

**TARCÍSIO FERREIRA DE OLIVEIRA**

**CULTIVO DO ALMEIRÃO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM  
ÁGUAS SALOBRAS E APLICADAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS**

**RECIFE - PE  
MARÇO DE 2022**

**TARCÍSIO FERREIRA DE OLIVEIRA**

**CULTIVO DO ALMEIRÃO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM  
ÁGUAS SALOBRAS E APLICADAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS**

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

Orientador: Prof. Dr. José Amilton Santos Júnior

**RECIFE - PE**  
**MARÇO DE 2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

O48c

Oliveira, Tarcísio Ferreira de

Cultivo do almeirão sob soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em diferentes temperaturas /  
Tarcísio Ferreira de Oliveira. - 2022.

76 f. : il.

Orientador: Jose Amilton Santos Junior.

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola, Recife, 2022.

1. Cichorium intybus L.. 2. Cultivo sem solo. 3. Salinidade. 4. Resfriamento. I. Junior, Jose Amilton Santos, orient.  
II. Título

CDD 630

---

**TARCÍSIO FERREIRA DE OLIVEIRA**

**CULTIVO DO ALMEIRÃO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM  
ÁGUAS SALOBRAS E APLICADAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS**

Dissertação defendida e aprovada em 31 de março de 2022 pela Banca Examinadora:

---

Prof. D.Sc. José Amilton Santos Júnior – UFRPE  
(Orientador)

---

Prof. D.Sc. Alexandre Nascimento dos Santos – IFAL  
(Membro externo)

---

Prof. D.Sc. Ênio Farias de França e Silva – UFRPE  
(Membro interno)

*“O temor do Senhor é o princípio da sabedoria,  
e o conhecimento do Santo a prudência.”*

*(Provérbios 9:10)*

Ao Deus único e soberano, pois todas as coisas foram feitas por Ele, e sem Ele nada do que foi feito se fez (João 1:3).

Aos meus amados pais, Adelmison Mota de Oliveira e Elisama Ferreira do Nascimento Oliveira, e esposa, Thaís Mendes de Oliveira, por todo amor incondicional ofertado e incentivo constante. Serei eternamente grato, pois sem vocês nenhuma conquista valeria a pena.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu Deus, autor e consumidor da minha fé (Hebreus 12:2), pelo dom da vida. Tu, ó Senhor Deus, és tudo o que tenho. O meu futuro está nas tuas mãos; tu diriges a minha vida (Salmos 16:5).

Ao meu pai e pastor, Adelmison Mota de Oliveira, e à minha mãe, Elisama Ferreira do Nascimento Oliveira, por todo amor, carinho, cuidado e orações ao longo de toda minha trajetória e por nunca medirem esforços em apoiar todos os meus sonhos, em especial nessa fase tão importante da minha vida. Sou extremamente grato a Deus pelas vossas vidas e por me ensinarem que em primeiro lugar vem as coisas que são do alto (Colossenses 3:1-2). Essa conquista é nossa! Amo vocês!

A minha querida esposa, Thaís Mendes de Oliveira, pelo amor, companheirismo, paciência, em especial nos momentos de ausência, e pelos constantes estímulos e palavras de apoio (1 Coríntios 13:4-7). Louvo a Deus por ter unido nossos caminhos, você é uma parte fundamental em minha vida. A você, o meu mais singelo amor.

A toda minha família, especialmente aos meus avós, Inácio Ferreira do Nascimento (*in memoriam*) e Maria Nascimento Ferreira (ou simplesmente Nina), e a minha tia Rosângela Ferreira Correia Dantas que são exemplos de motivação. Obrigado por todo aprendizado, ensinamentos e, acima de tudo, orações em favor da minha vida.

Aos irmãos na fé da Igreja Evangélica Batista Remidos do Senhor, em Nazaré da Mata-PE, pelas inúmeras orações.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Amilton Santos Júnior, pela amizade e por todo ensinamento, apoio e confiança em mim depositada ao longo deste curso. Sou muito grato a Deus por ter o privilégio de receber seus conselhos e orientações de alto nível científico e valor inestimável. O senhor é um exemplo de retidão, humildade e dedicação. Muito obrigado!

Ao Prof. Dr. Hans Raj Gheyi e ao Dr. Mairton Gomes da Silva pelas valiosas contribuições feitas para a realização deste trabalho.

A Ruana Iris, Júlio Ciqueira, Alyne Bognola e Ellyelson Henrique pela parceria, amizade e pelos dias dedicados a condução do experimento, pois sem vocês essa trajetória teria sido ainda mais árdua. Aos demais membros do grupo de pesquisa em Fertirrigação e Salinidade, que faço parte, Clarissa Magalhães, Brenna Veríssimo e Kátia Ribeiro, meus mais sinceros agradecimentos, vocês também fazem parte desta conquista. A todos o meu muito obrigado.

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

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA) por todo apoio e estrutura oferecidos.

Aos professores do PGEA, por todos os subsídios e ensinamentos transmitidos que contribuíram de forma representativa para a minha formação acadêmica. A todos os colegas de pós-graduação, que apesar de não ter conhecido ainda muitos deles pessoalmente, foram fundamentais ao longo de todo o curso, sobretudo pelo compartilhamento de experiências, informações e conhecimentos.

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

Muito obrigado!

## SUMÁRIO

Lista de Figuras .....	11
Lista de Tabelas .....	13
RESUMO .....	14
ABSTRACT .....	15
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. HIPÓTESES .....	17
3. OBJETIVOS.....	17
3.1. Objetivo Geral.....	17
3.2. Objetivos Específicos .....	17
4. REVISÃO DE LITERATURA .....	18
4.1. Características das águas salobras do semiárido brasileiro.....	18
4.2. Uso e manejo de águas salobras no cultivo hidropônico .....	19
4.3. Respostas das plantas à salinidade em cultivos hidropônicos .....	20
4.4. Temperatura de soluções nutritivas preparadas com águas salobras .....	22
4.4.1. Controle da temperatura: solução nutritiva vs ambiente .....	22
4.4.2. Impacto da variação da temperatura sobre os parâmetros da solução nutritiva .....	23
4.4.3. Principais técnicas de resfriamento da solução nutritiva .....	25
4.4.4. Resfriamento de soluções nutritivas preparadas em águas salobras: estudos de caso .....	26
4.5. A cultura do almeirão .....	27
4.5.1. Origem, taxonomia, botânica e principais cultivares .....	27
4.5.2. Aspectos fenológicos e morfológicos .....	28
4.5.3. Aspectos fisiológicos.....	30
4.5.4. Exigência hídrica e nutricional.....	31
4.5.5. Principais usos e importância econômica e social .....	32
4.5.6. Números do setor hidropônico .....	33

5. MATERIAL E MÉTODOS .....	34
5.1. Localização do experimento .....	34
5.2. Delineamento experimental e tratamentos .....	35
5.3. Sistema hidropônico utilizado .....	36
5.4. Preparo e manejo da solução nutritiva .....	36
5.5. Sistema de resfriamento da solução nutritiva .....	37
5.6. Condução da cultura e do experimento.....	39
5.7. Monitoramento de variáveis meteorológicas .....	39
5.8. Variáveis analisadas.....	40
5.8.1. Crescimento e análise do crescimento .....	40
5.8.2. Consumo hídrico e produtividade da água.....	41
5.8.3. Produtividade e aspectos fotossintéticos .....	42
5.9. Análise estatística .....	43
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	44
6.1. Condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura da solução nutritiva ...	44
6.2. Crescimento e análise do crescimento .....	46
6.3. Consumo hídrico e produtividade da água .....	55
6.4. Produtividade e aspectos fotossintéticos.....	59
7. CONCLUSÕES .....	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS/RECOMENDAÇÕES .....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65

## Lista de Figuras

Figura 1. Desenho esquemático do sistema de resfriamento da solução nutritiva (B – bordadura, números de 1 a 6 – tratamentos). Fonte: Cazaroti et al. (2011).....	25
Figura 2. Desenho esquemático do sistema de resfriamento com resfriador elétrico de água. (1) resfriador, (2) coletor, (3) bombas, (4) tubos de resfriamento submersos nos reservatórios, (5) rede elétrica. Fonte: Cortella et al. (2014). .....	26
Figura 3. Fases de desenvolvimento do almeirão, cv. Folha Larga (DAS - dias após o semeio; DAT - dias após o transplântio).....	28
Figura 4. Sistema radicular do almeirão, cv. Folha Larga.....	29
Figura 5. Morfologia das folhas das principais cultivares de almeirão. Fonte: CEAGESP (2021b). .....	29
Figura 6. Flores de almeirão ( <i>Cichorium intybus</i> L.). Fonte: Moreira e Bragança (2011). .....	30
Figura 7. Vista lateral da casa de vegetação. ....	35
Figura 8. Mapa do Estado de Pernambuco com destaque para o município de Recife.....	35
Figura 9. Vista (A) e ilustração gráfica (B) do sistema hidropônico.....	36
Figura 10. Desenho esquemático e procedimentos adotados para o resfriamento da solução nutritiva.....	38
Figura 11. Valores de umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C) dentro do ambiente protegido, durante o período experimental.....	40
Figura 12. Variação temporal da condutividade elétrica, do pH, do oxigênio dissolvido e da temperatura de soluções nutritivas preparadas em águas salobras com prevalência de NaCl e disponibilizadas durante todo um ciclo de plantas de almeirão, cv. Folha larga, em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.....	44
Figura 13. Altura das plantas (A), taxa de crescimento absoluto - AP (B), taxa de crescimento relativo - AP (C), diâmetro do caule (D), taxa de crescimento absoluto - DC (E) e taxa de crescimento relativo – DC (F) de plantas de almeirão, cv. Folha larga, entre os 5 e 26 dias após o transplântio, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.....	48
Figura 14. Número de folhas aos 5, 12 e 19 DAT (A), número de folhas aos 26 DAT (B), área foliar aos 5 DAT (C), área foliar aos 12 DAT (D), área foliar aos 19 DAT (E) e área foliar aos 26 DAT (F) de plantas de almeirão, cv. Folha larga, entre os 5 e 26 dias após o transplântio, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.....	53

Figura 15. Consumo hídrico (A), eficiência de uso da água na produção de massa fresca da parte aérea (B), extravasamento de eletrólitos (C) e suculência foliar (D) de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.....57

Figura 16. Produtividade (A), relação raiz parte aérea (B), Área foliar específica (C), Índice de área foliar (D), razão de área foliar e razão de massa foliar (E) de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.....60

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Composição química da água de alguns mananciais da região Nordeste.....	19
Tabela 2. Altura e taxa de crescimento absoluto e relativo da altura das plantas, diâmetro e taxa de crescimento absoluto e relativo do diâmetro do caule aos 5, 12, 19 e 26 dias após o transplântio de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.....	47
Tabela 3. Número de folhas e área foliar aos 5, 12, 19 e 26 dias após o transplântio de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C. ....	52
Tabela 4. Consumo hídrico, eficiência de uso da água na produção de massa fresca da parte aérea, teor de água na parte aérea, extravasamento de eletrólitos, suculência foliar e percentual de massa seca da parte aérea de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C. ....	55
Tabela 5. Produtividade de massa fresca da parte aérea; relação raiz parte aérea, área foliar específica, índice de área foliar, razão de área foliar e razão de massa foliar de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C. ....	59

OLIVEIRA, TARCÍSIO FERREIRA. **Cultivo do almeirão sob soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em diferentes temperaturas.** 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife-PE.

**Orientador:** Prof. Dr. José Amilton Santos Júnior

## RESUMO

O resfriamento de soluções nutritivas preparadas em águas salobras pode ter diversas implicações sobre características químicas da solução e, conseqüentemente, sobre as plantas cultivadas em hidroponia. Nesse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o estado hídrico, o crescimento, a produção e os aspectos fotossintéticos de plantas de almeirão (*Cichorium intybus* L.), expostas a quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CE<sub>sn</sub> (1,7; 3,2; 4,7 e 6,2 dS m<sup>-1</sup>), preparadas em água salobra, obtida através da solubilização de NaCl, aplicadas em duas temperaturas (ambiente e controlada na faixa entre 25-30 °C). Foi adotado o esquema fatorial 4 x 2, analisado em blocos casualizados, com quatro repetições. A pesquisa foi realizada em casa de vegetação pertencente ao Laboratório de Fertirrigação e Salinidade - Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DEAGRI/UFRPE), Recife-PE (8° 01' 07" de latitude Sul e 34° 56' 53" de longitude Oeste, e altitude de 6,5 m). Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F em 0,05 de probabilidade. Em termos gerais, concluiu-se que o resfriamento da solução nutritiva mitigou o dano salino sobre a altura e diâmetro do caule, número de folhas e área foliar do almeirão, assim como proporcionou maior produtividade, consumo e eficiência do uso da água, além de estabilidade na relação raiz parte aérea e quanto ao dano que a salinidade impôs a integridade da membrana, no intervalo salino estudado.

**Palavras-chave:** *Cichorium intybus* L.; Cultivo sem solo; Salinidade; Resfriamento.

OLIVEIRA, TARCÍSIO FERREIRA. **Cultivation of chicory under nutrient solutions prepared in brackish waters and applied at different temperatures.** 2022. Dissertation (Master's degree in Agricultural Engineering) – Rural Federal University of Pernambuco, Postgraduate Program of Agricultural Engineering, Recife-PE.

**Advisor:** Prof. Dr. José Amilton Santos Júnior

### ABSTRACT

The cooling of nutrient solutions prepared in brackish water can have several implications on the chemical characteristics of the solution and, consequently, on plants grown in hydroponics. In this context, the present work was carried out with the objective of evaluating the water status, growth, production and photosynthetic aspects of chicory plants (*Cichorium intybus* L.), exposed to four levels of electrical conductivity of the nutrient solution - EC<sub>sn</sub> (1.7; 3.2; 4.7 and 6.2 dS m<sup>-1</sup>), prepared in brackish water, obtained through the solubilization of NaCl, applied at two temperatures (ambient and controlled in the range between 25-30 °C). A 4 x 2 factorial scheme was adopted, analyzed in randomized blocks, with four replications. The research was carried out in a greenhouse belonging to the Fertigation and Salinity Laboratory - Department of Agricultural Engineering of the Federal Rural University of Pernambuco (DEAGRI/UFRPE), Recife-PE (8° 01' 07" South latitude and 34° 56' 53" west longitude, and altitude of 6.5 m). The data obtained were submitted to analysis of variance by the F test at 0.05 probability. In general terms, it was concluded that the cooling of the nutrient solution mitigated the saline damage on the height and diameter of the stem, number of leaves and leaf area of the chicory, as well as providing greater productivity, consumption and efficiency of water use, in addition to stability in the shoot root ratio and the damage that salinity imposed on membrane integrity, in the saline range studied.

**Keywords:** *Cichorium intybus* L.; Soilless cultivation; Salinity; Cooling.

## 1. INTRODUÇÃO

A viabilidade técnica do uso agrícola de águas salobras no preparo da solução nutritiva visando o cultivo de hortaliças, sobretudo, folhosas como o coentro (SILVA et al., 2016a), a rúcula (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018), a salsa (MARTINS et al., 2019a), a alface (SOARES et al., 2019), a couve-flor (SOARES et al., 2020), a chicória (SILVA et al., 2020a) dentre outras, já foi verificada com sucesso.

Entre as razões que favorecem o uso de águas salobras na hidroponia, tem-se citado o reordenamento energético em termos de potenciais, ou seja, a minimização do potencial matricial em decorrência da ausência de solo, favorece a absorção de água pelas plantas, e esta passa a ser afetada preponderantemente pelo potencial osmótico da solução nutritiva, exigindo menor gasto de energia para a absorção de água e nutrientes (TAVAKKOLI et al., 2010).

Neste sentido, diferentes estratégias de manejo para soluções nutritivas preparadas em águas salobras têm sido desenvolvidas com o objetivo de mitigar os efeitos deletérios promovidos pela salinidade sobre as plantas, especialmente hortaliças, a exemplo de técnicas para o controle da temperatura da solução (COMETTI et al., 2013), o uso exclusivo de águas salobras (SOARES et al., 2019) ou em conjunto com água doce (MARTINS et al., 2019a) no preparo e/ou reposição da solução nutritiva, bem como o manejo da frequência (SILVA JÚNIOR et al., 2019) e da vazão (POLYCARPO et al., 2019) na aplicação da solução.

Vale ressaltar que o estresse causado pelo excesso de sais, pode afetar diretamente o crescimento e a produtividade das plantas ao promover desordens em suas funções fisiológicas e bioquímicas, o que resulta em distúrbios das relações hídricas, alterações na absorção e utilização de nutrientes essenciais, acúmulo de íons tóxicos (AMORIM et al., 2010), além de redução na produção de biomassa (NEGRÃO; SCHMÖCKEL; TESTER, 2016). Modificações no estado hídrico das culturas, sob condições de salinidade, foram relatadas por Paulus et al. (2012) e Silva et al. (2018b), que verificaram, por exemplo, o comprometimento da eficiência de uso da água em plantas de alface e coentro, respectivamente.

Entretanto, apesar de haver muitos estudos que apresentam a viabilidade técnica do uso de águas salobras no cultivo de hortaliças folhosas em hidroponia, discutindo inclusive, diferentes estratégias de manejo da solução nutritiva (CAVALCANTE et al., 2019; SILVA JÚNIOR et al., 2019; SILVA et al., 2020b), ainda são escassos trabalhos que abordem a interação entre a temperatura da solução nutritiva, sobretudo quanto ao resfriamento e a salinidade.

Por outro lado, a dinâmica dessa interação é importante para a produção de plantas em condições hidropônicas utilizando água salobra, principalmente em regiões áridas e semiáridas, que apresentam altas temperaturas na maior parte do ano, como o semiárido brasileiro (SILVA et al., 2020b).

Mediante o exposto, torna-se evidente a necessidade de pesquisas que avaliem os impactos promovidos pela disponibilização às plantas, de soluções nutritivas preparadas em águas salobras dispostas em faixas de temperatura mais baixas que a ambiente, e que quantifiquem os efeitos deletérios sobre o seu estado hídrico, crescimento e produção. Pois, apesar de fundamentais, essas análises são escassas na literatura (COMETI et al., 2013; TAZUKE & KINOSHITA, 2013; SILVA, 2019; LEE et al., 2020), principalmente em relação as hortaliças folhosas, notadamente, para a cultura do almeirão.

## **2. HIPÓTESES**

- O resfriamento da temperatura da solução nutritiva em relação a temperatura ambiente aumenta a produtividade da cultura do almeirão, cv. Folha larga, mesmo com o aumento da salinidade da solução nutritiva.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. Objetivo Geral**

Avaliar o estado hídrico, o crescimento, o aspecto fotossintético e a produção de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.

### **3.2. Objetivos Específicos**

- Avaliar o consumo hídrico, a eficiência de uso da água e o teor de água das plantas de almeirão expostas a soluções nutritivas preparadas com águas salobras e dispostas em diferentes temperaturas;
- Avaliar o efeito promovido por diferentes concentrações de sais e temperaturas da solução nutritiva sobre a integridade da membrana plasmática das plantas de almeirão;
- Analisar a dinâmica de crescimento das plantas de almeirão expostas a soluções nutritivas preparadas com águas salobras e dispostas em diferentes temperaturas;

- Quantificar o rendimento de massa fresca da parte aérea de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas com águas salobras e dispostas em diferentes temperaturas.

## **4. REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1. Características das águas salobras do semiárido brasileiro**

O maior percentual das águas utilizadas para irrigação no Brasil, notadamente na região Nordeste, é proveniente de rios e açudes, as quais possuem, na maioria das vezes, valores de condutividade elétrica (CE) abaixo de  $0,75 \text{ dS m}^{-1}$ . Essas águas são consideradas de boa qualidade para irrigação, entretanto, em caso de manejo inadequado, ainda assim podem causar problemas de salinização dos solos no médio e longo prazo (HOLANDA et al., 2016).

De acordo com Rhoades et al. (1992), as águas com CE menor que  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$  são consideradas como não salinas. No Brasil, a Resolução do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, preconiza que o teor de sais é um parâmetro para o enquadramento das águas, em águas doces - aquelas com salinidade igual ou inferior a  $0,5\text{‰}$  (aproximadamente  $\text{CEa} = 0,78 \text{ dS m}^{-1}$ ); águas salobras - as que apresentam salinidade superior a  $0,5\text{‰}$  e inferior a  $30\text{‰}$  (aproximadamente  $\text{CEa} = 37,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) e as águas salinas - aquelas que possuem salinidade igual ou superior a  $30\text{‰}$ .

As principais fontes de águas salobras do semiárido brasileiro estão associadas a águas subterrâneas, sobretudo àquelas captadas via poços, rejeitos de dessalinização, pequenos reservatórios (açudes, barreiros, etc.). O uso de águas salobras é limitado por um problema típico dos poços desta região, que é referente ao teor de sal, uma vez que grande parte da região contém rochas cristalinas que com o tempo de contato entre a água e esse tipo de rocha gera salinização (MENEZES et al., 2011).

No que se refere a composição das águas salobras com base nas formações geológicas, nas águas de origem calcária essas formações tendem a apresentar elevados teores de cálcio, com valores relativamente menores para os teores de sódio, diferente das águas provenientes do cristalino nas quais o cátion sódio tende a predominar em relação ao cálcio, sobretudo para água com CE superior a  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$  (MEDEIROS; GHEYI; NASCIMENTO, 2012).

De modo geral, as águas salobras são constituídas predominantemente por cátions ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) e ânions ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ ) (HOLANDA et al., 2016), arranjos em

diferentes combinações e proporções, podendo a quantidade desses íons variar de acordo com cada região (MARTINS et al., 2019a), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química da água de alguns mananciais da região Nordeste.

Manancial	Município	pH	CE <sub>a</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	Íons (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )						
				Ca	Mg	K	Na	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl
S. Francisco	Petrolina-PE	-	0,07	0,40	0,25	0,00	0,25	0,00	0,63	0,03
São Gonçalo Aç.	Sousa-PB	7,1	0,24	1,05	0,80	0,20	0,61	0,00	1,69	0,65
Boqueirão	Boqueirão-PB		1,21	2,33	2,68		6,59	-	2,17	8,89
Açude Itans	Caicó-RN	8,0	0,66	0,93	2,67	0,17	3,20	0,92	1,31	3,70
Açude	Cruzeta-RN	8,0	0,73	1,37	1,88	0,12	3,70	0,30	1,80	4,50
Gargalheiras	Acari-RN	8,1	1,32	2,92	0,65	0,14	8,08	0,15	1,75	3,50
Rio Piranhas	J. Piranhas-RN	7,5	0,52	1,37	1,70	0,08	2,10	0,90	1,40	2,25
Rio Arm. Ribeiro Serra	P. Ferros-RN		0,63	1,47	1,08	-	3,60		2,63	3,54
Assu-RN		7,9	0,30	0,88	0,82	0,14	1,22	0,00	1,55	1,63
Mossoró	Mossoró-RN	6,7	1,90	7,20	7,70	-	7,50	-	5,00	7,40
Poço Perm.	Tauá-CE		0,96	2,12	2,64		5,11		4,10	5,11
Quixeré	Quixeré-CE	6,7	1,75	8,90	4,30	-	4,50	-	5,20	10,60
Rio Capiá	Alagoas	7,9	5,97	5,90	13,10	0,65	38,30	0,20	2,80	51,50
Rio Mossoró	Mossoró-RN	8,1	0,82	3,10	2,75	0,10	3,15	0,36	2,81	5,63
Poço tubular	Baraúnas-RN	6,7	1,53	8,50	3,60	0,10	4,69	0,00	9,60	6,10
Açude	Pombal-PB	7,7	0,28	0,87	0,52	0,10	1,23	0,00	1,78	0,99
Poço Amaz.	Condado-PB	8,1	0,53	1,88	1,04	0,07	3,07	0,15	2,25	3,17
Poço Amaz.	Angicos-RN	7,6	4,80	8,97	12,06	0,30	28,00	0,32	3,12	43,70
Poço P. Irrig.	S. Talhada-PE	7,7	1,93	2,67	2,80	0,29	14,60	0,00	0,03	16,60
Rio P. Irrig.	S. Talhada-PE	7,6	0,81	1,87	1,32	0,32	5,02	0,00	0,01	7,18
S. Rosa	Acaraú-CE	-	0,28	0,54	0,60	0,16	1,44	-	1,43	1,38

Fonte: Adaptado de Holanda et al. (2016).

