROS, S. S. Produção e pós-colheita de flores de girassóis sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Engenharia Agrícola**, v. 36, p. 420-432, 2016.
- SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; FRANCILINO, A. H.; PEREZ-MARIN, A. M. Crescimento de girassóis ornamentais sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 3, p. 591-604, 2018.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; GUEDES FILHO, D. H. Crescimento do girassol em sistema hidropônico sob estresse salino e densidades de plantio. **Irriga**, v. 20, n. 2, p. 233-247, 2015.

SANTOS, A. N. **Rendimento e avaliação nutricional do cultivo hidropônico de alface (*Lactuca sativa L.*) em sistema NFT no Semi-árido brasileiro utilizando águas salobras.** 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009.

SANTOS, J. F.; COELHO FILHO, M. A.; CRUZ, J. L.; SOARES, T. M.; CRUZ, A. M. L. Growth, water consumption and basil production in the hydroponic system under salinity. **Revista Ceres**, v. 66, n. 1, p. 45-53, 2019.

SANTOS, R. S. da S.; DIAS, N. da S.; SOUSA NETO, O. N. de; GURGEL, M. T. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra no cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*) em sistema hidropônico NFT. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 983-989, 2010.

SANTOS, S.M.; PAIVA, A.L.R.; SILVA, V.F. Qualidade da água em barragens subterrâneas no semiárido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, p.651-662, 2016.

SILVA JÚNIOR, F. J.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, M. M. da; SILVA, Ê. F. de F. e; SOUZA, E. R. de. Water relations of chives in function of salinity and circulation frequency of nutrient solutions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 5, p. 359-365, 2019.

SILVA JÚNIOR, G. S.; MORAIS, M. B.; CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. Crescimento de genótipos diploides de bananeira submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n.11, p. 1145 – 1151, 2012.

SILVA, A. L.; NASCIMENTO, M. N.; TANAN, T. T.; OLIVEIRA, U. C.; LIMA, J. C. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface crespa. **Revista Centro Científico Conhecer**, v. 14, n. 26, p. 328-338, 2017.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; SOUSA, C. H. C.; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. **Revista Agro@mbiente**, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2016.

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. **Advanced in Horticultural Science.**, v. 34, n. 3, p. 243-253, 2020.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; OLIVEIRA, I. S.; SANTOS, J. C. S.; PINHO, J. S.; FREITAS, F. T. O. SILVA, M. G.; et al. Produção de coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 4, p. 246-258, 2015.

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016. v.2, p.181-196.

SOARES FILHO, W. S. Melhoramento genético e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2 ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 17, p. 259-274.

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.

SOARES, H. R.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; CRUZ, A. F. S.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; ROLIM, M. M. Salinity and flow rates of nutrient solution on cauliflower biometrics in NFT hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 4, p. 258-265, 2020.

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.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, Ê. F. F.; PAZ, V. P. S.; OLIVEIRA, J. L. B. SOARES, T.M.; et al. Uso de águas salobras em sistemas hidropônicos de cultivo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2 ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 23, p. 372-393.

SOARES, T. M.; SILVA, E.F.F.; DUARTE, S.N.; MÉLO, R.F.; JORGE, C.A.; SILVA, E.M.B. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, v.12, n.2, p.235-248, 2007.

SUASSUNA, J. A. pequena irrigação no Nordeste: algumas preocupações. **Ciência Hoje**, v.18, n.104, p.38-43, 1994.

SUBBARAO, G. V.; JOHANSEN, C. Strategies and scope for improving salinity tolerance in crop plants. In: Pessarakali, M. **Handbook of plant and crop**, 1 ed. Nova York: Marcel Dekker, 1994, p. 559-57.

TABOT, P.T.; ADAMS, J.B. Early responses of *Bassia diffusa* (Thunb.) Kuntze to submergence for diferente salinity treatments. **South African Journal of Botany**, v. 84, n.3, p. 19–29, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p.