#### 4.2. Uso e manejo de águas salobras no cultivo hidropônico

A concentração de sais presente em águas salobras é o principal agravante com relação ao seu uso (NIU & CABRERA, 2010; AHMADI & SOURI, 2018), pois pode promover distúrbios nutricionais (SOARES et al., 2016), afetar as funções fisiológicas e bioquímicas da planta, causando estresse osmótico, comprometendo a absorção e utilização de água e nutrientes essenciais e, conseqüentemente, alterando o consumo hídrico, além do acúmulo de íons tóxicos (PAULUS et al., 2012; TORRES et al., 2014).

Entretanto, o sistema hidropônico tem sido empregado como forma de viabilizar o cultivo de plantas quando o uso de águas salobras é indispensável, visto que essa tecnologia reduz os efeitos da salinidade na planta em relação ao cultivo convencional (ATZORI et al., 2019), pois devido à ausência de solo, o potencial matricial tende a ser mínimo e, dessa forma, o componente osmótico influencia predominantemente o potencial total (SANTOS JÚNIOR et al., 2015). Em conformidade, a absorção de água e nutrientes pelas plantas no cultivo hidropônico é mais eficiente em relação ao cultivo em solo (SANTOS JÚNIOR, 2013).

Estudos realizados sobre a viabilidade do uso de águas salobras no preparo de soluções nutritivas têm sido mencionados com sucesso na literatura, sobretudo no cultivo de hortaliças como o coentro (SILVA et al., 2018b), salsa (MARTINS et al., 2019a), cebolinha (SILVA JÚNIOR et al., 2019), rúcula (CAMPOS JÚNIOR et al., 2019), espinafre (LEAL et al., 2020), dentre outras.

Por outro lado, trabalhos tem associando o uso dessas águas a diferentes técnicas de manejo, como o uso exclusivo de água salobra (SOARES et al., 2019) ou em conjunto com água de baixa salinidade (MARTINS et al., 2019a) no preparo e reposição da solução, alterações na frequência (SILVA JÚNIOR et al., 2019), na vazão de aplicação (POLYCARPO et al., 2019), e no controle da temperatura da solução nutritiva (COMETTI et al., 2013), revelando que é possível produzir comercialmente mesmo quando o uso das águas salobras é imprescindível. Neste sentido, tem-se verificado que, em sistemas hidropônicos, culturas, sobretudo àquelas de ciclo rápido, proporcionam o uso sustentável dessas águas (SILVA et al., 2013b).

### **4.3. Respostas das plantas à salinidade em cultivos hidropônicos**

Em cultivos sem solo, as plantas estão expostas a um ordenamento energético dependente, principalmente, do potencial osmótico; por isso que, sob mesma salinidade, as plantas apresentam melhor desempenho do que quando cultivadas em solo. No cultivo em solo, o somatório dos potenciais matricial e osmótico, sobretudo, reduzem ainda mais o potencial total da água, atingindo mais rapidamente o limiar de tolerância da cultura (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

Por outro lado, a possibilidade de usar águas com maior concentração de sais no preparo e reposição da solução nutritiva para, eventualmente, atingir o mesmo potencial total encontrado em condições de solo, torna ainda mais relevante o impacto da proporção e da

prevalência iônica tanto para a solução nutritiva, quanto para a própria planta em si (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018)

Neste sentido, as principais respostas das plantas à salinidade, quando em cultivo sem solo, podem ser decorrentes do desbalanço iônico causado pelo excesso de íons na solução nutritiva, gerando situações de antagonismo e, até mesmo, de precipitação, mas também, há efeitos diretos causados pelos componentes osmótico e iônico envolvidos no processo (WILLADINO & CAMARA, 2010; CHATZIGIANNI et al., 2019).

Dentre as principais implicações do desbalanço iônico da solução nutritiva em decorrência de elevadas concentrações de íons com  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , menciona-se o comprometimento da nutrição das plantas. Em particular, o excesso da concentração desses dois íons na zona radicular é prejudicial à maioria das hortaliças, pois podem dificultar a absorção, translocação e assimilação de macro e micronutrientes, promovendo, como resultados, diversas alterações morfológicas, anatômicas, fisiológicas e metabólicas nas plantas. Conseqüentemente, o crescimento e o rendimento das plantas podem ser comprometidos significativamente (GRATTAN & GRIEVE, 1998; CHATZIGIANNI et al., 2019).

O aumento da pressão osmótica, gerado pelo aumento da concentração de sais solúveis na solução nutritiva, compromete a absorção de água pelas plantas e, dependendo do nível da concentração de sais em relação à capacidade de tolerância da planta ou quando as raízes são submetidas a um choque osmótico, ao invés de absorver, a planta poderá até perder a água que se encontra em suas células e tecidos, fenômeno denominado plasmólise (DIAS et al., 2016), gerando efeitos graves na taxa de crescimento (TABATABAIE & NAZARI, 2007).

No que diz respeito a eficiência de uso da água de plantas sob estresse salino, contrapondo os sistemas de cultivo com e sem solo, é amplamente reportado na literatura a maior eficiência quando utilizado o sistema de cultivo hidropônico, como observado nos estudos com almeirão (ATZORI et al., 2019) e espinafre (LEAL et al., 2020). A alta eficiência do uso da água no cultivo hidropônico também é demonstrada no trabalho de Silva et al. (2020a), os quais relataram o baixo volume de água necessário para produzir uma planta de chicória. Leal et al. (2020) observaram o aumento dessa variável com o acréscimo da salinidade, uma vez que em condições de estresse salino, as plantas realizam o processo de fechamento estomático, reduzindo a transpiração, o que induz um uso mais eficiente das moléculas de água (CAMPOS et al., 2014; SOARES et al., 2018; LEAL et al., 2020).

De acordo com Parihar et al. (2015), a redução na quantidade de água transpirada contribui para reduzir o acúmulo de  $\text{Na}^+$ , e possivelmente de  $\text{Cl}^-$ , no interior das plantas.

Todavia, quando altas concentrações de Na<sup>+</sup> e/ou Cl<sup>-</sup> são acumuladas nos cloroplastos e na clorofila, ocorre a inibição do processo fotossintético. Nessas condições, as clorofilas e outros pigmentos fotossintéticos, responsáveis por capturar os fótons de luz e transmitir energia aos centros de reação (MONTEIRO et al., 2018), tendem a reduzir com o aumento da salinidade, seja pelo aumento da degradação e inibição da síntese de pigmentos ou pela absorção de íons reduzida (CHRYSARGYRIS et al., 2019).

Avaliando genótipos de almeirão sob diferentes níveis de salinidade, Poursakhi et al. (2019), verificaram que com o aumento do estresse salino, todos os pigmentos fotossintéticos diminuíram significativamente, causando uma redução na capacidade fotossintética das plantas e, portanto, declínio na produção da massa seca da parte aérea. Segundo Munns (2002; 2005), em condições de estresse salino, ocorre alteração no metabolismo das raízes prejudicando a síntese e translocação de hormônios essenciais para o metabolismo das folhas e, como resultado, ocorre diminuição da expansão foliar, afetando diretamente o processo fotossintético e, por conseguinte, a produção de fotoassimilados.

De modo geral, os parâmetros fotossintéticos são utilizados para analisar o crescimento e desenvolvimento das plantas, sobretudo sob estresse salino, uma vez que esses indicadores fornecem informações importantes que auxiliam na adoção de estratégias para mitigar o efeito osmótico promovido pelo uso de água salobra (MELO et al., 2017).

Além da questão osmótica, o componente iônico tem suas principais implicações no aspecto visual das plantas, causando sérios danos comerciais às hortaliças folhosas. Em estudos conduzidos por Paulus et al. (2012), embora o aumento da concentração da água (de 2,0 a 10,6 dS m<sup>-1</sup>) tenha implicado na redução do crescimento e do consumo hídrico da alface "Verônica", não se verificou presença de injúrias que comprometessem a qualidade comercial. Por outro lado, ao expor plantas de coentro a soluções nutritivas preparadas com águas de até 7,73 dS m<sup>-1</sup>, Cazuza Neto et al. (2014) verificaram que as folhas mais velhas exibiram sintomas de queima das bordas.

#### **4.4. Temperatura de soluções nutritivas preparadas com águas salobras**

##### **4.4.1. Controle da temperatura: solução nutritiva vs ambiente**

O território brasileiro está situado entre os trópicos, razão pela qual há uma considerável incidência de irradiação solar, como ocorre, por exemplo, na região do semiárido brasileiro (PEREIRA et al., 2017). Em função disso, a temperatura dentro da casa de vegetação também

é influenciada, sendo capaz de atingir níveis que podem desencadear estresse nas plantas (SUHARDIYANTO, 2009). Portanto, é imprescindível mantê-la na faixa ideal, tanto no ar, quanto no meio de cultivo, para garantir que o desenvolvimento da planta não seja afetado em níveis comprometedores (SUMMERFIELD et al., 1989).

Entretanto, a temperatura do ar na estufa está sujeita a flutuações diárias de alta amplitude, ao contrário do que acontece com a água, devido à sua capacidade térmica e à baixa transmitância térmica, por isso, o ar pode ser mais quente do que a solução durante o dia, enquanto que durante a noite a situação é contrária (CORTELLA et al., 2014). Por outro lado, essas oscilações na temperatura podem prejudicar a permeabilidade das células, a velocidade dos processos de transferência e a ocorrência de reações específicas (RODRIGUES et al., 2002).

Contudo, o problema do controle da temperatura em casa de vegetação é criar um ambiente favorável para a cultura a fim de alcançar resultados predeterminados de alto rendimento, alta qualidade e baixo custo (ATIA & EL-MADANY, 2017).

Dessa forma, o controle da temperatura da solução nutritiva pode ser considerado como uma alternativa viável e mais econômica em relação ao controle de todo o ambiente protegido, uma vez que o custo energético é bem menor (COMETTI et al., 2013).

No cultivo hidropônico de plantas, o resfriamento da solução nutritiva é mais eficiente do que o resfriamento do ar, inclusive enfatizado por Choerunnisa e Suhardiyanto (2015), pois o calor específico da água é maior do que o do ar, proporcionando que a solução resfriada dure mais tempo do que o ar em uma baixa temperatura (SUHARDIYANTO et al., 2007). Portanto, uma das vantagens do cultivo hidropônico é a possibilidade de controlar a temperatura da solução nutritiva à disposição do sistema radicular, quer seja por meio de aquecedores ou por espiral de resfriamento, para aumentar ou diminuir a temperatura, respectivamente (COMETTI et al., 2013).

#### **4.4.2. Impacto da variação da temperatura sobre os parâmetros da solução nutritiva**

A temperatura da solução nutritiva que fica à disposição das raízes é um dos principais fatores que influenciam os cultivos hidropônicos, principalmente em regiões de clima quente como o semiárido brasileiro (ANDRIOLO et al., 2004). Dessa forma, o monitoramento da temperatura da solução nutritiva é fundamental, tendo em vista que esta influência outros parâmetros, como o oxigênio dissolvido (OD<sub>sn</sub>), a condutividade elétrica (CE<sub>sn</sub>) e o pH<sub>sn</sub>, uma

vez que estes parâmetros podem afetar o crescimento, a qualidade e a saúde da planta (SILVA, 2019; TOMASI et al., 2015).

Cometti et al., (2013) trabalhando com soluções mantidas em duas faixas de temperatura (ambiente e abaixo de 26 °C) relataram uma redução do oxigênio na solução nutritiva com o aumento da temperatura, reduzindo de 9,3 mg L<sup>-1</sup> de O<sub>2</sub> (temperatura abaixo de 26 °C) para 6,2 mg L<sup>-1</sup> na solução nutritiva em temperatura ambiente.

Em sistemas de cultivo hidropônico, a temperatura da solução nutritiva está profundamente relacionada com a quantidade de O<sub>2</sub>, uma vez que com o aumento da temperatura, o oxigênio dissolvido, que estava “preso”, desprende-se, refletindo na redução deste a níveis limitantes para a respiração celular e o crescimento do sistema radicular (MORGAN, 2002). De acordo com Jensen (1997), o teor de oxigênio na solução nutritiva precisa ser maior que 5 mg L<sup>-1</sup> e que 8,6 mg L<sup>-1</sup> é o valor considerado ótimo para a maioria das culturas.

Por outro lado, utilizando um sistema de resfriamento com o intuito de limitar a temperatura máxima da solução nutritiva no cultivo hidropônico da alface, Bremenkamp et al. (2012) relataram que as temperaturas das soluções entre 24 e 32 °C não alteraram significativamente as concentrações de oxigênio dissolvido na solução, com valor médio de 7,4 mg L<sup>-1</sup> na entrada do canal e reduzindo para 6,8 dS m<sup>-1</sup> na saída.

Quanto a influência da temperatura sobre a condutividade elétrica, com o incremento da temperatura, implica na redução da resistência da solução à passagem da corrente elétrica, refletindo no aumento da condutividade (STEIDLE NETO et al., 2005).

Por outro lado, quanto ao efeito da temperatura sobre o pH da solução nutritiva – pH<sub>sn</sub>, verifica-se alterações sobre o equilíbrio de dissociação da água, facilitando a quebra da ligação entre oxigênio e hidrogênio. O aumento da temperatura aumenta a atividade dos íons hidrogênio e desloca o equilíbrio químico da água, tornando-a mais ácida (CUNHA et al., 2010).

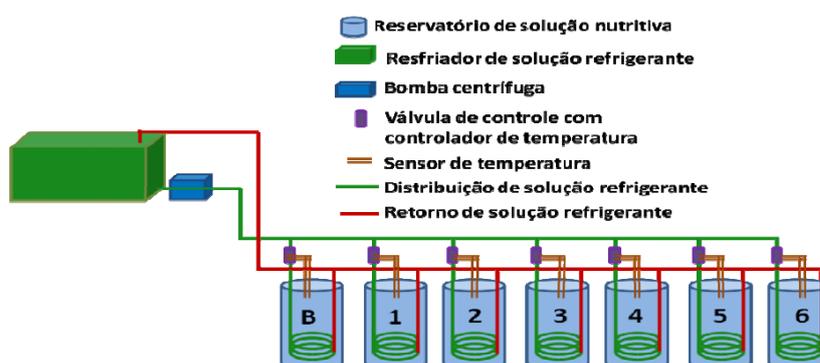
Outro aspecto que deve ser levado em consideração é o efeito da temperatura sobre a solubilidade dos sais que depende do efeito térmico que acompanha a dissolução do precipitado. Em geral, o sal em contato com a água sofre dissociação iônica que ocorre quando as interações elétricas entre as moléculas de água e os íons do sal forem mais fortes que as interações entre os íons do sal propriamente dito, sendo tanto mais solúveis quanto mais íons forem liberados (ALVES JÚNIOR et al., 2021). Estudando a solubilidade de diferentes sais (NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub> e MgCl<sub>2</sub>) na faixa de temperatura de 1 a 20 °C, Alves Júnior et al. (2021) relataram que tanto o cloreto de sódio quanto o cloreto de magnésio mostraram-se constantes, nas temperaturas

utilizadas, enquanto que a solubilidade do cloreto de potássio e cloreto de cálcio aumentaram com o aumento da temperatura.

#### 4.4.3. Principais técnicas de resfriamento da solução nutritiva

Dentre as técnicas utilizadas para reduzir a temperatura da solução nutritiva, vale destacar o estudo de Cometti et al. (2013), em que os autores utilizaram um sistema de resfriamento de baixo custo (Figura 1) para controle da temperatura máxima da solução nutritiva, elaborado com equipamentos caseiros, com orçamento na ordem de R\$ 3.554,75 (valor relativo ao período de elaboração do referido trabalho).

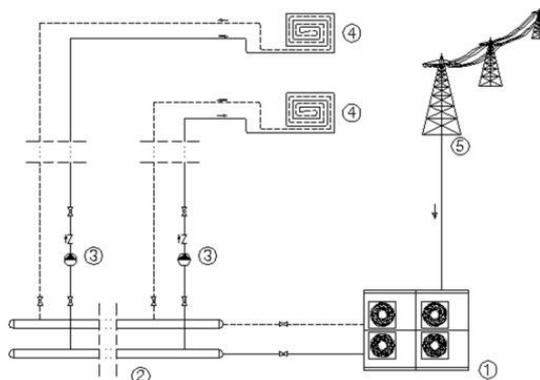
Figura 1. Desenho esquemático do sistema de resfriamento da solução nutritiva (B – bordadura, números de 1 a 6 – tratamentos). Fonte: Cazaroti et al. (2011).



O sistema é constituído por um freezer horizontal, utilizado como resfriador de uma solução refrigerante e álcool etílico, diluído a 25%. Uma bomba centrífuga foi instalada para recalque do líquido refrigerante, distribuído por uma tubulação de PVC, passando por uma serpentina de mangueira, com retorno para o freezer. A temperatura é controlada por sensores de temperatura Pt100, ajustado a 26 °C para o fechamento da válvula de controle (solenoides) do fluxo do líquido de refrigerante (COMETTI et al., 2013).

Destaca-se também o trabalho de Cortella et al. (2014), em que os autores projetaram um sistema de resfriamento de circuito fechado, contendo um trocador de calor em cada reservatório, com o objetivo de resfriar a água sem misturar a solução nutritiva de diferentes reservatórios e, dessa forma, permitir o controle da temperatura separadamente (Figura 2).

Figura 2. Desenho esquemático do sistema de resfriamento com resfriador elétrico de água. (1) resfriador, (2) coletor, (3) bombas, (4) tubos de resfriamento submersos nos reservatórios, (5) rede elétrica. Fonte: Cortella et al. (2014).



#### 4.4.4. Resfriamento de soluções nutritivas preparadas em águas salobras: estudos de caso

Na literatura há diferentes estudos (referências) que se propõe a avaliar a temperatura ideal de soluções nutritivas para o manejo de diferentes culturas (CORTELLA et al., 2014; NURWAHYUNINGSIH et al., 2017). No entanto, pesquisas que abordem a redução da temperatura da solução nutritiva e o seu papel de mitigação ao dano salino, sobretudo em soluções nutritivas preparadas em águas salobras, ainda são escassas, notadamente para hortaliças folhosas cultivadas na região semiárida do Brasil.

Dentre os poucos trabalhos que avaliaram o efeito da temperatura e da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre as plantas, cita-se o estudo de Cometti et al. (2013) que cultivaram alface hidropônica em soluções nutritivas mantidas em temperatura ambiente e abaixo dos 26 °C. Eles relataram que o resfriamento da solução proporcionou um maior acúmulo de massa fresca das folhas (11,9; 44,1 e 122,5% nas CE 1, 2 e 3 dS m<sup>-1</sup>) e maior porcentagem de água (94,6 a 95,2%) nas plantas de alface em relação ao tratamento em temperatura ambiente, aumentando sua produtividade. Estes autores afirmam, portanto, que a temperatura da solução nutritiva influencia o comportamento da alface hidropônica em função do aumento da condutividade elétrica (CE), mostrando que é possível aumentar a salinidade, sem comprometer a produtividade, quando é exequível reduzir a temperatura da solução nutritiva, a qual foi testada a 26 °C.

Os resultados apresentados por Cometti et al. (2013) corroboram com os valores obtidos por Sanches et al. (2005), que apesar de não abordarem os efeitos promovidos pela salinidade, trabalharam com resfriamento da solução nutritiva (15 e 5 °C), por meio de trocadores de calor,

e observaram que as plantas de alface apresentaram um melhor desenvolvimento quando cultivadas com a solução nutritiva a temperatura ambiente (24,9 °C).

Algumas culturas, no entanto, se desenvolvem melhor quando submetidas a baixas temperaturas, como no estudo de Sakamoto et al. (2016) que relataram que as raízes de plantas de morango cultivadas em sistema hidropônico quando expostas ao resfriamento da solução nutritiva (10 °C) apresentaram maior produção de biomassa de órgão reprodutivos, como inflorescências e frutos, do que aquelas expostas à condição ambiente (20 °C), sugerindo a ativação do crescimento reprodutivo por baixa temperatura.

Por outro lado, estudos como o de Lee et al. (2020) que avaliaram plantas de *Ophiorrhiza pumila* submetidas a diferentes concentrações (0,6; 0,9; 1,5 e 2,7 dS m<sup>-1</sup>) e temperaturas (10, 20, 26 e 35 °C) da solução nutritiva, sugerem que a baixa temperatura da solução nutritiva pode promover efeitos adversos. Estes autores verificaram que o resfriamento da solução nutritiva, ao nível de 10 °C, suprimiu a absorção de água pela planta e muitas vezes induziu o estresse hídrico, o que inibiu o seu crescimento, embora houvesse água suficiente na zona radicular. Redução no teor de água da folha (%) de plantas de *Perilla frutescens* foi relatado com a diminuição da temperatura da solução nutritiva, especialmente quando cultivadas a 10 °C. A baixa temperatura da solução nutritiva inibe o crescimento da planta a depender tanto da cultura, do estágio fenológico da planta, da duração da exposição, como também da própria temperatura empregada (OGAWA et al., 2018).

#### **4.5. A cultura do almeirão**

##### **4.5.1. Origem, taxonomia, botânica e principais cultivares**

O almeirão (*Cichorium intybus* L.) é uma hortaliça folhosa, originário da região sul da Europa e Ásia Central. É pertencente à família Asteraceae, mesma família da alface e da chicória, sendo que desta última diferencia-se por possuir folhas mais alongadas, mais estreitas, recobertas por pelos e com sabor amargo mais pronunciado (FILGUEIRA, 2000).

Embora superior a alface do ponto de vista nutricional, no que se refere a calorias, proteínas, amido, fibras, cálcio, ferro e vitamina A (KHATHOUNIAN, 2001; NOVO et al., 2003), o almeirão é uma das hortaliças menos estudadas no Brasil em relação ao desempenho de suas principais cultivares (NOVO et al., 2003).

No Brasil, as cultivares mais comercializadas são a “Folha Larga” (com grandes folhas de coloração verde intensa, não forma cabeça) e a “Pão de Açúcar” (forma uma cabeça

alongada, meio compacta e volumosa, com folhas verde claras) (FILGUEIRA, 2012) e, destas, destaca-se a cultivar “Folha Larga” tendo em vista a maior preferência do consumidor, sendo responsável por 53,6% das vendas, segundo a CEAGESP (2021a).

#### 4.5.2. Aspectos fenológicos e morfológicos

Quanto a questão fenológica (Figura 3), o almeirão cv. Folha larga apresenta ciclo de vida anual (FILGUEIRA, 2000) ou um comportamento perene, formando uma roseta de folhas nas fases iniciais de crescimento e a formação do caule inicia-se cerca de 120 dias após a sementeira (ANJUM ARSHI et al., 2010).

Figura 3. Fases de desenvolvimento do almeirão, cv. Folha Larga (DAS - dias após o semeio; DAT - dias após o transplantio).



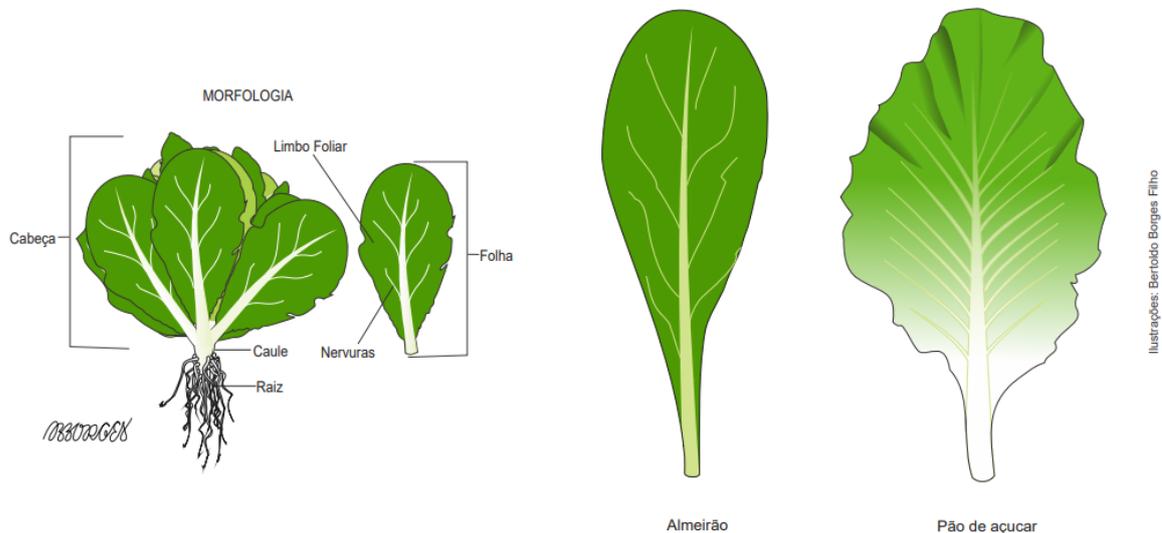
Com relação a questão morfológica, o almeirão é uma espécie herbácea que possui uma variação de altura de 30 a 90 cm no estágio de roseta (ANJUM ARSHI et al., 2010).

A planta possui sistema radicular constituído por uma raiz principal, do tipo pivotante, sem ramificações laterais, de até 7,5 cm de comprimento (Figura 4) (ANJUM ARSHI et al., 2010; PEREIRA et al., 2012). Quando cultivada para exploração industrial com o ciclo da cultura compreendido de 180 a 200 dias, a raiz atinge em média 25 a 30 cm de comprimento e 5 a 8 cm de diâmetro e apresenta-se com coloração branca, tenra e contendo um suco leitoso e amargo (GAMITO, 2010).

Figura 4. Sistema radicular do almeirão, cv. Folha Larga.



Figura 5. Morfologia das folhas das principais cultivares de almeirão. Fonte: CEAGESP (2021b).



Apresenta caule verde, anguloso, lactescente e com pilosidade (MOREIRA & BRAGANÇA, 2011). No início do ciclo, surgem as folhas basilares (Figura 5), as quais são inseridas no colo. Estas são compridas, com 15 a 20 cm de comprimento, pecioladas, dispostas em roseta e podem ser prostradas, eretas ou semieretas. As folhas caulinares são menores, alternas, comumente inteiras na parte superior, enquanto que na inferior são dentadas ou fendidas. (GAMITO, 2010).

A inflorescência é composta por capítulos homogâmicos, pedunculados, solitários ou agrupados, inseridos na axila das folhas ou das brácteas quando estas as substituem. As flores, agrupadas em número de 15 a 20 por capítulo, são liguladas e de coloração azul (Figura 6) (GAMITO, 2010). Os frutos são do tipo aquênio (MOREIRA & BRAGANÇA, 2011).

Figura 6. Flores de almeirão (*Cichorium intybus* L.). Fonte: Moreira e Bragança (2011).



#### 4.5.3. Aspectos fisiológicos

O almeirão é uma planta resistente e pode tolerar temperaturas extremas durante o período vegetativo e reprodutivo (CARLOS, 2019), todavia produz melhor sob temperaturas amenas em torno de 12 a 24 °C (PEREIRA et al., 2012).

A época adequada de cultivo é de março a julho, e a primeira colheita ocorre entre 50 a 60 dias após a sementeira, quando as folhas estão desenvolvidas, cortando-as rente ao solo, obtendo-se até seis colheitas parceladas; suas folhas são comercializadas na forma de maços (MAKISHIMA, 1993; FILGUEIRA, 2000).

É uma planta de dias longos com metabolismo C3 (POURSAKHI et al., 2019). As plantas C3 requerem 18,9 mol quanta mol<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> fixado a uma temperatura de 30 °C, ao passo que à temperatura de 20 °C a necessidade decresce para 15,4 mol quanta mol<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> fixado (FURBANK et al. 1990). Essa diminuição da eficiência quântica em temperaturas mais elevadas do ar se deve principalmente ao aumento da fotorrespiração (NOBEL, 1991).

No tocante as relações hídricas, Atzori et al. (2019) estudaram a cultura do almeirão em condições salinas sob diferentes sistemas de cultivo e relataram, com base no conceito de pegada hídrica, um aumento na eficiência do uso da água do almeirão na hidroponia em relação ao cultivo convencional do solo. No mesmo estudo, limitando a comparação apenas ao sistema hidropônico, foi relatado que o uso de água salina (30,69 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup>) promoveu uma redução da pegada hídrica de 29,5% em relação ao uso de água não salina (43,50 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup>), proporcionando assim o melhor resultado em termos de produção de alimentos e economia de água.

Em condições de estresse hídrico, Vandoorne et al. (2012) verificaram que o conteúdo de água das plantas de almeirão foi menor nas raízes do que nas folhas e permaneceu maior nas plantas controle (umidade volumétrica entre 11 e 19 %) do que nas plantas estressadas (menos

de 3% do conteúdo volumétrico de água), tendo relatado também que não houve diferença significativa de potencial hídrico da folha entre os tratamentos testados.

Monti et al. (2005) avaliaram plantas de *Cichorium intybus* L. com relação a disponibilidade de água no solo e observaram que a fotossíntese líquida ( $A$ ) (entre 5 e 25  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) foi pouco afetada por esta condição e, após uma análise de sensibilidade, identificaram que a temperatura da folha surgiu como o fator mais relevante no que tange a variação de  $A$ , onde foi observado uma redução de 56% da capacidade fotossintética entre 28 e 38 °C. Com relação a condutância estomática ( $g_s$ ), tais autores verificaram que esta variável sofreu maior influência pelo conteúdo de água no solo em relação a  $A$ , sendo esta principalmente correlacionada a  $A$  até cerca de 300  $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

#### 4.5.4. Exigência hídrica e nutricional

De maneira geral, verifica-se que as informações disponíveis sobre a demanda hídrica para a cultura do almeirão, cv. Folha Larga, são relativamente escassas, sendo essa uma das hortaliças menos estudadas no Brasil em relação às mais comercializadas (BISCARO et al., 2012).

Em estudos sobre as necessidades hídricas da alface, pertencente à mesma família do almeirão, cultivadas em sistema hidropônico, Soares et al. (2015) relataram que o maior consumo de água (3,84 L planta<sup>-1</sup>) foi obtido quando estas eram irrigadas com água de abastecimento ( $\text{CEa} = 0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), enquanto que esse valor reduziu para 2,75 L planta<sup>-1</sup> quando submetidas ao maior nível de salinidade ( $\text{CEa} = 5,2 \text{ dS m}^{-1}$ ). Segundo estes autores, a redução do consumo de água dá-se pela inibição na absorção de água em razão do baixo potencial hídrico ao redor do sistema radicular promovido pela diminuição do potencial osmótico em condições salinas.

Ao avaliarem o rendimento do almeirão sob estresse hídrico, Fernandes et al. (2017), constataram que o incremento de cada um por cento da  $\text{ET}_0$  aplicada pela irrigação resultou em um aumento de 0,148 cm na altura da planta e de 0,263 g na massa fresca da parte aérea. Dessa forma, verificaram que, quando submetidas ao tratamento de 106,4% da  $\text{ET}_0$ , as plantas apresentaram maior altura e massa fresca da parte aérea, sendo, em média, 9,18 cm maiores e 15,81 g mais pesadas do que as plantas submetidas a 45,6% da  $\text{ET}_0$ .

Em condições de déficit hídrico, Vandoorne et al. (2012) avaliaram uma variedade específica de almeirão (*Cichorium intybus* var. *satum*) e verificaram que tal condição reduziu drasticamente a condutância estomática ( $65,0 \pm 10,2$  e  $29,3 \pm 4,8 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), a área

foliar média (entre 60-80 e 20-40 cm<sup>2</sup>) e a massa fresca da raiz (entre 250-300 e 100-150 g) (valores de plantas controle e estressadas, respectivamente). Contudo, foi possível estimar, nas mesmas condições, que as plantas de almeirão aumentaram a eficiência do uso da água (244 ± 32 ml de solução g<sup>-1</sup> de matéria seca da raiz) e diminuíram seu potencial osmótico, em comparação com as plantas cultivadas na umidade próxima a capacidade de campo (405 ± 62 ml de solução g<sup>-1</sup> de matéria seca da raiz).

Quanto a demanda nutricional, Almeida et al. (2013), ao estudarem a extração de nutrientes pela cultura do almeirão cultivado em sistema hidropônico, observaram que no tratamento com solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon (1950) a ordem de extração de nutrientes na parte aérea foi K>N>Ca>S>P>Mg; nas raízes foi Mg>N>Ca>S>K>P e, na planta inteira foi K>N>Ca>S>Mg>P, diferindo dos resultados obtidos por Haag e Minami (1988), que avaliando o acúmulo de nutrientes do almeirão cv. Folha Larga em condições de solo, concluíram que o elemento extraído em maior quantidade foi o nitrogênio, seguido de potássio, cálcio, fósforo, magnésio e enxofre.

Trabalhando com diferentes concentrações crescentes da solução nutritiva (50; 75; 100 e 125%), proposta por Furlani et al. (1999), no cultivo hidropônico do almeirão, Luz et al. (2009) verificaram que esta variação de concentração não influenciou no desenvolvimento das plantas e, portanto, recomendam o seu cultivo na concentração de 50% da solução nutritiva, tendo em vista uma economia de 50% do custo da solução nutritiva básica.

#### **4.5.5. Principais usos e importância econômica e social**

O almeirão pode ser cultivado para diversas finalidades, como a utilização de suas folhas cruas na forma de saladas ou refogadas (FILGUEIRA, 2000), sendo que o consumo *in natura* permite a conservação de suas propriedades nutricionais, tendo em vista que suas folhas são ricas em fibras, cálcio, potássio, fósforo e ferro, vitaminas A, B1, B2, B5 e C, e aminoácidos (LUENGO et al., 2000).

Como planta nutracêutica, seu consumo é recomendado para problemas renais, hepáticos e infecções urinárias, pois seus princípios ativos aumentam a secreção biliar, estimulam a secreção de sucos gástricos e aumentam o apetite (SGARBIERI, 1987).

O almeirão também é utilizado na alimentação animal, sendo largamente empregado como forragem perene de alta qualidade alimentar (CRANSTON et al., 2016). Assim como as folhas, as suas raízes são utilizadas nas indústrias para processamento como uma substituição do café (BAERT & BOCKSTAELE, 1992), na produção de polifenóis naturais antioxidantes

(LLORACH et al., 2004) ou para a extração de inulina (VANDOORNE et al., 2012). A inulina é um polissacarídeo pequeno e inerte que passa facilmente pelo sistema digestivo e permanece neutro a atividade celular, podendo ser utilizado para adoçar alimentos consumidos por pacientes diabéticos (BRITANNICA, 2021).

Em um panorama mundial, de acordo com a FAOSTAT (2019), que engloba em um único grupo, dados da alface, da chicória e do almeirão, a China é o país com a maior área colhida (668.714 hectares) e produção (16.314.499 toneladas). Em termos de produtividade, Porto Rico lidera (857.500 kg ha<sup>-1</sup>), seguido de Jordânia (538.610 kg ha<sup>-1</sup>) e Bélgica (457.682 kg ha<sup>-1</sup>). Segundo os mesmos dados, em relação a produção de chicória para exploração industrial das raízes, Filipinas destaca-se como maior produtor (5.195 toneladas) e maior área colhida (558 hectares).

De acordo com o IBGE (2006), no Brasil, o almeirão foi produzido em 10.333 estabelecimentos, com produção total de 32.335 toneladas e destas, 31.212 toneladas foram vendidas, resultando em um valor total de R\$ 24.039.000,00. Ainda segundo os dados do IBGE (2006), no estado de Pernambuco, o almeirão foi produzido em 15 estabelecimentos agropecuários, com uma produção de 52 toneladas. As regiões sul e sudeste do país apresentam maior expressão em relação ao consumo desta hortaliça (COELHO & CECÍLIO FILHO, 2002). Em 2017, foram comercializadas 1.337,98 toneladas de almeirão no estado de São Paulo, com participações de 46,4 e 56,3% das cultivares ‘Pão de Açúcar’ e ‘Folha Larga’, respectivamente (CEAGESP, 2021a).

#### **4.5.6. Números do setor hidropônico**

A hidroponia é um método de cultivo de plantas que utiliza soluções nutritivas em um ambiente sem solo (CHEN et al., 2020). Esta tecnologia tem sido usada com sucesso para cultivar diferentes espécies de plantas, em especial as hortaliças folhosas, como rúcula (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018), coentro (SILVA et al., 2018b), salsa (MARTINS et al., 2019a), cebolinha (SILVA JÚNIOR et al., 2019) e alface (SOARES et al., 2019).

O almeirão apresenta elevado potencial de produção em hidroponia (FAQUIN & FURLANI, 1999) e se constitui como uma ótima opção de substituição da alface, quando esta apresenta altos preços no mercado, pois o almeirão apresenta menor redução em seu valor comercial em relação a alface, dificilmente apresentando no período de inverno, redução maior que 50% em seu valor quando comparado ao verão (COELHO, 2002). De acordo com Cecílio

Filho et al. (2015), em média o almeirão é uma cultura mais lucrativa do que a alface, e suas necessidades em termos de manejo em sistemas hidropônicos são semelhantes.

No cultivo via solo de uma cultivar de almeirão de cabeça, Custic, Poljak e Toth (2000) obtiveram uma produtividade de  $2,6 \text{ kg m}^{-2}$ , valor inferior as produtividades de  $5,5 \text{ kg m}^{-2}$  para a cv. Pão de Açúcar e  $4,4 \text{ kg m}^{-2}$  para as demais cultivares (Folha Larga, Precoce de Trieste e Catalonha) relatadas no estudo de Coelho (2002), em que o almeirão foi conduzido em sistema hidropônico. Neste mesmo estudo, Coelho (2002) evidenciou a precocidade da colheita das cultivares de almeirão com 31 dias após o transplântio.

Dentre as vantagens proporcionadas pela hidroponia em relação aos sistemas de produção convencionais, destacam-se a redução no uso de fertilizantes (CUBA et al., 2015), aumento da taxa de crescimento da planta, sendo 30-50% mais rápida do que uma planta de solo (JOSHI & JOSHI, 2018), aumento da produtividade da cultura por unidade de área e maior eficiência hídrica (ALSHROUF, 2017). Segundo Sheikh (2006), a hidroponia permite a economia de cerca de 10-30% de água em comparação com o cultivo em solo, tendo em vista que nenhuma perda de água acontece quando o sistema radicular das plantas está em contato direto com o meio de cultivo, bem como não é necessária a lixiviação do solo (ATZORI et al., 2019).

Em termos de produção, o estado de São Paulo evidencia-se como a maior região produtora de hortaliças hidropônicas no país (OLIVEIRA, 2012). No que tange a comercialização das hortaliças folhosas hidropônicas no estado de Pernambuco, destaca-se o coentro com 87.500 maços comercializados mensalmente e as alfaces do tipo crespa, americana e lisa, com uma comercialização mensal de 87.700, 42.500 e 31.000 unidades, respectivamente. O almeirão e a chicória representam uma parcela menor em comparação as hortaliças citadas acima, com 1.500 e 2.100 unidades comercializadas por mês, respectivamente (BEZERRA NETO, 2016).

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1. Localização do experimento**

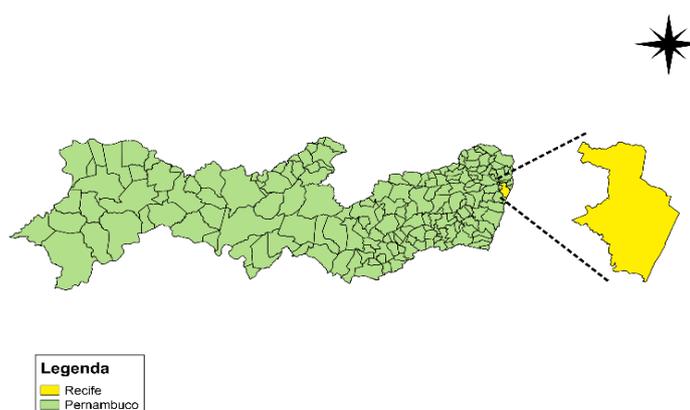
O experimento foi desenvolvido entre dezembro de 2021 e fevereiro de 2022 em casa de vegetação – tipo arco e com lanternim (Figura 7), pertencente a Estação de Fertirrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola/Universidade Federal Rural de

Pernambuco (DEAGRI/UFRPE), Recife-PE (8° 01' 07" de latitude Sul e 34° 56' 53" de longitude Oeste, e altitude de 6,5 m) (Figura 8).

Figura 7. Vista lateral da casa de vegetação.



Figura 8. Mapa do Estado de Pernambuco com destaque para o município de Recife.



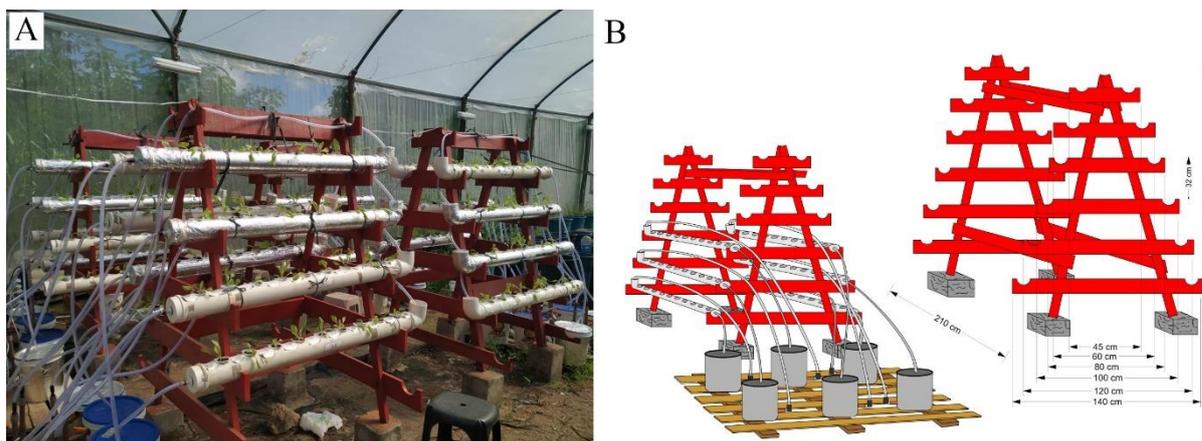
## 5.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, analisado em esquema fatorial 4 x 2, com quatro blocos/repetições. Os tratamentos consistiram de quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva ( $CE_{sn} = 1,7; 3,2; 4,7$  e  $6,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), preparadas em água salobra obtida através da solubilização de NaCl em água de abastecimento ( $CE_{ea} = 0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ), aplicadas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.

### 5.3. Sistema hidropônico utilizado

Cada bloco experimental consistiu de uma estrutura hidropônica de baixo custo (SANTOS JÚNIOR et al., 2016), constituída de um suporte de madeira impermeabilizada com tinta a óleo, com dimensões de 2 x 1,40 m, contendo oito tubos de PVC de 2 m de comprimento e 0,1 m de diâmetro. Nesses tubos, foram adaptados orifícios circulares de 0,06 m de diâmetro, espaçados de forma equidistantes a cada 0,14 m, considerando-se o eixo central de cada orifício. Nas extremidades dos tubos foram acoplados joelhos de mesma bitola, e a estes, uma torneira para saída de água, em um sistema “tipo vertedouro” para induzir um nível constante de 0,04 m de solução nutritiva dentro de cada tubo, em toda a sua extensão, disponibilizando equitativamente a solução para todas as plantas (Figura 9).

Figura 9. Vista (A) e ilustração gráfica (B) do sistema hidropônico.



### 5.4. Preparo e manejo da solução nutritiva

A solução nutritiva foi preparada apenas uma vez, no início do experimento, para todos os tratamentos, utilizando-se águas de abastecimento local da UFRPE ( $CE_a = 0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ). Para determinação do quantitativo de fertilizantes, baseou-se na proposta por Furlani et al. (1999) para hortaliças folhosas, ou seja, para cada 1000 L utilizou-se: 750,0 g de nitrato de cálcio; 500,0 g de nitrato de potássio; 400,0 g de sulfato de magnésio + micronutrientes e 150,0 g de fosfato monoamônico. A adição dos fertilizantes correspondeu às seguintes concentrações de nutrientes em  $\text{mmol L}^{-1}$ : 3,59 N; 2,37 Ca; 5,50 K; 2,61 P; 1,37 S; 1,48 Mg; e em  $\mu\text{mol L}^{-1}$ : 180 B; 30 Cu; 180 Fe; 140 Mn; 8,0 Mo; e 90,0 Zn, que proporcionou um incremento na condutividade elétrica da solução nutritiva equivalente a  $1,58 \text{ dS m}^{-1}$ .

Após o preparo da solução nutritiva, o volume planejado para os tratamentos de mesma CE<sub>sn</sub> foi separado em reservatórios distintos e então, usando como referência a equação de Richards (1954), estabeleceu-se os quantitativos de NaCl a serem solubilizados (0; 16,43; 32,85 e 49,28 mmol L<sup>-1</sup>), conforme tratamentos. Em seguida, a cada sistema tubo-reservatório, foi adicionado um volume inicial de 17 L de solução nutritiva com a respectiva condutividade elétrica inicial (CE<sub>sn</sub>) 1,7; 3,2; 4,7 e 6,2 dS m<sup>-1</sup>, ou seja, como se dispôs nove plantas em cada sistema tubo-reservatório, manteve-se uma concentração de 1,88 L de solução nutritiva por planta para todos os tratamentos.

O manejo da solução foi individualizado por tubo/parcela, conforme tratamentos, e consistiu no reaproveitamento contínuo da solução nutritiva. A reposição da lâmina evapotranspirada foi efetuada diariamente com as respectivas águas salobras e a recirculação da solução nutritiva iniciava-se pela manhã (09:00 h) e finalizava-se a tarde (18:00 h), de forma automatizada, sendo instalada uma bomba em cada reservatório, com aplicações e período de descanso alternados em 15 min. Por se tratar de um sistema fechado, o excedente da solução nutritiva, em relação ao nível dentro do tubo retornava ao reservatório via mangueira e o processo se repetia a cada evento de circulação.

Foram monitorados diariamente na solução nutritiva os valores de condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura para eventuais ajustes em caso de necessidade.

### **5.5. Sistema de resfriamento da solução nutritiva**

No experimento proposto, dezesseis dos tubos-reservatórios e os dezessete litros de solução nutritiva que circulou em cada um destes sistemas, conforme seus respectivos tratamentos salinos, estiveram expostos as condições ambientais da casa de vegetação. Os dezessete litros de solução nutritiva que circulou por cada um dos outros dezesseis tubos-reservatórios, de forma individual e com seus respectivos tratamentos salinos, estiveram submetidos a um sistema de resfriamento para garantir que a temperatura da solução nutritiva que estava dentro do tubo, exatamente onde se encontrava a rizosfera efetiva das plantas, estivesse na faixa de 25 a 30 °C.

Para obtenção da solução nutritiva na faixa de temperatura desejada, conforme testado em ensaios prévios, foram adotados os seguintes procedimentos (Figura 10):

- a) os tubos e os reservatórios foram revestidos com manta térmica aluminizada;
- b) foram instalados dois freezers horizontais para resfriamento da solução nutritiva;

- c) adotou-se um período de resfriamento diário de 9 às 17 h, período em que a solução nutritiva a temperatura ambiente, via de regra, ultrapassava os 30 °C;
- d) diariamente às 18hs coletava-se oito litros de solução nutritiva que eram acondicionados nos freezers;
- e) às 9hs, quatro litros de solução resfriada eram devolvidos aos reservatórios e o sistema de bombeamento era acionado;
- f) no período entre 11 e 17 h, em intervalos de duas horas, dois litros de solução nutritiva eram postos para resfriar e outros dois litros para circular;
- g) no período da noite, a solução nutritiva de todos os tratamentos esteve exposta as condições ambientais da casa de vegetação;
- h) assim como nos tratamentos em que a solução nutritiva esteve sob condições ambientais, em cada sistema tubo-reservatório que contava com nove plantas, circularam 17 litros de solução nutritiva, totalizando 1,88 L de solução nutritiva por planta.

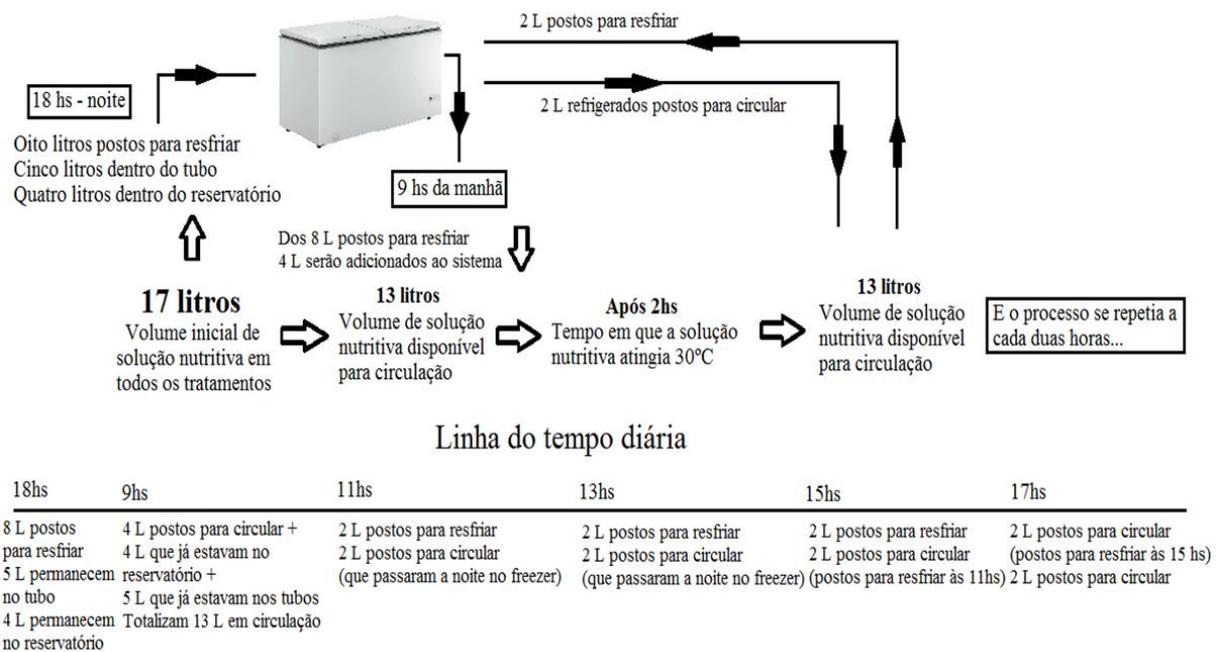
Figura 10. Desenho esquemático e procedimentos adotados para o resfriamento da solução nutritiva.



A – Tubos e reservatórios foram revestidos com manta térmica aluminizada.



B – Instalação dos freezers para resfriamento da solução nutritiva.



C – Desenho esquemático do processo de resfriamento adotado.

## 5.6. Condução da cultura e do experimento

A cultura de referência foi o almeirão (*Cichorium intybus* L.) cv. Folha Larga. A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno (isopor) com 200 células, preenchidas com fibra de coco, e em cada célula foram distribuídas três sementes. Aos 23 DAS, as mudas foram transplantadas para copos plásticos com capacidade para 180 mL perfurados no fundo e lateralmente, contendo como substrato a fibra de coco. A umidade foi mantida por meio da pulverização de 100 mL de água de abastecimento sobre as mudas até sete dias após a semeadura (DAS). Após esse período, as mesmas foram irrigadas duas vezes ao dia com solução nutritiva indicada por Furlani et al. (1999) com 50% de diluição até o transplante para o módulo hidropônico aos 30 DAS.

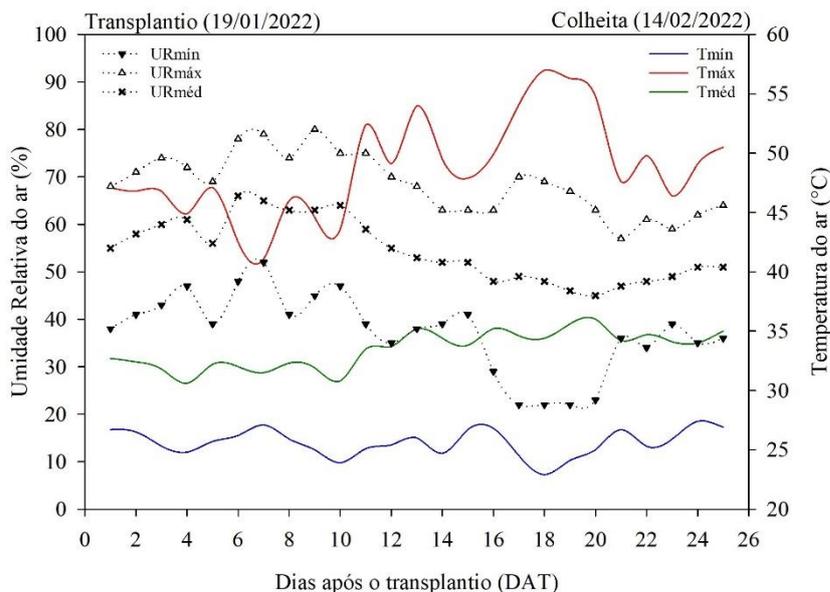
Foram realizados dois desbastes para manutenção de apenas uma plântula por recipiente. Em cada tubo foram mantidas nove plantas, resultando em uma concentração de 1,88 L de solução nutritiva por planta. Não foi verificado problemas fitossanitários durante a condução do experimento.

## 5.7. Monitoramento de variáveis meteorológicas

Dentro do ambiente experimental, a umidade relativa (%) e a temperatura do ar (°C) foram monitoradas diariamente através de uma estação meteorológica portátil (Digitech modelo

XC0348) instalada no interior da casa de vegetação. Durante o experimento, a umidade relativa média máxima foi de 80% e a média mínima foi de 22%, bem como a temperatura média máxima foi de 57 °C e a média mínima foi de 22,9 °C (Figura 11).

Figura 11. Valores de umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C) dentro do ambiente protegido, durante o período experimental.



## 5.8. Variáveis analisadas

### 5.8.1. Crescimento e análise do crescimento

Para as avaliações foram consideradas as três plantas centrais “úteis” desprezando-se as bordaduras. Durante o ciclo das plantas foi realizada quatro análises morfométricas com cinco dias após o transplante (DAT) e, em seguida, a cada sete dias (5, 12, 19 e 26 DAT).

Avaliaram-se as seguintes características: altura da planta (AP, cm) obtida com régua graduada, medindo-se do colo da planta até a extremidade da folha; diâmetro do caule (DC, cm) obtido com paquímetro digital; e número de folhas (NF) determinado pela contagem direta, partindo-se da folha basal até a última folha totalmente distendida (PEREIRA et al., 2011).

A área foliar (AF, dm<sup>2</sup>) foi obtida com régua graduada através das medições de comprimento (C), referente ao encontro do pedicelo com o ápice da folha, e de largura (L). Em seguida, a AF foi determinada pela Eq. 1, conforme Pereira et al. (2011).

$$AF = \frac{\pi}{4CL} \quad (1)$$

A avaliação do crescimento foi realizada por meio da determinação da AP e DC, que foi utilizada para obter a taxa de crescimento absoluto (TCA, cm dia<sup>-1</sup> e mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente) e a taxa de crescimento relativo (TCR, cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e mm mm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente), determinadas através da variação ou incremento da AP e DC entre duas amostragens obtidas no início e no final do período de estudo, respectivamente, conforme Eq. 2 e 3 (BENINCASA, 2003).

$$TCA = \frac{A2 - A1}{t2 - t1} \quad (2)$$

$$TCR = \frac{\ln(A2) - \ln(A1)}{t2 - t1} \quad (3)$$

Em que: A = altura de planta (cm) ou diâmetro de caule (mm); t = tempo (dia).

### 5.8.2. Consumo hídrico e produtividade da água

Desde o transplantio das mudas para o módulo hidropônico (30 DAS) até a colheita (26 DAT), foi avaliado diariamente o consumo hídrico das plantas (CH, L planta<sup>-1</sup>), calculado por meio da razão entre a solução nutritiva evapotranspirada pelas plantas da calha, medida pela razão entre o volume reduzido no nível do reservatório estoque pelo número de plantas no canal hidropônico.

O volume correspondente a redução do nível do reservatório-estoque foi determinado através da medição, com régua milimétrica, do nível da solução nutritiva no reservatório disposto em nível. Como o reservatório se constitui um cilindro, o CH foi determinado através da equação do volume do cilindro, calculado pela multiplicação entre a área da base e a altura da lâmina consumida. Aos 26 DAT, com base na soma das reposições diárias, calculou-se o consumo de água necessário para a produção de uma planta de almeirão.

A eficiência de uso da água (EUA, g L<sup>-1</sup>) foi calculada com base na produção de massa fresca da parte aérea (MFPA, g planta<sup>-1</sup>), de acordo com a seguinte equação:

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

O teor de água na parte aérea (TAPA) foi determinado com base na massa fresca, conforme Guimarães e Stone (2008) através da Eq. 5.

$$\text{TAPA (\%)} = \frac{\text{MFPA} - \text{MSPA}}{\text{MFPA}} \times 100 \quad (5)$$

A integridade da membrana celular foi avaliada através da técnica do extravasamento de eletrólitos do tecido foliar. Foram coletados 20 discos foliares, tendo 1 cm de diâmetro cada, os quais ficaram imersos em 30 ml de água destilada por 24 horas. Após esse período, foi realizada a primeira leitura de condutividade elétrica livre (CL), com auxílio de um condutivímetro de bancada. Em seguida, as mesmas amostras foram submetidas a banho maria a 95 °C por uma hora, para posterior leitura da condutividade elétrica total (CT). De posse dos dados, foi calculada a porcentagem de extravasamento de eletrólitos (EE) conforme Eq. 6 (VASQUEZ-TELLO et al., 1990).

$$\text{EE} = \frac{\text{CL}}{\text{CT}} \times 100 \quad (6)$$

A suculência foliar (SF, g H<sub>2</sub>O dm<sup>-2</sup>) foi determinada a partir da razão entre o teor de água na folha e a área foliar, conforme Eq. 7, proposta por Delf (1912):

$$\text{SF} = \frac{(\text{MF} - \text{MS})}{\text{AF}} \quad (7)$$

Em que: MF = massa fresca (g); MS = massa seca (g); AF = área foliar (dm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>).

A porcentagem de massa seca da parte aérea (%MSPA) foi obtida através da razão entre a massa seca e a massa fresca da parte aérea.

### 5.8.3. Produtividade e aspectos fotossintéticos

Aos 26 dias após o transplântio (DAT), por ocasião da colheita, determinou-se a produtividade da cultura (PROD), relação sistema radicular/parte aérea (RR/PA), área foliar específica (AFE, dm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>), índice de área foliar (IAF), razão de área foliar (RAF, dm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) e razão de massa foliar (RMF, g g<sup>-1</sup>).

A produtividade da cultura (PROD, kg MFPA m<sup>-2</sup>) foi obtida através da razão entre a massa fresca da parte aérea (MFPA, kg) e a área do módulo hidropônico (m<sup>2</sup>), conforme Eq. 8. Vale ressaltar que para a determinação da área, foi considerado a capacidade de suporte para 12 tubos do sistema hidropônico utilizado no presente estudo.

$$\text{PROD} = \frac{\text{MFPA}}{\text{Área}} \quad (8)$$

A relação sistema radicular/parte aérea (RR/PA) foi determinada através da Eq. 9 (BENINCASA, 2003).

$$\text{RR/PA} = \frac{\text{MSR}}{\text{MSF} + \text{MSC}} \quad (9)$$

Em que: MSR, MSF e MSC = massa seca da raiz, folha e caule, respectivamente (g).

A área foliar específica (AFE,  $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ ) foi calculada através da razão entre a área foliar (AF,  $\text{dm}^2$ ) e a massa seca das folhas (MSF, g), segundo Eq. 10 (CARVALHO et al., 2017).

$$\text{AFE} = \frac{\text{AF}}{\text{MSF}} \quad (10)$$

O índice de área foliar (IAF) será determinado através da razão área foliar total ( $\text{AF}_{\text{total}}$ ) por unidade de área ocupada pelas plantas (AS) (Equação 11) (BENINCASA, 2003).

$$\text{IAF} = \frac{\text{AF}_{\text{total}}}{\text{AS}} \quad (11)$$

A razão de área foliar (RAF,  $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ ) foi determinada através da razão entre os valores de área foliar total ( $\text{AF}_{\text{total}}$ ,  $\text{dm}^2$ ) e massa seca total ( $\text{MS}_{\text{total}}$ , g), conforme Eq. 12 (GUIMARÃES et al., 2015).

$$\text{RAF} = \frac{\text{AF}_{\text{total}}}{\text{MS}_{\text{total}}} \quad (12)$$

A razão de massa foliar (RMF,  $\text{g g}^{-1}$ ) foi obtida por meio da razão entre a massa seca retida nas folhas (MSF) e a massa seca total (MST) acumulada na planta, conforme Eq. 13 (BENINCASA et al., 2003).

$$\text{RMF} = \frac{\text{MSF}}{\text{MST}} \quad (13)$$

## 5.9. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, mediante teste F, em nível de 0,05 de probabilidade e quando se verificou efeito significativo, os níveis de condutividade elétrica

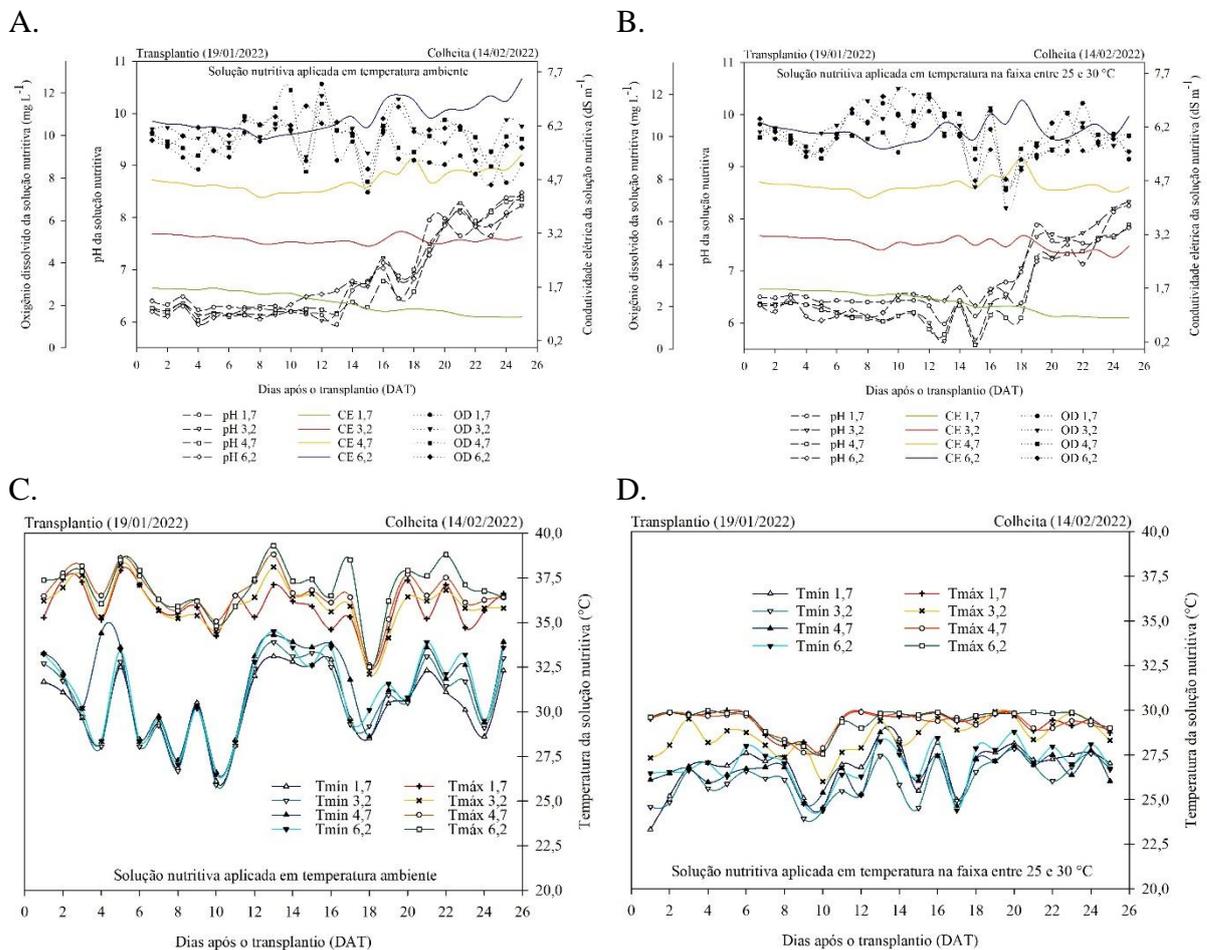
da solução nutritiva foram comparados mediante análise de regressão. Por outro lado, quando houve significância da interação entre os tratamentos, procedeu-se o desdobramento. As análises foram realizadas com o auxílio do Software SISVAR (FERREIRA, 2019).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura da solução nutritiva

Durante o período experimental, em ambas as situações de temperatura da solução nutritiva trabalhadas, observou-se um decréscimo da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) para os níveis de salinidade de 1,7 e 3,2 dS m<sup>-1</sup>, enquanto que para os níveis de 4,7 e 6,2 dS m<sup>-1</sup> essa variação foi positiva (Figuras 12A e 12B).

Figura 12. Variação temporal da condutividade elétrica, do pH, do oxigênio dissolvido e da temperatura de soluções nutritivas preparadas em águas salobras com prevalência de NaCl e disponibilizadas durante todo um ciclo de plantas de almeirão, cv. Folha larga, em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.



No tratamento controle ( $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ ), em que a reposição da lâmina evapotranspirada foi feita com água de abastecimento ( $\text{CEa} = 0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ), observou-se uma redução máxima na  $\text{CEsn}$  de 49,41 e 48,24%, quando aplicadas a temperatura ambiente e na faixa de  $25\text{-}30^\circ \text{ C}$ , respectivamente (Figuras 12A e 12B). É possível atribuir essa redução na  $\text{CEsn}$  inicial ao consumo de nutrientes das plantas e ao baixo aporte de sais por ocasião da reposição no nível do reservatório estoque, o que também já foi verificado por outros autores (LIRA et al., 2015; SOARES et al., 2019). Por outro lado, nos tratamentos de maior salinidade ( $4,7$  e  $6,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), os maiores acréscimos da  $\text{CEsn}$  (14,84 e 21,13%, respectivamente) foram verificados quando as soluções nutritivas foram aplicadas a temperatura ambiente. Esse aumento pode ser atribuído ao acúmulo de íons não absorvidos pelas plantas, mas, sobretudo, a própria temperatura da solução nutritiva (ALVES et al., 2011).

Em geral, verificou-se que o pH da solução nutritiva -  $\text{pHsn}$  esteve dentro da faixa entre 5,50 e 7,50 nos primeiros 18 DAT em todos os tratamentos, ou seja, permanecendo dentro de uma faixa em que o pH não afeta negativamente o desenvolvimento da maioria das culturas cultivadas em sistemas hidropônicos (MACIEL et al., 2012). Todavia, na fase final do ciclo da cultura, houve um maior aumento do  $\text{pHsn}$ , com uma variação positiva de até 36,6% em relação ao  $\text{pHsn}$  inicial, equivalente ao  $\text{pHsn}$  de 8,48 para o nível de  $6,2 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 12A e 12B). De acordo com Resh (2012), em particular, o pH na faixa entre 7,5-8,5 reduzirá a disponibilidade de Fe, Mn e Zn para as plantas.

Pode-se observar que, em geral, a concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva ( $\text{ODsn}$ ) variou entre 6,65 e  $12,43 \text{ mg L}^{-1}$  para todos os tratamentos (Figura 12A e 12B), estando acima  $5 \text{ mg L}^{-1}$ , que é o limite mínimo recomendado para a maioria das culturas (JENSEN, 1997).

A concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva varia em função da sua temperatura e pode diminuir rapidamente, sobretudo com o aumento da temperatura da solução nutritiva (SUTTON et al., 2006; SAKAMOTO et al., 2016). Todavia, essa redução não foi observada no presente estudo quando se utilizou soluções nutritivas aplicadas a temperatura ambiente em comparação com a resfriada, o que pode ser atribuído a eficiência da elevada frequência na recirculação da solução - em intervalos de 15 minutos que, por sua vez, oxigena e devolve o conteúdo de oxigênio dissolvido da solução nutritiva aos níveis ora constatados.

No período de trabalho do sistema de resfriamento, ou seja, de 9 às 17hs, as soluções nutritivas expostas as condições ambiente chegaram a atingir picos de  $39,3^\circ \text{ C}$  e uma média

máxima de 36,3 °C e, por outro lado, nas soluções nutritivas resfriadas, a temperatura média máxima foi de 29,2 °C, com máxima registrada de 30 °C (Figuras 12 C e 12 D).

Nos demais horários do dia, as temperaturas médias das soluções nutritivas - quando aplicadas a temperatura ambiente e na faixa entre 25-30 °C, foram de 33,6 e 28,0 °C e valores mínimos registrados de 25,9 e 23,1 °C, respectivamente (Figuras 12C e 12D). Como nestes períodos ambos os tratamentos estavam expostos às condições ambiente, essa tênue diferença pode ser atribuída à conservação da temperatura pelo revestimento utilizado nas tubulações e nos reservatórios estoque do tratamento que considerou a temperatura da solução nutritiva na faixa entre 25 e 30 °C,

Diferentes estudos relataram a ocorrência de temperaturas das soluções acima de 30 °C nos horários mais quentes do dia (COMETTI et al., 2013; SILVA et al., 2017; SILVA et al., 2018a). Em geral, a temperatura das soluções nutritivas na faixa entre 20 e 30 °C são consideradas adequadas para o crescimento das plantas (HE et al., 2019). Porém, vale destacar que as temperaturas elevadas das soluções podem comprometer as funções fisiológicas das plantas, sobretudo aquelas que envolvem os processos fotossintéticos (NXAWE et al., 2011) e, conseqüentemente, a produtividade da cultura (SAKAMOTO & SUZUKI, 2015).

## 6.2. Crescimento e análise do crescimento

A interação entre os tratamentos não afetou ( $p > 0,05$ ) a AP ou o DC em nenhuma data avaliada, por outro lado, influenciou ( $p < 0,01$ ) a TCA-AP e a TCR-DC no período estudado. De forma isolada, o aumento da CEs<sub>n</sub> influenciou a AP em todas as datas e o DC aos 5, 12 e 26 DAT; destarte, constatou-se significância ( $p < 0,05$ ) do fator temperatura da solução nutritiva sobre a AP aos 19 DAT e sobre o DC aos 5 e 12 DAT (Tabela 2).

O aumento da CEs<sub>n</sub> reduziu ( $p < 0,01$ ), de forma relativa, a AP em todas as épocas analisadas, sendo estimado uma redução de 5,40; 6,81; 5,76 e 5,87% por cada dS m<sup>-1</sup> incrementado aos 5, 12, 19 e 26 DAT. Aos 19 DAT, aplicação de solução nutritiva em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C implicou em ganho de 8,27% na AP (Figura 13A).

É possível observar que os maiores valores de AP estimados durante todo o ciclo, foram verificados nas plantas sob CEs<sub>n</sub> de 1,7 e 3,2 dS m<sup>-1</sup>, com variações entre estes, e, por ocasião da colheita (26 DAT), a altura das plantas estimada para estes tratamentos foi 33,51 e 30,24 cm, respectivamente.

Tabela 2. Altura e taxa de crescimento absoluto e relativo da altura das plantas, diâmetro e taxa de crescimento absoluto e relativo do diâmetro do caule aos 5, 12, 19 e 26 dias após o transplante de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.

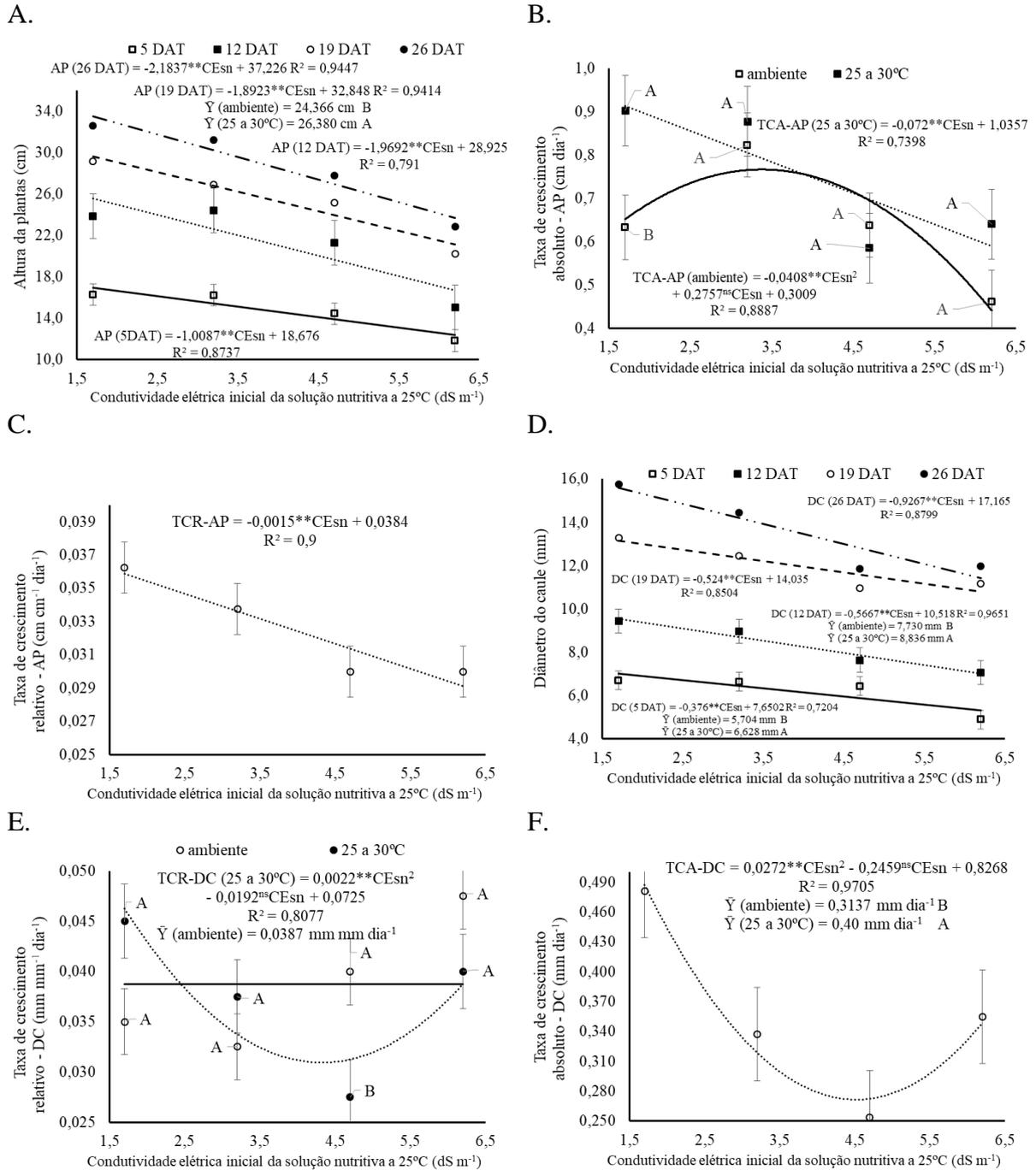
FV	GL	Quadrado médio					
		Altura das plantas - AP					
		5 DAT	12 DAT	19 DAT	26 DAT	TCA-AP	TCR-AP
CEsn	3	34,92**	147,07**	114,12**	151,42**	0,152**	7,5x10 <sup>-5**</sup>
R Linear	1	91,56**	349,01**	322,28**	429,15**	0,317**	2,0x10 <sup>-4**</sup>
R Quadrática	1	12,82**	92,10**	14,472 <sup>ns</sup>	24,95 <sup>ns</sup>	0,041**	1,3x10 <sup>-5ns</sup>
Tsn	1	2,142 <sup>ns</sup>	16,14 <sup>ns</sup>	32,44**	34,32 <sup>ns</sup>	0,102**	5,0x10 <sup>-5ns</sup>
CEsn x Tsn	3	2,549 <sup>ns</sup>	1,694 <sup>ns</sup>	4,283 <sup>ns</sup>	7,970 <sup>ns</sup>	0,039**	4,2x10 <sup>-5ns</sup>
Resíduo	24	2,157	5,774	4,052	10,879	0,003	1,7x10 <sup>-5</sup>
CV (%)	---	10,00	11,36	7,93	11,53	8,95	12,56
		Diâmetro do caule - DC					
		5 DAT	12 DAT	19 DAT	26 DAT	TCA-DC	TCR-DC
CEsn	3	5,844**	10,00**	9,649 <sup>ns</sup>	29,237**	0,070**	1,7x10 <sup>-4ns</sup>
R Linear	1	12,63**	29,00**	24,601**	77,131**	0,085**	4,0x10 <sup>-5ns</sup>
R Quadrática	1	4,34**	0,021 <sup>ns</sup>	2,060 <sup>ns</sup>	4,154 <sup>ns</sup>	0,120**	4,5x10 <sup>-4**</sup>
Tsn	1	6,835**	9,790**	12,625 <sup>ns</sup>	11,198 <sup>ns</sup>	0,059**	1,3x10 <sup>-5ns</sup>
CEsn x Tsn	3	1,234 <sup>ns</sup>	1,263 <sup>ns</sup>	1,833 <sup>ns</sup>	2,613 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	2,2x10 <sup>-4**</sup>
Resíduo	24	0,472	0,732	3,319	4,636	0,001	6,3x10 <sup>-5</sup>
CV (%)	---	11,15	10,33	15,22	15,94	11,45	20,74

FV – Fonte de variação; GL – graus de liberdade; CV – coeficiente de variação; CEsn – condutividade elétrica da solução nutritiva; Tsn – temperatura da solução nutritiva; \*, \*\*significativo a  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , respectivamente; ns – não significativo.

As maiores AP obtidas neste estudo se aproximam das relatadas em trabalhos com almeirão cv. Folha Larga em condições não salinas no sistema solo (NOVO et al., 2003; SANTOS et al., 2013a), respectivamente, 35,58 e 37,7 cm. De acordo com Faveri et al. (2009), que avaliaram o comportamento do almeirão cv. Pão-de-Açúcar em função dos espaçamentos de 0,10 e 0,20 m, valores intermediários ao utilizado neste estudo (0,14 m), com o adensamento das plantas, ocorre uma tendência de crescimento vertical, devido a competição de plantas por luz.

Em todas as avaliações, a CEsn de 6,2 dS m<sup>-1</sup> proporcionou os menores valores estimados da AP, a saber: 12,42; 16,72; 21,12 e 23,69 cm aos 5, 12, 19 e 26 DAT. Como resultado, estimou-se que, na época de colheita, o maior nível de salinidade testado (6,2 dS m<sup>-1</sup>) produziu plantas, em média, 29,32% menores do que as do tratamento controle.

Figura 13. Altura das plantas (A), taxa de crescimento absoluto - AP (B), taxa de crescimento relativo - AP (C), diâmetro do caule (D), taxa de crescimento absoluto - DC (E) e taxa de crescimento relativo - DC (F) de plantas de almeirão, cv. Folha larga, entre os 5 e 26 dias após o transplântio, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.



Em estudo realizado com variedades de manjeriço hidropônico cultivadas sob soluções nutritivas preparadas com águas salobras produzidas artificialmente com NaCl (2,31 – controle;

3,42; 5,66; 7,89 e 10,22 dS m<sup>-1</sup>) e rejeito de dessalinização (CEsn = 10,00 dS m<sup>-1</sup>), Bione et al. (2014) relataram reduções lineares significativas na altura das plantas com o aumento da CEsn, corroborando com o presente estudo. Todavia, essa redução só foi detectada a partir da avaliação realizada aos 13 DAT, não apresentando diferença estatística aos 3 DAT.

Reduções de 4,37 e 2,95% na altura das plantas de coentro com o incremento unitário da CEsn também foram relatadas, respectivamente, por Cazusa Neto et al. (2014) (NFT) e Silva et al. (2018a) (DFT). Resultados diferentes foram reportados por Silva et al. (2020a) com a chicória cultivada em sistemas DFT (CEsn = 2,57; 3,43 e 4,75 dS m<sup>-1</sup>) e NFT (CEsn = 2,57 dS m<sup>-1</sup>) em que a altura das plantas, em geral, foi pouco influenciada pela salinidade, medindo aproximadamente 30,0 cm aos 20 DAT.

A TCA-AP foi reduzida à taxa de 0,072 cm dia<sup>-1</sup> por cada dS m<sup>-1</sup> incrementado, nas plantas expostas a solução nutritiva em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C e, foi igual (0,7567 e 0,7005 cm dia<sup>-1</sup>) ao desempenho das plantas sob soluções nutritivas em temperatura ambiente sob as CEsn de 3,87 e 4,65 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Nas plantas sob aplicação de solução nutritiva em temperatura ambiente estimou-se uma TCA-AP máxima (0,7667 cm dia<sup>-1</sup>) sob CEsn estimada em 3,38 dS m<sup>-1</sup>, sendo verificado uma TCA-AP 40,15% maior (p<0,01) nas plantas expostas a solução nutritiva em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C dentro da CEsn de 1,7 dS m<sup>-1</sup> (Figura 13B).

A TCR-AP foi reduzida à razão de 0,0015 cm cm dia<sup>-1</sup> por cada dS m<sup>-1</sup> incrementado (Figura 13C). A TCR expressa o incremento de crescimento em relação ao material pré-existente (MAIA JÚNIOR et al., 2013), ou seja, o aumento da CEsn implicou em uma redução no crescimento “relativo” de 4,06% por incremento unitário da CEsn, proporcionado, dentre outras razões, pela redução no processo fotossintético da cultura causado pela salinidade.

Em condições de restrição hídrica, Soares et al. (2011) (40% da capacidade de campo) e Maia Júnior et al. (2013) (60% da evapotranspiração real), reportaram redução na TCA-AP para as culturas do tomate e girassol, respectivamente, a medida em que a umidade do solo reduzia. De acordo com Taiz et al. (2017), os efeitos da salinidade são semelhantes aos efeitos do déficit hídrico, com efeitos primários na redução do potencial hídrico, desidratação celular e citotoxicidade iônica.

Redução na taxa de crescimento absoluto de altura das plantas com o aumento da salinidade também foi relatado por SANTOS et al. (2013b) em cultivo da mamoneira BRS Energia irrigada com água salina (entre 0,12 e 4,8 dS m<sup>-1</sup>). Neste mesmo estudo não houve efeito significativo da salinidade sobre a taxa de crescimento relativo de altura das plantas,

apesar de ter reportado redução dessa variável em decorrência do tempo de cultivo. Segundo eles, as diminuições observadas para a taxa de crescimento absoluto e relativo são oriundas, principalmente, da ação depressiva dos sais ao metabolismo da planta.

Os resultados de Santos et al. (2013b) corroboram com os obtidos por Bione et al. (2014), os quais relataram que a salinidade ( $10,22 \text{ dS m}^{-1}$ ) não causou diferenças significativas na TCR-AP da cultura do manjericão hidropônico. Eles atribuíram isso a arquitetura da planta, em que o crescimento lateral foi favorecido em detrimento da altura da planta.

O DC foi reduzido, de forma relativa, com o aumento da CEsn à taxa de 0,376; 0,567; 0,524 e 0,927 mm por cada  $\text{dS m}^{-1}$  incrementado aos 5, 12, 19 e 26 DAT, respectivamente. Em todas as avaliações, o diâmetro do caule estimado para as plantas expostas a CEsn  $1,7 \text{ dS m}^{-1}$  foram superiores as demais, sendo até 31,81; 36,41; 21,86 e 36,52% maior aos 5, 12, 19 e 26 DAT, respectivamente (Figura 13D). Esta sensibilidade do diâmetro do caule verificada com o aumento da salinidade corrobora com Silva et al. (2017) que, ao demonstrarem os efeitos da salinidade no crescimento da alface crespa, reportaram que o diâmetro do caule é um dos parâmetros mais sensíveis à salinidade, apresentando variação de 0,60 a 1,00 cm entre o tratamento controle e o maior nível de salinidade.

A temperatura da solução nutritiva afetou significativamente ( $p < 0,01$ ) o DC de forma relativa, apenas no período inicial da cultura, ou seja, aos 5 e 12 DAT. Nestas datas de avaliação, o DC das plantas sob soluções em temperatura na faixa de 25 a 30 °C foram 16,20 e 14,31% maiores, aos 5 e 12 DAT, respectivamente, quando comparados ao DC das plantas expostas a solução nutritiva em temperatura ambiente.

Ao analisar o crescimento do coentro hidropônico cultivado em condições sem ( $\text{CEa} = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) com estresse salino ( $\text{CEa} = 6,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) com diferentes temperaturas da solução nutritiva (ambiente e 30-32 °C), Silva (2019) verificou que o diâmetro do caule foi mais sensível às diferentes temperaturas das soluções nutritivas do que a altura de planta. Foi relatado que no experimento de verão a interação (temperatura e salinidade) afetou significativamente o DC em todos os períodos avaliados (10, 15, 20 e 25 DAT), enquanto que no experimento outono-inverno não houve efeito dessa interação, mas verificou-se que no período inicial da cultura (10 e 15 DAT) houve redução no DC com o aumento da salinidade, diferente do observado na fase final (20 e 25 DAT).

No intervalo de CEsn trabalhado, a TCA-DC foi mínima ( $0,271 \text{ mm dia}^{-1}$ ) na CEsn estimada em  $4,52 \text{ dS m}^{-1}$ , por outro lado, o maior valor estimado para a TCA-DC ( $0,48 \text{ mm dia}^{-1}$ ) foi verificado nas plantas sob CEsn  $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ . Nas plantas sob solução nutritiva em

temperatura na faixa entre 25 e 30 °C a TCA-DC foi até 27,51% maior, em relação ao constatado nas plantas sob solução nutritiva em temperatura ambiente, sendo verificado, quando sob solução resfriada, uma TCA-DC média de 0,40 mm dia<sup>-1</sup> (Figura 13E).

Após análise do desdobramento, verificou-se que a TCR-DC das plantas submetidas a solução nutritiva em temperatura na faixa entre 25-30 °C, TCR-DC foi mínimo (0,0306 mm mm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) na CEs<sub>n</sub> estimada de 4,36 dS m<sup>-1</sup>. Por outro lado, não se verificou significância da CEs<sub>n</sub> dentro da temperatura ambiente, sendo constatado uma TCR-DC média de 0,0387 mm mm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (Figura 13F). Em tempo, ainda na análise do desdobramento, quando se comparou as temperaturas da solução nutritiva, dentro de cada CEs<sub>n</sub>, verificou-se que, sob CEs<sub>n</sub> de 4,7 dS m<sup>-1</sup> a TCR-DC das plantas sob solução em temperatura ambiente foi até 45,45% maior.

No mesmo estudo anteriormente mencionado de Santos et al. (2013b), houve uma diminuição na TCA-DC da mamoneira com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação; já a TCR-DC reduziu na primeira avaliação (20 dias após a emergência - DAE) com o aumento do nível salino, enquanto que no período de avaliação (80 DAE) essa taxa se manteve constante.

Conforme Taiz & Zeiger (2009), o processo de crescimento do caule, apesar de ser menos estudado, é afetado, supostamente, pelas mesmas forças que limitam o crescimento foliar das plantas durante uma condição de estresse. Estudar estes parâmetros é fundamental para conhecer a eficiência do crescimento e a habilidade de adaptação às diferentes condições em que as plantas são submetidas (MAIA JÚNIOR et al., 2013).

A interação entre os tratamentos afetou ( $p < 0,01$ ) o NF aos 26 DAT e a AF aos 5, 12 e 26 DAT. De forma isolada, o aumento da CEs<sub>n</sub>, influenciou ( $p < 0,01$ ) o desempenho do NF e da AF em todas as datas analisadas, enquanto que a Tsn proporcionou variação significativa ( $p < 0,01$ ) no NF e na AF aos 12, 19 e 26 DAT (Tabela 3).

Foi estimado uma redução do número de folhas de 5,18; 8,24 e 9,01% por unidade de incremento da CEs<sub>n</sub> aos 5, 12 e 19 DAT. Aos 12 e 19 DAT o NF verificado nas plantas expostas a solução nutritiva em temperatura na faixa de 25 a 30 °C foi 22,80 e 53,05% maior ( $p < 0,01$ ) em relação ao verificado nas plantas sob soluções nutritivas dispostas em temperatura ambiente, respectivamente (Figura 14A).

Tabela 3. Número de folhas e área foliar aos 5, 12, 19 e 26 dias após o transplântio de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.

FV	Quadrados médios							
	Número de folhas – NF				Área foliar - AF			
	5 DAT	12 DAT	19 DAT	26 DAT	5 DAT	12 DAT	19 DAT	26 DAT
CEsn	3,290**	74,833**	445,94**	326,28**	1,181**	141,59**	551,37**	1083,9**
R Linear	8,181**	196,75**	1124**	597,95**	3,306**	129,58**	1650,13**	2943**
R Quadrática	1,531**	14,058 <sup>ns</sup>	175,6**	373,39**	0,201**	11,580**	2,015 <sup>ns</sup>	292,8**
Tsn	0,241 <sup>ns</sup>	49,178**	897,82**	1398,5**	0,082 <sup>ns</sup>	49,675**	283,39**	1048,7**
CEsn x Tsn	0,643 <sup>ns</sup>	3,029 <sup>ns</sup>	13,423 <sup>ns</sup>	219,0**	0,234**	10,508**	13,623 <sup>ns</sup>	91,268**
Resíduo	0,201	9,304	11,880	22,214	0,030	14,225	16,147	21,324
CV (%)	9,69	25,18	13,64	13,98	13,24	13,73	24,23	16,85

FV – Fonte de variação; GL – graus de liberdade; CV – coeficiente de variação; CEsn – condutividade elétrica da solução nutritiva; Tsn – temperatura da solução nutritiva; \*, \*\*significativo a  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , respectivamente; ns – não significativo.

No cultivo da alface crespa cv. Moana em cultivo hidropônico na região do semiárido sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (1,5 a 3,5 dS m<sup>-1</sup>), Rodrigues et al. (2022) relataram não ter havido efeito significativo da CEsn sobre o número de folhas e diâmetro do caule. Segundo eles, possivelmente os efeitos da salinidade foram atenuados pelas condições mais brandas de temperatura e umidade do ar neste período.

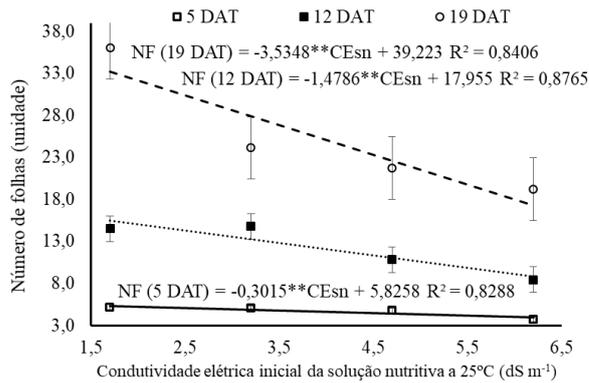
Assim como no presente trabalho, os efeitos negativos sobre o NF causados pela salinidade também foram relatados por Klados e Tzortzakis (2014) em plantas de *Cichorium spinosum* L. hidropônicas expostas a diferentes níveis de CEsn e substratos, em que no maior nível de salinidade estudado (120 mmol L<sup>-1</sup> de NaCl) houve reduções de 28 e 39% no número de folhas e na área foliar, reduzindo, conseqüentemente, a biomassa das plantas.

A diminuição no número de folhas com o aumento da CEsn também foi observada em diferentes trabalhos com hortaliças folhosas em sistema hidropônico de cultivo sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva, como a alface cv. Verônica (DIAS et al., 2011; PAULUS et al., 2012), o coentro cv. Verdão (REBOUÇAS et al., 2013) e a rúcula cv. Cultivada (SOUZA NETA et al., 2013), diferindo dos resultados obtidos por Guimarães et al. (2017) em variedades de alface crespa hidropônica (cv. Alcione e Valentina), onde o nível de 7,6 dS m<sup>-1</sup> não promoveu redução no número de folhas da planta.

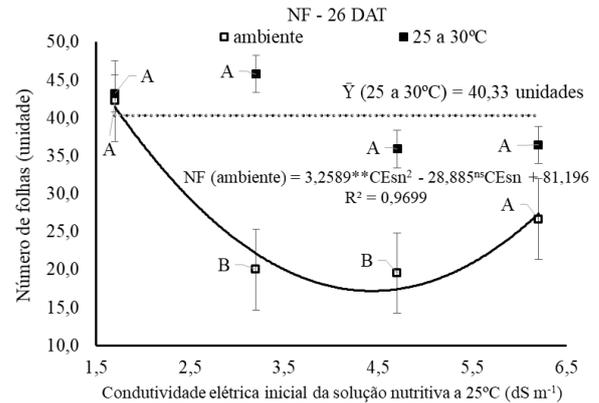
A redução do número de folhas em condições de estresse salino é uma das possibilidades que as plantas buscam para manter a absorção de água, como consequência de alterações morfológicas e anatômicas, refletindo-se na redução da transpiração (TESTER & DAVENPORT, 2003).

Figura 14. Número de folhas aos 5, 12 e 19 DAT (A), número de folhas aos 26 DAT (B), área foliar aos 5 DAT (C), área foliar aos 12 DAT (D), área foliar aos 19 DAT (E) e área foliar aos 26 DAT (F) de plantas de almeirão, cv. Folha larga, entre os 5 e 26 dias após o transplante, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.

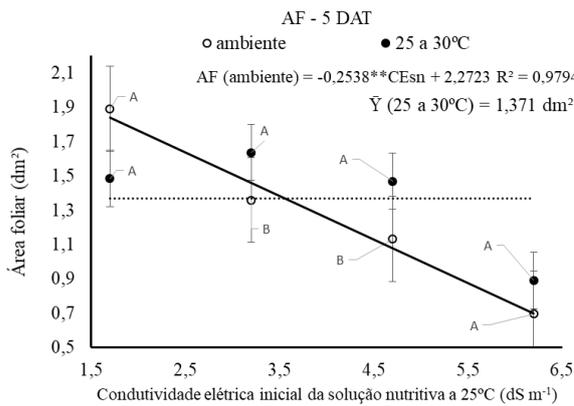
A.



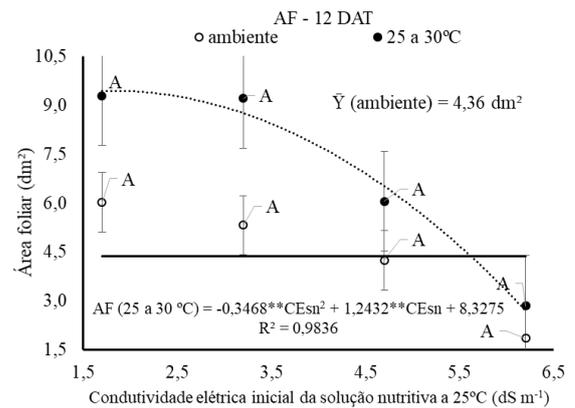
B.



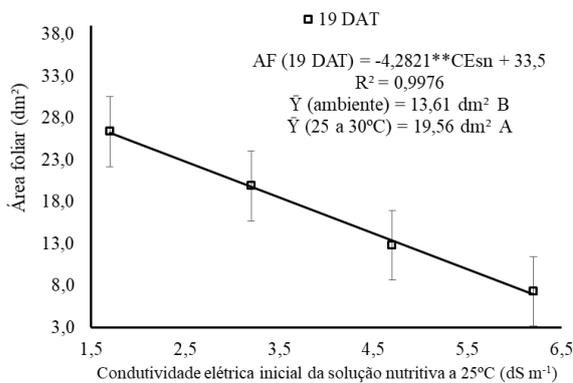
C.



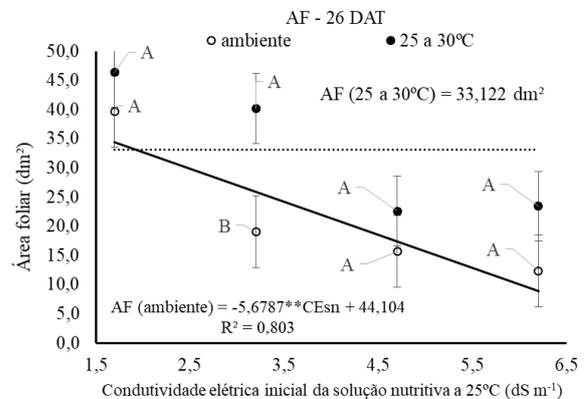
D.



E.



F.



Aos 26 DAT, após a análise do desdobramento, verificou-se que não houve alteração ( $p > 0,05$ ) no NF dentro do intervalo de CEsn estudado, nas plantas expostas a solução em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C, sendo constatado média de 40,33 folhas por planta. Sob

soluções nutritivas em temperatura ambiente, dentro da faixa de CEs<sub>n</sub> trabalhada, o NF foi mínimo (17,2 folhas) na CEs<sub>n</sub> estimada em 4,43 dS m<sup>-1</sup> (Figura 14B). Quando se compara as T<sub>sn</sub> dentro de cada CEs<sub>n</sub> verifica-se que sob a CEs<sub>n</sub> de 3,2 e 4,7 dS m<sup>-1</sup>, as plantas sob solução resfriada produziram 128,89 e 83,51% mais folhas do que o verificado nas plantas sob temperatura ambiente.

Aos 5 DAT, dentro do intervalo de CEs<sub>n</sub> estudado, a AF não foi afetada ( $p>0,05$ ) quando as plantas foram expostas a soluções nutritivas em temperatura entre 25 e 30 °C, sendo constatada média de 1,371 dm<sup>2</sup>. Nas plantas sob soluções nutritivas dispostas em temperatura ambiente verificou-se, dentro do intervalo de CEs<sub>n</sub> estudado, uma redução de 0,2538 dm<sup>2</sup> por cada dS m<sup>-1</sup> incrementado. Ainda aos 5 DAT, quando se compara o efeito da T<sub>sn</sub> dentro de cada CEs<sub>n</sub> verifica-se que sob soluções resfriadas, as plantas sob CEs<sub>n</sub> de 3,2 e 4,7 dS m<sup>-1</sup> produziram até 20,37 e 29,86% mais folhas, respectivamente, em relação às plantas expostas a solução nutritiva em temperatura ambiente e mesma CEs<sub>n</sub> (Figura 14C). Vale destacar que já nos primeiros cinco dias após o transplante, em que plantas foram submetidas a diferentes águas salobras, é possível constatar uma redução de 63,12% na área foliar das plantas sob soluções em temperatura ambiente, verificada entre os níveis 1,7 e 6,2 dS m<sup>-1</sup>.

Aos 12 DAT, sob soluções dispostas em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C, a AF foi máxima (9,44 dm<sup>2</sup>) na CEs<sub>n</sub> estimada em 1,79 dS m<sup>-1</sup> e, por outro lado, não se verificou variação significativa ( $p>0,05$ ) na AF, dentro do intervalo de CEs<sub>n</sub> estudado, quando se aplicou solução nutritiva em temperatura ambiente, sendo verificado uma AF média de 4,36 dm<sup>2</sup> (Figura 14D).

Aos 19 DAT, os dois fatores influenciaram ( $p<0,01$ ), isoladamente, a AF da cultura. Houve uma redução linear de 4,28 dm<sup>2</sup> na área foliar com o aumento unitário da CEs<sub>n</sub>. Quando se analisa o efeito isolado da T<sub>sn</sub>, verifica-se que, sob solução nutritiva na faixa de temperatura entre 25-30 °C, a área foliar média foi 19,56 dm<sup>2</sup>, superando estatisticamente em 43,72% a AF das plantas cultivadas sob solução nutritiva aplicada em temperatura ambiente (Figura 14E).

Aos 26 DAT, dentro do intervalo de CEs<sub>n</sub> estudado, não se verificou variações ( $p>0,05$ ) na AF quando se aplicou solução nutritiva em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C, sendo constatado média de 33,12 dm<sup>2</sup>. No mesmo intervalo de CEs<sub>n</sub>, em plantas sob soluções nutritivas aplicadas em temperatura ambiente, a AF foi reduzida em 5,68 dm<sup>2</sup> na AF das plantas com o incremento unitário da CEs<sub>n</sub>. Por outro lado, quando se compara a T<sub>sn</sub> dentro de cada CEs<sub>n</sub>, verifica-se que as plantas expostas a solução nutritiva resfriada com CEs<sub>n</sub> de 3,2 dS

m<sup>-1</sup>, a AF foi até 110,92% maior em relação às plantas sob mesma CEsn em solução nutritiva aplicada em temperatura ambiente (Figura 14F).

Em resposta das plantas ao estresse salino e corroborando com o presente estudo, diferentes trabalhos têm verificado reduções significativas na área foliar com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva (DIAS et al., 2011; PAULUS et al., 2012; REBOUÇAS et al., 2013; SOUZA NETA et al., 2013; LIRA et al., 2015; SOARES et al., 2015). A diminuição da área foliar com o aumento da concentração de sais ocorre, principalmente, em função do efeito osmótico do sal ao redor da zona radicular, reduzindo a capacidade absorptiva de água e nutrientes pelas plantas como forma de adaptação da cultura ao estresse salino (MUNNS & TESTER, 2008).

### 6.3. Consumo hídrico e produtividade da água

A interação entre os tratamentos influenciou ( $p < 0,01$ ) o extravasamento de eletrólitos (EE) das plantas. De forma isolada, a CEsn ocasionou efeito significativo ( $p < 0,01$ ) sobre o consumo hídrico (CH), o extravasamento de eletrólitos (EE) e a suculência foliar (SF), enquanto que a Tsn influenciou significativamente ( $p < 0,01$ ) o CH e a eficiência de uso da água na produção de massa fresca da parte aérea (EUA-MFPA). O teor de água na parte aérea (TAPA) e o percentual de massa seca da parte aérea não foram influenciados pelos tratamentos ou sua interação (%MSPA) (Tabela 4).

Tabela 4. Consumo hídrico, eficiência de uso da água na produção de massa fresca da parte aérea, teor de água na parte aérea, extravasamento de eletrólitos, suculência foliar e percentual de massa seca da parte aérea de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.

FV	GL	Quadrado médio					
		CH	EUA-MFPA	TAPA	EE	SF	%MSPA
CE <sub>sn</sub>	3	12,457**	33,268 <sup>ns</sup>	0,543 <sup>ns</sup>	25,189**	0,632**	1,154 <sup>ns</sup>
R Linear	1	32,544**	63,088 <sup>ns</sup>	0,833 <sup>ns</sup>	18,523**	0,830**	0,465 <sup>ns</sup>
R Quad	1	3,808**	22,562**	0,543 <sup>ns</sup>	22,747**	0,778**	1,570 <sup>ns</sup>
T <sub>sn</sub>	1	14,796**	63,534**	1,128 <sup>ns</sup>	0,510 <sup>ns</sup>	0,144 <sup>ns</sup>	2,492 <sup>ns</sup>
CE <sub>sn</sub> x T <sub>sn</sub>	3	0,432 <sup>ns</sup>	18,084 <sup>ns</sup>	3,119 <sup>ns</sup>	10,762**	9,1x10 <sup>-4ns</sup>	4,866 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,274	13,034	3,226	2,728	0,093	2,959
CV (%)	---	12,08	19,22	1,99	15,64	12,73	17,50

FV – Fonte de variação; GL – graus de liberdade; CV – coeficiente de variação; CEsn – condutividade elétrica da solução nutritiva; Tsn – temperatura da solução nutritiva; \*, \*\*significativo a  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , respectivamente; ns – não significativo.

O consumo hídrico – CH das plantas reduziu 0,6 L planta<sup>-1</sup> por cada dS m<sup>-1</sup> incrementado, dentro do intervalo de CEs<sub>n</sub> estudado. As plantas expostas a CEs<sub>n</sub> de 1,7 e 3,2 dS m<sup>-1</sup> consumiram 5,69 e 4,79 L planta<sup>-1</sup>, respectivamente, por outro lado, quando se compara os resultados de CH das plantas sob CEs<sub>n</sub> de 4,7 e 6,2 dS m<sup>-1</sup> com as plantas sob 1,7 dS m<sup>-1</sup>, verifica-se uma redução de 31,71 e 47,57%, respectivamente. Quando se analisa o efeito isolado da T<sub>sn</sub>, nota-se que o CH das plantas sob soluções nutritivas aplicadas em temperaturas entre 25 e 30 °C foi 37,20% maior em relação ao CH das plantas expostas a soluções nutritivas aplicadas em temperatura ambiente (Figura 15A).

Similarmente ao presente estudo, decréscimos no consumo hídrico das plantas com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva foram relatados nas plantas de alface (PAULUS et al., 2012; SOARES et al., 2015), rúcula (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018) e coentro (SILVA et al., 2018b).

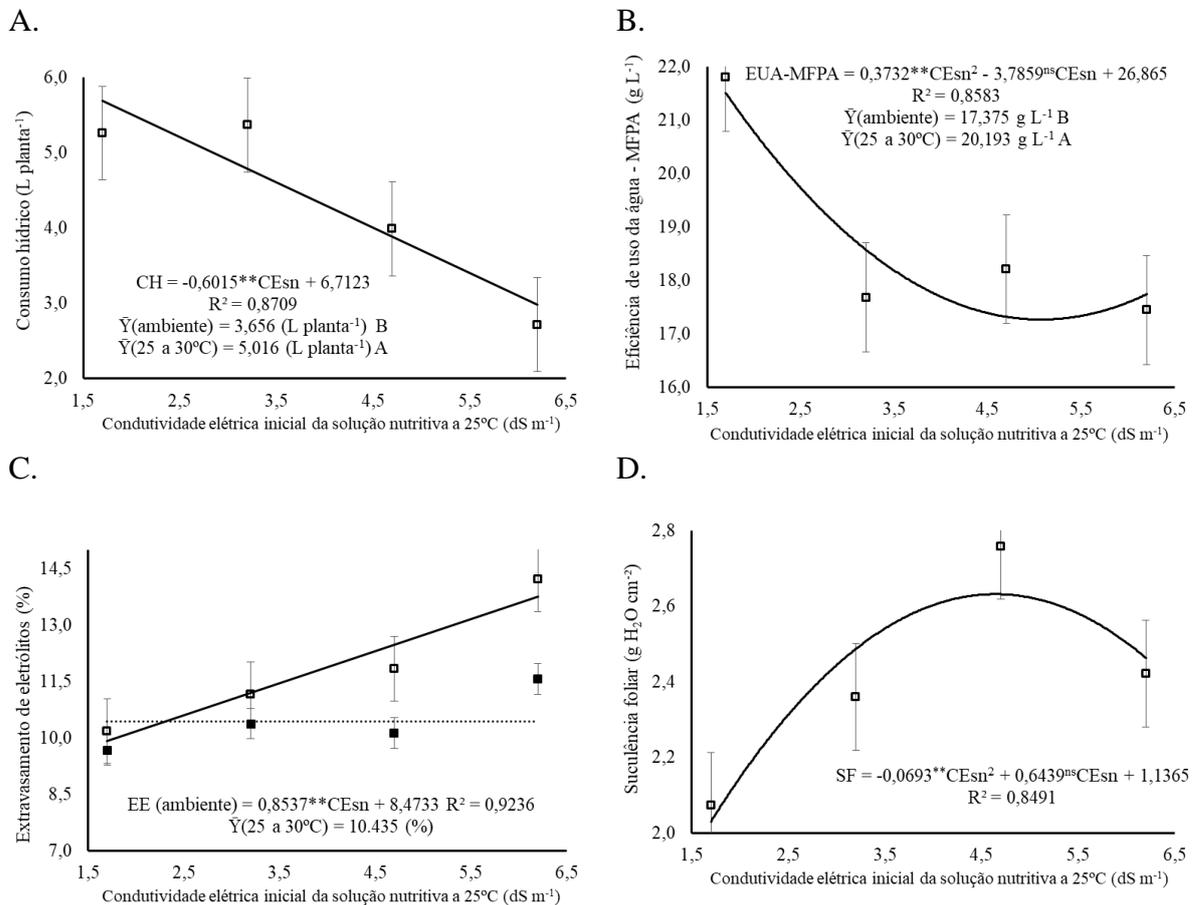
A EUA-MFPA foi mínima (17,26 g L<sup>-1</sup>) na CEs<sub>n</sub> estimada em 5,07 dS m<sup>-1</sup>. Por outro lado, a produção de MFPA (g) por litro consumido foi maior (p<0,01) em até 16,22%, nas plantas expostas a soluções nutritivas em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C. É importante registrar que, embora as plantas sob soluções resfriadas tenham consumido mais água, também se verificou maior produtividade da água, ou seja, o uso da solução nutritiva em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C proporcionou maior consumo hídrico, maior produção de MFPA e maior EUA-MFPA (Figura 15B).

Os resultados análogos foram relatados por Silva et al. (2020a), em trabalho com chicória colhidas aos 25 DAT, haja vista que em sua pesquisa foram realizadas duas colheitas distintas (20 e 25 DAT). Neste período, o aumento da concentração de sais da solução nutritiva causou redução significativa apenas ao consumo hídrico das plantas (2,08 e 1,83 L planta<sup>-1</sup> para 2,57 e 4,75 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente), não tendo afetado a sua eficiência de uso da água.

No estudo de Campos Júnior et al. (2018) houve um decréscimo linear de 1,261 g L<sup>-1</sup> da EUA-MFPA da rúcula por incremento unitário da condutividade elétrica da solução, enquanto que no de Soares et al. (2019), apesar de também ter sido afetada pela CEs<sub>n</sub>, a EUA-MFPA da alface melhor se ajustou a um modelo quadrático de regressão.

De modo geral, como já citado anteriormente, é sabido que o efeito osmótico reduz a disponibilidade de água para as plantas, afetando, conseqüentemente, o consumo hídrico. Dessa forma, a diminuição da eficiência de uso da água pode ser explicada pela redução na evapotranspiração das plantas submetidas a condições de salinidade.

Figura 15. Consumo hídrico (A), eficiência de uso da água na produção de massa fresca da parte aérea (B), extravasamento de eletrólitos (C) e suculência foliar (D) de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.



No que se refere a integridade das membranas, o extravasamento de eletrólitos – EE não variou ( $p > 0,05$ ) dentro do intervalo de CEsn estudado, nas plantas expostas a soluções nutritivas em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C, sendo constatado média de 10,435%. Quando se analisa a CEsn dentro da Tsn (ambiente) verifica-se que houve um incremento de 0,8537% por cada  $\text{dS m}^{-1}$  incrementado, ou seja, o dano causado a membrana celular das plantas chegou a atingir 13,77% sob a CEsn estimada em  $6,2 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 15C). No estudo de Freitas et al. (2019) em cultivo da alface hidropônica, foi reportado uma taxa 61% maior no extravasamento de eletrólitos em plantas estressadas pelo sal (40 mM de NaCl) do que no tratamento controle.

O extravasamento de eletrólitos é utilizado como um indicador útil de danos nas membranas celulares (ESPASANDIM et al., 2018) e da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) em condições elevadas de salinidade (RANGANI et al., 2016), como o

peróxido de hidrogênio, um dos principais responsáveis pela desestruturação dessas membranas, causando peroxidação dos lipídeos (AHMAD et al., 2018).

A suculência foliar – SF foi máxima (2,63 g H<sub>2</sub>O dm<sup>-2</sup>) na CEs<sub>n</sub> estimada em 4,65 dS m<sup>-1</sup> e não foi influenciada (p>0,05) pela T<sub>sn</sub> (Figura 15D). O aumento da SF até um certo ponto máximo sugere que houve um limite de tolerância à salinidade pela cultura, como observado por Lema et al. (2019). A suculência pode reduzir o efeito do estresse iônico e osmótico produzido pelo aumento da salinidade (AGARIE et al., 2007), uma vez que o acúmulo de íons de sódio promove o aumento das células do mesófilo e da suculência foliar, possibilitando o armazenamento adicional de água (XI et al., 2018) e, conseqüentemente, manutenção das funções fisiológicas sob condições estressantes (OGBURN & EDWARDS, 2012).

No trabalho de Leal et al. (2020) houve aumento linear da SF das plantas de espinafre em condições de solo (com e sem cobertura), enquanto que no sistema hidropônico foi observado uma redução com valor mínimo de 1,97 g dm<sup>-2</sup> na CEs<sub>n</sub> estimada de 3,92 dS m<sup>-1</sup>. Cruz et al. (2018) também relataram redução linear da suculência foliar das plantas de couve-flor com o aumento dos níveis de salinidade da solução nutritiva, podendo ser explicado pela maior dificuldade de absorção de água pelas raízes das plantas de couve-flor sob estresse salino.

Não houve efeito significativo para os fatores estudados sobre o TAPA e a %MSPA, sendo constatado médias de 90,08 e 9,83%, respectivamente. Resultados diferentes foram observados por Campos Júnior et al. (2018), no qual o teor de água nos tecidos da parte aérea da rúcula foi afetado pelo aumento da salinidade, com redução de 8,96% na faixa observada (1,5 a 9,0 dS m<sup>-1</sup>) e por Soares et al. (2019), no qual o TAPA da alface americana cv. Tainá diminuiu em 4,93% por incremento unitário da CEs<sub>n</sub>.

Em cultivo de *Perilla frutescens*, Lee et al. (2020) relataram redução no teor de água da folha (%) com a diminuição da temperatura da solução nutritiva, especialmente quando cultivadas a 10 °C. A baixa temperatura da solução nutritiva inibe o crescimento da planta a depender tanto da cultura, do estágio fenológico da planta, da duração da exposição, como também da própria temperatura empregada (OGAWA et al., 2018).

Os resultados do presente estudo acerca do percentual de matéria seca da parte aérea diferem dos verificados na salsa hidropônica (MARTINS et al., 2019b), mas corroboram com os obtidos por Chatzigianni et al. (2019), no qual também não se constatou efeito significativo do aumento salinidade, isoladamente, sobre plantas de *Cichorium spinosum* L. hidropônica, sendo os percentuais relatados de 10,22; 10,11 e 10,11% para as CEs<sub>n</sub> de 2,10; 4,10 e 6,14 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Segundo esses autores, o baixo teor de matéria seca pode ser

consequência do aumento da suculência foliar como característica morfológica de adaptação das plantas à salinidade.

#### 6.4. Produtividade e aspectos fotossintéticos

A interação entre os fatores estudados influenciou significativamente ( $p < 0,01$ ) a produtividade da cultura (PROD), a relação raiz/parte aérea (RR/PA) e a razão de área foliar (RAF). De modo isolado, a CEs<sub>n</sub> influenciou ( $p < 0,01$ ) a PROD e a RAF, bem como a área foliar específica (AFE) e o índice de área foliar (IAF). A temperatura da solução nutritiva (T<sub>sn</sub>) afetou ( $p < 0,01$ ) todas as variáveis, a saber: PROD, RR/PA, AFE, IAF, RAF e RMF (razão de massa foliar) (Tabela 5).

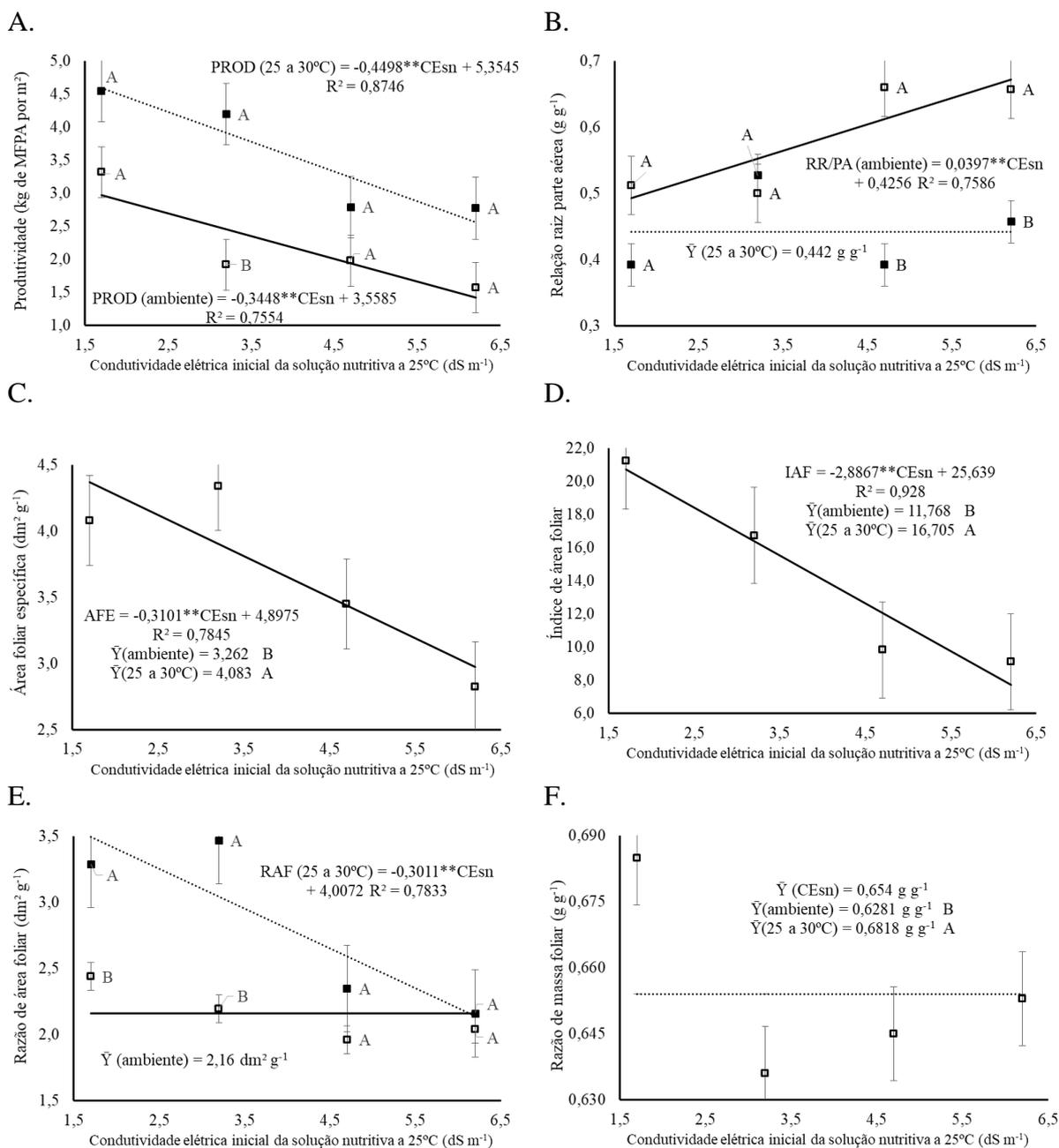
Tabela 5. Produtividade de massa fresca da parte aérea; relação raiz parte aérea, área foliar específica, índice de área foliar, razão de área foliar e razão de massa foliar de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.

Fonte de variação	Quadrado médio						
	GL	PROD	RR/PA	AFE	IAF	RAF	RMF
CEsn	3	5,039**	0,015 <sup>ns</sup>	3,677**	269,38**	1,404**	0,003 <sup>ns</sup>
Regressão Linear	1	14,208**	0,042**	8,658**	749,99**	3,088**	0,002 <sup>ns</sup>
Regressão Quadrática	1	0,884**	0,001 <sup>ns</sup>	1,566**	28,633**	0,053 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>
T <sub>sn</sub>	1	15,262**	0,156**	5,395**	194,98**	3,478**	0,023**
CEsn x T <sub>sn</sub>	3	0,792**	0,032**	0,743 <sup>ns</sup>	1,200 <sup>ns</sup>	0,495**	0,001 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,109	0,007	0,261	2,642	0,078	0,004
CV (%)	---	11,44	16,82	13,93	11,42	11,27	10,19

FV – Fonte de variação; GL – graus de liberdade; CV – coeficiente de variação; CEs<sub>n</sub> – condutividade elétrica da solução nutritiva; T<sub>sn</sub> – temperatura da solução nutritiva; \*, \*\*significativo a  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , respectivamente; ns – não significativo.

Quanto a produtividade (kg de MFPA por m<sup>2</sup>), após análise do desdobramento, verificou-se ajuste significativo ( $p < 0,01$ ) da CEs<sub>n</sub> dentro da T<sub>sn</sub>. Estimou-se uma redução de 0,4498 e 0,3448 kg de MFPA m<sup>2</sup> por cada dS m<sup>-1</sup> incrementado quando se utilizou soluções nutritivas em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C e temperatura ambiente, respectivamente (Figura 16A), ou seja, quando se utilizou solução nutritiva resfriada obteve-se uma produtividade de até 4,59 kg de MFPA m<sup>-2</sup> sob CEs<sub>n</sub> de 1,7 dS m<sup>-1</sup> e, sob soluções nutritivas aplicadas em temperatura ambiente, sob mesma CEs<sub>n</sub>, estimou-se uma produtividade de 2,97 kg de MFPA m<sup>2</sup>.

Figura 16. Produtividade (A), relação raiz parte aérea (B), Área foliar específica (C), Índice de área foliar (D), razão de área foliar e razão de massa foliar (E) de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperatura ambiente e em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C.



A maior produtividade média obtida de 4,59 kg de MFPA m<sup>-2</sup> não apenas se aproxima, como supera a produtividade de 4,4 kg m<sup>-2</sup> relada por Coelho (2002) para o almeirão cv. Folha Larga, mesmo este autor tendo utilizado uma maior densidade de plantas (44,4 plantas m<sup>-2</sup>) superior ao do presente trabalho (aproximadamente 38,6 plantas m<sup>-2</sup>). Este valor observado também é superior às produtividades relatadas no sistema solo por Custic, Poljak e Toth (2000)

de 2,6 kg m<sup>-2</sup> para uma cultivar de almeirão de cabeça e por Santos et al. (2013a) de 3,77 kg m<sup>-2</sup> para o almeirão cv. Folha Larga.

Quando se analisa a T<sub>sn</sub> dentro de cada CEs<sub>n</sub>, verifica-se que, sob 3,2 dS m<sup>-1</sup>, a produtividade das plantas sob solução nutritiva aplicada em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C chegou a ser 59,47% maior em relação a produtividade das plantas sob soluções nutritivas em temperatura ambiente. Por outro lado, nas plantas produzidas sob soluções nutritivas aplicadas em temperatura ambiente, estima-se uma redução de 52,20% na produtividade do almeirão, no intervalo de CEs<sub>n</sub> estudado, quando se compara a produtividade das plantas sob CEs<sub>n</sub> de 1,7 e 6,2 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, 2,97 e 1,42 kg de MFPA m<sup>-2</sup> (Figura 16A).

O resfriamento da solução nutritiva (26 °C) anulou o efeito negativo do aumento da salinidade (1, 2 e 3 dS m<sup>-1</sup>) sobre o crescimento das plantas de alface hidropônica em relação a temperatura ambiente, com base em uma maior massa fresca da parte aérea, melhorando, conseqüentemente, a produtividade da cultura (COMETTI et al., 2013). Mudanças de temperatura podem afetar a permeabilidade das células, a velocidade dos processos de transferência e a ocorrência de reações específicas (RODRIGUES et al., 2002).

De modo geral, manter a temperatura na faixa entre 25-30 °C em relação a temperatura ambiente verificada no presente estudo, proporcionou um aumento médio de produtividade na ordem de 1,38 kg de MFPA m<sup>-2</sup>. Isoladamente, esses acréscimos na produtividade da cultura foram de 54,42; 59,47; 67,21 e 80,59% para os níveis crescentes de CEs<sub>n</sub> 1,7; 3,2; 4,7 e 6,2 dS m<sup>-1</sup>, tornando evidente os efeitos benéficos promovidos pelo resfriamento da temperatura da solução nutritiva sobre a produtividade da cultura do almeirão.

Sobre a RR/PA, após análise do desdobramento, verificou-se que quando expostas a soluções nutritivas em temperatura ambiente, houve um aumento (p<0,01) de 9,32% por incremento unitário de CEs<sub>n</sub>, dentro do intervalo de CEs<sub>n</sub> trabalhado, ou seja, a planta passou a alocar mais biomassa na raiz em detrimento da parte aérea. De acordo com Sá et al. (2013), em condições de estresse salino, o efeito osmótico promove a manutenção da massa das raízes e redução na massa da parte aérea. Em contrapartida, nas plantas expostas a soluções nutritivas em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C essa relação não se alterou, dentro do intervalo de CEs<sub>n</sub> estudado, mantendo uma média de 0,442 g g<sup>-1</sup> (Figura 16B).

No trabalho realizado por Bione et al. (2014), foi relatado um aumento de 8,94% por dS m<sup>-1</sup> na relação raiz parte aérea de plantas de manjeriço hidropônica, corroborando com a taxa redutiva verificada no presente estudo. Também em condições salinas (CEs<sub>n</sub> 1,5 a 9,0 dS m<sup>-1</sup>), Campos Júnior et al. (2018) observaram relataram estimativa de crescimento de 47,80% na

RR/PA da rúcula dentro da faixa de salinidade trabalhada, atribuindo esse aumento à redução da massa de matéria na parte aérea.

Vale destacar que os maiores valores estimados de RR/PA foram verificados em plantas cultivadas sob CEs<sub>n</sub> de 4,7 e 6,2 dS m<sup>-1</sup> (0,612 e 0,672 g g<sup>-1</sup>), quando as soluções foram aplicadas a temperatura ambiente. Neste sentido, quando se analisa as T<sub>sn</sub> dentro de cada CEs<sub>n</sub>, verifica-se que sob estas CEs<sub>n</sub> mencionadas, a RR/PA das plantas sob solução nutritiva a temperatura ambiente chega a ser 56,17 e 46,99% maior em relação a RR/PA verificada nas plantas expostas a soluções nutritivas em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C (Figura 16B).

A AFE e o IAF decresceram de forma linear em 6,33 e 12,26%, respectivamente, com o aumento unitário da CEs<sub>n</sub>. É possível observar que, em geral, assim como às respostas obtidas com as variáveis de crescimento, para AFE e IAF, os maiores valores médios foram verificados, respectivamente, sob os níveis de CEs<sub>n</sub> de 1,7 e 3,2 dS m<sup>-1</sup> e quando foram aplicadas soluções nutritivas em temperatura na faixa entre 25-30 °C. Para ambas as variáveis, as médias obtidas quando a solução foi resfriada não apenas foram maiores, como também diferiram significativamente das verificadas sob temperatura ambiente, apresentando sobre estas um aumento de aproximadamente 25,17 e 41,95% na AFE e IAF das plantas de almeirão, respectivamente (Figuras 16C e 16D).

Em experimento desenvolvido no sistema solo, Silva et al. (2013a) verificaram que o aumento da salinidade promoveu um efeito quadrático sobre o IAF da berinjela fertirrigada, enquanto que a AFE não foi afetada significativamente. De acordo com Prisco & Gomes Filho (2010), alterações morfológicas causadas pelo desbalanço hormonal, nutricional e hídrico, resultam no fechamento estomático e, conseqüentemente, reduz a transpiração e absorção de água e nutrientes, promovendo redução do índice de área foliar.

No desdobramento das temperaturas da solução nutritiva dentro da CEs<sub>n</sub> e, tão somente, quando as soluções foram aplicadas a temperatura entre 25-30 °C houve redução sobre a RAF das plantas na razão de 0,301 dm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> a cada incremento unitário da CEs<sub>n</sub>. Similarmente ao que tem sido verificado para as variáveis relacionadas a área foliar, as maiores RAF também foram obtidas nos níveis de CEs<sub>n</sub> 1,7 e 3,2 dS m<sup>-1</sup> quando as soluções nutritivas foram resfriadas (3,50 e 3,04 dm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, respectivamente), diferindo significativamente da RAF das plantas sob soluções mantidas a temperatura ambiente, enquanto que para os demais níveis não houve diferença estatística. De modo geral, a RAF média das plantas sob soluções nutritivas em que houve controle da temperatura foi de 2,82 dm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, superando em 30,45% a média RAF das plantas sem controle da temperatura da solução nutritiva (Figura 16E).

A RAF expressa um componente morfofisiológico que representa a relação entre a área foliar, responsável pela interceptação da energia luminosa, CO<sub>2</sub> e a massa de matéria seca total, resultante da fotossíntese (HENRIQUE et al., 2011). Dessa forma, pode-se concluir que nos maiores níveis de salinidade foram necessárias menores áreas foliares para produzir um grama de massa de matéria seca.

De igual modo, foram observados no estudo de Soares et al. (2019) que o aumento unitário da condutividade elétrica da solução nutritiva promoveu uma diminuição linear de 7,0% na RAF da alface, levando a uma redução na interface de troca de ar e água com o ambiente para minimizar a perda de água por evapotranspiração, entretanto, a captação de energia para a fotossíntese também começa a ficar comprometido.

A RMF foi afetada significativamente ( $p < 0,01$ ) pela temperatura da solução nutritiva, e verificou-se a maior RMF média (0,6818 g g<sup>-1</sup>) nas plantas sob soluções nutritivas aplicadas a temperatura na faixa entre 25-30 °C, diferindo ( $p < 0,01$ ) da condição de temperatura ambiente, cuja RMF foi de 0,6281 g g<sup>-1</sup> (Figura 16F). Silva et al. (2016b) relataram que os níveis de salinidade do solo (1,62 a 5,82 dS m<sup>-1</sup>) não promoveram diferença significativa sobre a razão de massa foliar do tomateiro.

## 7. CONCLUSÕES

O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva limitou o crescimento das plantas em altura e diâmetro do caule, número de folhas e área foliar, em contrapartida o resfriamento da solução nutritiva mitigou os danos salinos sobre o número de folhas e área foliar, bem como na taxa de crescimento absoluto da altura de plantas e taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule;

O consumo hídrico e a eficiência hídrica foram comprometidos pelo aumento da salinidade da solução nutritiva, por outro lado, o resfriamento da solução nutritiva elevou o consumo hídrico de água pelas plantas e proporcionou maior produção de MFPA e EUA-MFPA;

O dano causado a integridade da membrana foi estável nas plantas sob solução nutritiva em temperatura na faixa entre 25 e 30°C e crescente nas plantas sob solução nutritiva em temperatura ambiente, dentro do intervalo salino estudado;

O uso de soluções nutritivas em temperatura na faixa entre 25 e 30 °C proporcionou maior produtividade em plantas expostas a condutividade elétrica da solução nutritiva em nível de 3,2 dS m<sup>-1</sup>;

A relação raiz parte aérea das plantas sob soluções nutritivas resfriadas esteve estável e sob soluções nutritivas em temperatura ambiente, crescente, dentro da faixa de salinidade estudada.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS/RECOMENDAÇÕES**

O sistema de resfriamento utilizado permitiu manter a temperatura da solução nutritiva dentro da faixa desejada (25-30 °C) mesmo com as elevadas temperaturas do ar registradas no interior da casa de vegetação, com máximas de até 57 °C nas horas mais quentes do dia.

Tendo em vista os benefícios do resfriamento de soluções nutritivas preparadas em águas salobras, sugere-se que outros trabalhos sejam desenvolvidos no sentido de otimizar e baratear os custos de sistemas de resfriamento de soluções nutritivas;

Realizar novos trabalhos, expondo culturas comerciais a níveis ainda mais baixos de resfriamento, pode implicar em resultados ainda mais favoráveis e ampliar as possibilidades de produção de outras culturas de maior valor agregado;

O resfriamento da solução nutritiva, além de se constituir um agente mitigador do dano salino, pode atenuar o estresse térmico, característico do nordeste brasileiro e expandir as possibilidades quanto às culturas mais sensíveis;

A continuidade nas pesquisas em condições hidropônicas, sobretudo para o cultivo de hortaliças folhosas, é fundamental para compreender de forma mais aprofundada os efeitos promovidos pela interação entre a salinidade e temperatura da solução às espécies de plantas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARIE, S.; SHIMODA, T.; SHIMIZU, Y.; BAUMANN, K.; SUNAGAWA, H.; KONDO, A.; ... CUSHMAN, J. C. Salt tolerance, salt accumulation, and ionic homeostasis in an epidermal bladder-cell-less mutant of the common ice plant *Mesembryanthemum crystallinum*. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 8, p. 1957-1967, 2007.

AHMAD, P.; AHANGER, M. A.; ALYEMENI, M. N.; WIJAYA, L.; ALAM, P.; ASHRAF, M. Mitigation of sodium chloride toxicity in *Solanum lycopersicum* L. by supplementation of jasmonic acid and nitric oxide. **Journal of Plant Interactions**, v. 13, p. 64-72, 2018.

AHMADI, M.; SOURI, M. K. Growth and mineral content of coriander (*Coriandrum sativum* L.) plants under mild salinity with different salts. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 40, n. 11, p. 1-8, 2018.

ALMEIDA, T. B. F.; PRADO, R. M.; FLORES, R. A.; POLITI, L. S.; BARBOSA, J. C. Avaliação nutricional do almeirão cultivado em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 3, p. 211-220, 2013.

ALSHROUF, A. Hydroponics, aeroponic and aquaponic as compared with conventional farming. **American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)**, v. 27, n. 1, p. 247-255, 2017.

ALVES JÚNIOR, C. A.; MARTINS, M. J. N.; BETIOL, L. F. L.; BARRETO, A. C. S.; ROMERO, J. T. Solubilidade de cloreto de sódio e seus sais substitutos para utilização na indústria de alimentos. In: CORDEIRO, C. A. M.; SILVA, E. M.; SILVA, B. A. **Ciência e tecnologia de alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas**. 1 ed. Guarujá-SP: Científica Digital, 2021. Cap. 41, p. 550-557.

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.

AMORIM, A. V.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; LACERDA, C. F. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 1, p. 113-121, 2010.

ANDRIOLO, J. L.; LUZ, G. L.; GIRALDI, C.; GODOI, R. S.; BARROS, G. T. Cultivo hidropônico da alface empregando substratos: uma alternativa a NFT?. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 4, p. 794-798, 2004.

ANJUM ARSHI, A. A.; AREF, I. M.; IQBAL, M. Effect of calcium against salinity-induced inhibition in growth, ion accumulation and proline contents in *Cichorium intybus* L. **Journal of environmental biology**, v. 31, p. 939-944, 2010.

ATIA, D. M.; EL-MADANY, H. T. Analysis and design of greenhouse temperature control using adaptive neuro-fuzzy inference system. **Journal of Electrical Systems and Information Technology**, v. 4, n. 1, p. 34-48, 2017.

ATZORI, G.; NISSIM, W. G.; CAPARROTTA, S.; SANTANTONI, F.; MASI, E. Seawater and water footprint in different cropping systems: a chicory (*Cichorium intybus* L.) case study. **Agricultural Water Management**, v. 211, p. 172-177, 2019.

BAERT, J. R. A.; VAN BOCKSTAELE, E. J. Cultivation and breeding of root chicory for inulin production. **Industrial crops and products**, v. 1, n. 2-4, p. 229-234, 1992.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: Noções básicas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42p.

BEZERRA NETO, E. **Hidroponia**. Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco – v. 6, n. 6, 2016.

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.

BISCARO, G. A.; SILVA, J. A.; ZOMERFELD, P. S.; MOTOMIYA, A. V. A.; GOMES, E. P.; GIACON, G. M. Produção de almeirão em função de níveis de fertirrigação nitrogenada e disposição de mangueiras gotejadoras nos canteiros. **Ciência Rural**, v. 42, n. 10, p. 1811-1817, 2012.

BREMENKAMP, D. M.; GALON, K.; HELL, L. R.; PASSOS, G.; CAZAROTI, E. P. F.; COMETTI, N. N. Efeito da temperatura da solução nutritiva no crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 596-604, 2012.

BRITANNICA, E. **Encyclopaedia Britannica**. 2021. Disponível em: <<https://academic-eb-britannica.ez19.periodicos.capes.gov.br/levels/collegiate/article/inulin/42652>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

CAMPOS JÚNIOR, J. E.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, Ê. F. F.; MARTINS, J. B.; ROLIIM, 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. uitziméngari et al. 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.

CARLOS, T. J. **Efeito da época de transplante do almeirão no consórcio com a couve**. 2019. 66 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, 2019.

CARVALHO, G. D.; FERREIRA, M. J.; CAMARGO, D.; GREGOLIN, F.; BEHLING, M. Determinação do índice de área foliar da soja em sistemas integrados de produção e exclusivo. In: **Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL, 5., 2016, Sinop. Anais. Sinop, MT: Embrapa, 2017. p. 24-28., 2017.

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.

CAZAROTI, E. P. F.; PASSOS, G.; HELL, L. R.; COMETTI, N. N.; GALON, K. **Desenvolvimento de sistema de resfriamento da solução nutritiva em cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2011.

CAZUZA NETO, A.; SOARES, T. M.; BIONE, M. A.; FREITAS, F. T. O.; MELO, D. M.; SILVA FILHO, J. A. Qualidade do molho de coentro produzido em água salobra em sistema hidropônico NFT. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: II INOVAGRI International Meeting, 2014. p.3678-3684.

CEAGESP. **Almeirão comum**. 2021a. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/guia-ceagesp/almeirao-comum/>>. Acesso em: 19 fev. 2021.

CEAGESP. **Principais variedades de almeirão comercializadas na CEAGESP**. 2021b. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/Varieties-Almeir%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2021.

CECÍLIO FILHO, A. B.; CORTEZ, J. W. M.; SORDI, D.; URRESTARAZU, M. Common chicory performance as influenced by iron concentration in the nutrient solution. **Journal of Plant Nutrition**, v. 38, n. 10, p. 1489-1494, 2015.

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 Sci**, v. 10, p. 1040, 2019.

CHEN, P. ZHU, G.; KIM, H.-J.; BROWN, P. B.; HUANG, J.-Y. Comparative life cycle assessment of aquaponics and hydroponics in the Midwestern United States. **Journal of Cleaner Production**, v. 275, p. 122888, 2020.

CHOERUNNISA, N.; SUHARDIYANTO, H. Analisis pindah panas pada pipa utama sistem hidroponik dengan pendinginan larutan nutrisi. **Jurnal Keteknik Pertanian**, v.3, n.1, 2015.

CHRYSARGYRIS, A.; SOLOMOU, M.; PETROPOULOS, S. A.; TZORTZAKIS, N. Physiological and biochemical attributes of *Mentha spicata* when subjected to saline conditions and cation foliar application. **Journal of plant physiology**, v. 232, p. 27-38, 2019.

COELHO, R. L. **Acúmulo de nitrato e produtividade de cultivares de almeirão em cultivo hidropônico-NFT**. 2002. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, 2002.

COELHO, R. L.; CECÍLIO FILHO, A. B. Produção de cultivares de almeirão em função da concentração de nitrogênio na solução nutritiva. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA**. 2002.

COMETTI, N. N.; BREMENKAMP, D. M.; GALON, K.; HELL, L. R.; ZANOTELLI, M. F. Cooling and concentration of nutrient solution in hydroponic lettuce crop. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 287-292, 2013.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução Nº 357**, de 17 de março de 2005.

CORTELLA, G.; SARO, O.; ANGELIS, A.; CECCOTTI, L.; TOMASI, N.; DALLA COSTA, L.; MANZOCCO, L.; PINTON, R.; MIMMO, T.; CESCO, S. Temperature control of nutrient solution in floating system cultivation. **Applied thermal engineering**, v. 73, n. 1, p. 1055-1065, 2014.

CRANSTON, L. M.; KENYON, P. R.; MORRIS, S. T.; LOPEZ-VILLALOBOS, N.; KEMP, P. D. Morphological and physiological responses of plantain (*Plantago lanceolata*) and chicory (*Cichorium intybus*) to water stress and defoliation frequency. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 202, n. 1, p. 13-24, 2016.

CRUZ, A. F. D. S.; SILVA, G. F. D.; SILVA, Ê. F. D. F.; SOARES, H. R.; SANTOS, J. D. S.; LIRA, R. M. D. Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower cultivated hydroponically with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 622-627, 2018.

CUBA, R. S.; CARMO, J. R.; SOUZA, C. F.; BASTOS, R. G. Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 3, p. 574-586, 2015.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; REIS, E. F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2010.

CUSTIC, M.; POLJAK, M.; TOTH, N. Effects of nitrogen nutrition upon the quality and yield of head chicory (*Cichorium intybus* var. *foliosum* L.). **Acta Horticulturae**, v. 533, p. 401-410, 2000.

DELFF, E. M. Transpiration in succulent plants. **Annals of Botany**, v. 26, n. 102, p. 409-442, 1912.

DIAS, N. D. S.; SOUSA NETO, O. N. D.; COSME, C. R.; JALES, A. G. D. O.; REBOUÇAS, J. R.; OLIVEIRA, A. M. D. Resposta de cultivares de alface à salinidade da solução nutritiva com rejeito salino em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 991-995, 2011.

DIAS, N.S.; BLANCO, F.F.; SOUZA, E.R.; FERREIRA, J.F.S.; SOUSA NETO, O.N.; QUEIROZ, I.S.R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Gomes Filho, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2 ed. Fortaleza, INCTSal, 2016. p.151-162.

ESPASANDIN, F. D.; CALZADILLA, P. I.; MAIALE, S. J.; RUIZ, O. A.; SANSBERRO, P. A. Overexpression of the Arginine Decarboxylase Gene Improves Tolerance to Salt Stress in *Lotus tenuis* Plants. **Journal of Plant Growth Regulation, Germany**, v. 37, p. 156–165, 2018.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. **Crops**. 2019. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 19 fev. 2021.

FAQUIN, V.; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 200/201, p. 99-104, 1999.

FAVERI, L.; CHARLO, H.; CASTOLDI, R.; SOUZA, J.; BRAZ, L. Características produtivas do almeirão em função de espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 2937-2941, 2009.

FERNANDES, R. D. M.; FRIZZONE, J. A.; JOSE, J. V. Chicory (*Cichorium intybus* L.) yield under water stress and estimation of leaf area using allometric relations. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 12, p. 1547-1552, 2017.

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.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura. **Viçosa: UFV**, 402p. 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças, 3ª edição. **Viçosa: UFV**, 421p. 2012.

FREITAS, W. E. S.; OLIVEIRA, A. B.; MESQUITA, R. O.; CARVALHO, H. H.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Sulfur-induced salinity tolerance in lettuce is due to a better P and K uptake, lower Na/K ratio and an efficient antioxidative defense system. **Scientia Horticulturae**, v. 257, p. 108764, 2019.

FURBANK, R. T.; JENKINS, C. L. D.; HATCH, M. D. C4 photosynthesis: quantum requirement, C4 and overcycling and Q-cycle involvement. **Functional Plant Biology**, v. 17, n. 1, p. 1-7, 1990.

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

GAMITO, J. L. C. **A cultura da chicória para café (*Cichorium intybus* L.) na região do Ribatejo**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Agroquímica) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Sci. Hortic**, v. 78, p. 127-157, 1998.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Métodos de avaliação das condições hídricas das plantas. **Embrapa Arroz e Feijão-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2008.

GUIMARÃES, R. F. B.; NASCIMENTO, R.; MELO, D. F.; RAMOS, J. G.; PEREIRA, M. O.; BORGES, V. E.; CARDOSO, J. A. F. Crescimento da alface hidropônica submetida a diferentes níveis de salinidade no semiárido paraibano. **Revista Espacios**, v. 38, n. 38, p. 25, 2017.

HAAG, H. P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças: LXXV. absorção de nutrientes pela cultura de almeirão. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 45, p. 597-603, 1988.

HE, F.; THIELE, B.; WATT, M.; KRASKA, T.; ULBRICH, A.; KUHN, A. J. Effects of root cooling on plant growth and fruit quality of cocktail tomato during two consecutive seasons. **Journal of Food Quality**, v.2019 p. 1-15, 2019.

HENRIQUE, P. D. C.; ALVES, J. D.; DEUNER, S.; GOULART, P. D. F. P.; LIVRAMENTO, D. E. D. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 5, p. 458-465, 2011.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. **Circular. California agricultural experiment station**, v. 347, n. 2, 1950.

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: 19 fev. 2021.

JENSEN, M. H. Hydroponics. **HortScience**, v. 32, n. 6, p. 1018-1021, 1997.

JOSHI, N.; JOSHI, A. **Green Spaces: Create Your Own**. 1 edn, Notion Press, Inc., Chennai, India, 2018.

KHATHOUNIAN, C. A. Almeirão: minha doce vida amarga. **Agroecologia**, v. 2, n. 8, p. 11-12, 2001.

KLADOS, E; TZORTZAKIS, N. Effects of substrate and salinity in hydroponically grown *Cichorium spinosum*. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 14, n. 1, p. 211-222, 2014.

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.

LEE, J.-Y.; HIYAMA, M.; HIKOSAKA, S.; GOTO, E. Effects of Concentration and Temperature of Nutrient Solution on Growth and Camptothecin Accumulation of *Ophiorrhiza pumila*. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 793, 2020.

LEMA, M.; ALI, M. Y.; RETUERTO, R. Retuerto Domestication influences morphological and physiological responses to salinity in Brassica oleracea seedlings. **AoB Plants**, v. 11, n.5, p. 1-14, 2019.

LIRA, R. M. D.; SILVA, G. F. D.; SANTOS, A. N. D.; ROLIM, M. M. Production, water consumption and nutrient content of Chinese cabbage grown hydroponically in brackish water. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, p. 497-505, 2015.

LLORACH, R.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; FERRERES, F. Lettuce and chicory byproducts as a source of antioxidant phenolic extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 16, p. 5109-5116, 2004.

LUENGO, R. F. A.; PARMAGNANI, R. M.; PARENTE, M. R.; LIMA, M. R. B. F. **Tabela de composição nutricional das hortaliças**. Brasília, 2000.

LUZ, J. M. Q.; SILVA, M. A. D.; HABER, L. L.; PIROLLA, A. C.; DORO, L. F. A. Cultivo hidropônico de chicórias lisa e crespa e almeirão em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 610-616, 2009.

MACIEL, M. P.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; REZENDE, E. P.; OLIVEIRA, G. X. Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 165-172, 2012.

MAIA JÚNIOR, S. O.; ANDRADE, J. R.; ARAÚJO, D. L.; SOUSA, J. S.; MEDEIROS, I. F. S. Taxas de crescimento de cultivares de girassol sob diferentes regimes hídricos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n.3, p. 150-155, 2013.

MAKISHIMA, N. **O cultivo de hortaliças** – Coleção Plantar Brasília: EMBRAPA-CNPQ: EMBRAPA SPI, 1993. 110 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.

MATOS, R.; SILVA, P.; LIMA, S.; SANTOS, C.; NETO, J. D. Características foliares e índice de colheita do rabanete irrigado com água residuária em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, 2015.

MELO, H. F. D.; SOUZA, E. R. D.; DUARTE, H. H.; CUNHA, J. C.; SANTOS, H. R. 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.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; NASCIMENTO, I. B. Salinidade de solo e da água e seus efeitos na produção agrícola. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. **Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações**. 1. ed. Campina Grande: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. Cap. 10, p. 190-223.

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.

MONTEIRO, D. R.; MELO, H. F. D.; LINS, C. M.; DOURADO, P. R.; SANTOS, H. R.; SOUZA, E. R. D. Chlorophyll a fluorescence in saccharine sorghum irrigated with saline

water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 10, p. 673-678, 2018.

MONTI, A.; AMADUCCI, M. T.; PRITONI, G.; VENTURI, G. Growth, fructan yield, and quality of chicory (*Cichorium intybus* L.) as related to photosynthetic capacity, harvest time, and water regime. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 415, p. 1389-1395, 2005.

MOREIRA, H. J. C.; BRAGANÇA, H. B. N. Manual de identificação de plantas infestantes. **FMC Agricultural Products**, Campinas, 1017p, 2011.

MORGAN, L. **Nutrient temperature, oxygen and pithier in hydroponics**. 2002.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, cell & environment**, v. 25, n. 2, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New phytologist**, v. 167, n. 3, p. 645-663, 2005.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 59, p. 651-81, 2008.

NEGRÃO, S.; SCHMÖCKEL, S. M.; TESTER, M. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. **Annals of Botany**, v. 119, p. 1-11, 2016.

NIU, G.; CABRERA, R. I. Growth and physiological responses of landscape plants to saline water irrigation: A review. **HortScience**, v. 45, n. 11, p. 1605-1609, 2010.

NOBEL, P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. 1 ed. New York: Academic press, 1991. 635 p.

NOVO, M. C. S. S.; TRANI, P. E.; MINAMI, K. Desempenho de três cultivares de almeirão sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 1, p. 84-87, 2003.

NURWAHYUNINGSIH; SUHARDIYANTO, H.; SOBIR. Aplikasi Root Zone Cooling System untuk Perbaikan Pembentukan Umbi Bawang Merah (*Allium Cepa* var. *Aggregatum*). **Jurnal Keteknik Pertanian**, v. 5, n. 2, p. 107-112, 2017.

NXAWA, S.; NDAKIDEMI, P. A.; LAUBSCHER, C. P. Chlorophyll pigmentation and photosynthetic parameters in *Ornithogalum longibracteatum* L. as affected by varying temperatures in hydroponics solution. **International Journal of the Physical Sciences**, v. 6, n. 12, p. 2965-2972, 2011.

OGAWA, E.; HIKOSAKA, S.; GOTO, E. Effects of nutrient solution temperature on the concentration of major bioactive compounds in red perilla. **Journal of Agricultural Meteorology**, v. 74, n. 2, p. 71-78, 2018.

OGBURN, R. M.; EDWARDS, E. J. Quantifying succulence: a rapid, physiologically meaningful metric of plant water storage. **Plant, Cell & Environment**, v. 35, n. 9, p. 1533-1542, 2012.

OLIVEIRA, J. L. B. **Hidroponia no Brasil**. 2012. Disponível em: <<http://www.labhidro.cca.ufsc.br/hidroponia-no-brasil>>. Acesso em: 19 fev. 2021.

PARIHAR, P.; SINGH, S.; SINGH, R.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n.6, p. 4056-4075, 2015.

PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Ceres**, v.59, p.110-117, 2012.

PEREIRA, D. C.; GRUTZMACHER, P.; BERNARDI, F. H.; MALLMANN, L. S.; COSTA, L. A. D. M.; COSTA, M. S. D. M. Produção de mudas de almeirão e cultivo no campo, em sistema agroecológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1100-1106, 2012.

PEREIRA, G. F.; SILVA NETO, J. F.; GOMES, K. C.; TORRES, S. M.; LIMA FILHO, M. R. F. **Energia solar no semiárido brasileiro: levantamento do potencial e aplicações**. 2017.

POLYCARPO, J. S. M.; SILVA, M. A.; SOARES, H. R.; SOUZA, P. C. S.; SILVA, Ê. F. F. Teores de macronutrientes e sódio em plantas de couve-flor utilizando águas salobras em cultivo hidropônico. In: IV Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 2019, Recife, **Anais...** Recife: IV Cointer PDVAgro, 2019.

POURSAKHI, N.; RAZMJOO, J.; KARIMMOJENI, H. Interactive effect of salinity stress and foliar application of salicylic acid on some physiochemical traits of chicory (*Cichorium intybus* L.) genotypes. **Scientia Horticulturae**, v. 258, p. 108810, 2019.

PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 1. ed. Fortaleza: INCTSal, 2010. Cap. 10. p. 147-164.

RANGANI, J.; PARIDA, A. K.; PANDA, A.; KUMARI, A. Coordinated changes in antioxidative enzymes protect the photosynthetic machinery from salinity induced oxidative damage and confer salt tolerance in an extreme halophyte *Salvadora persica* L. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 50, 2016.

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.

RESH, H. M. **Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower**. CRC press, 2012.

RHOADES, J. L.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. The use of saline water for crop production. FAO. **Irrigation and Drenaje Peppers**, 1992, 48p.

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

RODRIGUES, L. R. F. **Cultivo pela técnica de hidroponia: técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. 2002.

RODRIGUES, L. G.; MEIRELES, A. C. M.; OLIVEIRA, C. W.; BERNARDO, L. S.; SIMÕES, D. H. P.; GONÇALVES, A. H. M. Crescimento inicial da alface hidropônica sob diferentes níveis de salinidade em sistema automatizado com Arduino Uno em função da temperatura e umidade do ar no semiárido. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, e34311125136, 2022.

SÁ, F. V. D. S.; BRITO, M. E.; MELO, A. S. D.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1047-1054, 2013.

SAKAMOTO, M.; SUZUKI, T. Effect of root-zone temperature on growth and quality of hydroponically grown red leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Red Wave). **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 14, p. 2350-2360, 2015.

SAKAMOTO, M.; UENISHI, M.; MIYAMOTO, K.; SUZUKI, T. Effect of root-zone temperature on the growth and fruit quality of hydroponically grown strawberry plants. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 5, p. 122-131, 2016.

SANCHES, C. E.; ARAÚJO, J. A. C.; SPELLING, A. C.; VILLELA JUNIOR, L. V. E. Cultivo hidropônico da alface do grupo americana com resfriamento da solução nutritiva. In: **Congresso Brasileiro de Olericultura**. 2005.

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, n. 3, p. 420-432, 2016.

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 JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; SOARES, F. A.; DIAS, N. S. Efficiency of water use in sunflower grown in hydroponic system under saline stress. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 4, p. 718-729, 2013.

SANTOS, F. D.; TRANI, P. E.; NOVO, M. D. C. S.; PASSOS, F. A. Desempenho agrônomo de quatro cultivares de almeirão. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 153-156, 2013a.

SANTOS, J. B. D.; SANTOS, D. B. D.; AZEVEDO, C. A.; REBEQUI, A. M.; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, Í. H. Comportamento morfofisiológico da mamoneira BRS Energia submetida à irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 145-152, 2013b.

SGARBIERI, V. C. Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento. In: **Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento**. 1987. p. 387-387.

SHEIKH, B. A. Hydroponics: key to sustain agriculture in water stressed and urban environment. **Pak. J. Agric., Agril. Eng., Vet. Sci.**, v. 22, n. 2, p. 53-57, 2006.

SILVA JÚNIOR, F. J.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.; RIVERA, R. C.; SILVA, G. F.; FERNANDES, C. S. Green onion production under strategies of replacement

and frequencies of circulation of brackish nutritive solutions. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 3, 2019.

SILVA, A.; NASCIMENTO, M.; TANAN, T.; OLIVEIRA, U.; LIMA, J. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção de alface crespa. **Enciclopédia biosfera**, v. 14, n. 26, 2017.

SILVA, E. M.; LIMA, C. J. G. S.; DUARTE, S. N.; BARBOSA, F. S.; MASCHIO, R. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.1, p.150-158, 2013a.

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

SILVA, J. S.; PAZ, V. P. S.; SOARES, T. M.; ALMEIDA, W. F.; FERNANDES, J. P. Production of lettuce with brackish water in NFT hydroponic system. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 947-962, 2018a.

SILVA, M. G. **Coentro hidropônico sob diferentes condições de cultivo relacionadas à solução nutritiva: temperatura, salinidade e recirculação**. 2019. 137 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2019.

SILVA, M. G.; ALVES, L. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; BIONE, M. A. A. Growth, production and water use efficiency of chicory (*Cichorium endivia* L.) in hydroponic systems using brackish waters. **Advances in Horticultural Science**, v. 34, n. 3, 2020a.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTANA, G. O.; PINHO, J. S. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 8, p. 547-552, 2018b.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A.; CARMO, F. F. Frequency of recirculation of nutrient solution in hydroponic cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 447-454, 2016a.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, M. G. B.; SANTOS, C. C. Hydroponic cultivation of coriander using fresh and brackish waters with different temperatures of the nutrient solution. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n. 6, p. 674-683, 2020b.

SILVA, P. F.; MATOS, R. M.; BARROS, A. C.; SILVA, E. M.; DUARTE, S. N. Índices foliares do tomateiro sob níveis de salinidade do solo e manejo da fertirrigação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 3, p. 67-75, 2016b.

SOARES, H. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, Ê. F. F.; ROLIM, M. M.; SILVA, G. F. Water and physiological relationships of lettuce cultivated in hydroponics with brackish waters. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 50, n. 2, p. 216-222, 2019.

SOARES, H. R.; SILVA, Ê. 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, Ê. 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, H. R.; SILVA, Ê. F. F.; SILVA, G. F.; LIRA, R. M.; BEZERRA, R. R. Mineral nutrition of crisphead lettuce grown in a hydroponic system with brackish water. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 656-664, 2016.

SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S.; SUASSUNA, J. F.; PEREIRA, R. F. Gas exchanges and production of colored cotton irrigated with saline water at different phenological stages. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 2, p. 239-248, 2018.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; ARAÚJO, T. T.; SÁ, F. V. S. Taxas de crescimento do tomateiro sob lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Revista Verde**, v. 6, n.2, p. 210-217, 2011.

SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, F. D. A.; SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F. Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento de rúcula cultivada em diferentes substratos hidropônicos. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 2, p. 154-161, 2013.

STEIDLE NETO, A. J.; ZOLNIER, S.; MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A.; MARTINEZ, H. E. Avaliação de um circuito eletrônico para medição da condutividade elétrica de soluções nutritivas. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 427-435, 2005.

SUHARDIYANTO, H. **Teknologi Rumah Tanaman Untuk Iklim Tropika Basah Pemodelan dan Pengendalian Lingkungan**. PT Penerbit IPB Press, 2009.

SUHARDIYANTO, H.; FUADI, M. M.; WIDANINGRUM, Y. Anallsis Pindah Panas Pada Pendinginan Dalam Tanah Untuk Sistem Hidroponik. **Jurnal Keteknikaan Pertanian**, v. 21, n. 4, 2007.

SUMMERFIELD, R. J.; MUEHLBAUER, F. J.; SHORT, R. W. Controlled environments as an adjunct to field research on lentils (*Lens culinaris*). V. Cultivar responses to above-and below-average temperatures during the reproductive period. **Experimental agriculture**, v. 25, n. 3, p. 327-341, 1989.

SUTTON, J. C.; SOPHER, C. R.; OWEN-GOING, T. N.; LIU, W.; GRODZINSKI, B.; HALL, J. C.; BENCHIMOL, R. L. Etiology and epidemiology of Pythium root rot in hydroponic crops: current knowledge and perspectives. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 4, p. 307-321, 2006.

TABATABAIE, S. J.; NAZARI, J. Influence of nutrient concentrations and NaCl salinity on the growth, photosynthesis, and essential oil content of peppermint and lemon verbena. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 31, n. 4, p. 245-253, 2007.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4° ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.
- TAVAKKOLI, E.; RENGASAMY, P.; MCDONALD, G. K. The response of barley to salinity stress differs between hydroponic and soil systems. **Functional Plant Biology**, v. 37, n. 7, p. 621-633, 2010.
- TAZUKE, A.; KINOSHITA, T. The effects of NaCl salinity and solution temperature on the leaf wilting of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plantlets grown hydroponically. **Environmental Control in Biology**, v. 51, n. 4, p. 201-206, 2014.
- TESTER, M; DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 91, p. 503-527, 2003.
- TOMASI, N.; PINTON, R.; DALLA COSTA, L.; CORTELLA, G.; TERZANO, R.; MIMMO, T.; SCAMPICCHIO, M.; CESCO, S. New 'solutions' for floating cultivation system of ready-to-eat salad: A review. **Trends Food Sci. Technol**, v. 46, p. 267-276, 2015.
- TORRES, E. C. M.; FREIRE, J. L. O.; OLIVEIRA, J. L.; BANDEIRA, L. B.; MELO, D. A.; SILVA, A. L. Biometria de mudas de cajueiro anão irrigadas com águas salinas e uso de atenuadores do estresse salino. **Nativa**, v.2, n.2, p.71-78, 2014.
- VANDOORNE, B.; MATHIEU, A. S.; VAN DEN ENDE, W.; VERGAUWEN, R.; PÉRILLEUX, C.; JAVAUX, M.; LUTTS, S. Water stress drastically reduces root growth and inulin yield in *Cichorium intybus* (var. *sativum*) independently of photosynthesis. **Journal of experimental Botany**, v. 63, n. 12, p. 4359-4373, 2012.
- VASQUEZ-TELLO, A.; ZUILY-FODIL, Y.; PHAM THI, A. T.; SILVA, J. B. V. Electrolyte and Pi Leakages and Soluble Sugar Content as Physiological Tests for Screening Resistance to Water Stress in *Phaseolus* and *Vigna* Species. **Journal of Experimental Botany**, v. 41, p. 827-832, 1990.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T.R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, p.1-23, 2010.
- XI, J. J.; CHEN, H. Y.; BAI, W. P.; YANG, R. C.; YANG, P. Z.; CHEN, R. J.; ... WANG, S. M. Sodium-related adaptations to drought: New insights from the xerophyte plant *Zygophyllum xanthoxylum*. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 1678, 2018.