

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FRANZ EDWIN CONDOR NAVARRO

**CULTIVO DO COENTRO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM
ÁGUAS SALOBRAS COM DIFERENTES PREDOMINÂNCIAS CATIÔNICAS**

RECIFE-PE
FEVEREIRO DE 2021

FRANZ EDWIN CONDOR NAVARRO

**CULTIVO DO COENTRO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM
ÁGUAS SALOBRAS COM DIFERENTES PREDOMINÂNCIAS CATIÔNICAS**

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

Orientador:

Prof. D.Sc. José Amilton Santos Júnior

Co-orientador:

Prof. D.Sc. Manassés Mesquita da Silva

**RECIFE-PE
FEVEREIRO DE 2021**

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)

C746c Condor Navarro, Franz Edwin
Cultivo do coentro sob soluções nutritivas preparadas em águas salobras com diferentes predominâncias catiônicas /
Franz Edwin Condor Navarro. - 2021.
76 f.

Orientador: José Amilton Santos Júnior.
Coorientador: Manassés Mesquita da Silva.
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, 2021.

1. Coriandrum sativum L. 2. Cultivo sem solo. 3. Salinidade. 4. Trocas gasosas.
I. Santos Júnior, José Amilton, orient. II. Silva, Manassés Mesquita da, coorient. III. Título

CDD 630

FRANZ EDWIN CONDOR NAVARRO

**CULTIVO DO COENTRO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM
ÁGUAS SALOBRAS COM DIFERENTES PREDOMINÂNCIAS CATIÔNICAS**

Dissertação defendida e aprovada em 25 de fevereiro de 2021 pela banca examinadora:

Prof. D.Sc. José Amilton Santos Júnior – DEAGRI/UFRPE

(Orientador)

Prof. D.Sc. Salomão de Sousa Medeiros – MCTIC/INSA

(Membro externo)

Prof. D.Sc. Manassés Mesquita da Silva – DEAGRI/UFRPE

(Membro interno)

Ao meu pai Rodolfo Condor
e mãe Esther Navarro e ao
meu irmão Deyvis Condor
Navarro

DEDICO

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela vida, saúde e felicidade, por Sua companhia sem condições e por abençoar minha trajetória, colocando no meu caminho a luz para não desistir.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e sua coordenação, pela oportunidade de cursar o Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por tornar possível a realização desta e de tantas outras pesquisas em todo o Brasil para o mundo.

A todo corpo docente do programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola – PGEA/UFRPE pelos conhecimentos transmitidos, em especial aos professores Ênio Farias de França e Silva, Manasses Mesquita da Silva, Gerônimo Ferreira da Silva e Elvira Pedrosa.

Ao meu orientador prof. D.Sc. José Amilton Santos Júnior pelo incentivo, disponibilidade, conselhos, paciência e conhecimento transmitido durante minha formação acadêmica.

A minha família Rodolfo, Esther, Deyvis Rodolfo e Claudia por transmitir a energia em todos momentos, com certeza sem vocês não seria possível a realização desse trabalho.

A todos os amigos do PGEA/UFRPE em especial a Elves dos Santos Nunes, Jozé André Rodrigues, Ivis Andrei Campos, Ruana Fernandes Cruz, Rafaela Revoredo, Martiliana Freire, prof^ª. D.Sc. Laercia da Rocha F. de Lima (UFRPE), Dr. Miguel Angel Quispe Solano (UNCP), Dr. Becquer Camayo Lapa (UNCP) e demais amigos pela amizade e pelo apoio.

E a todos que de forma direta ou indireta, contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	11
ABSTRACT	12
CAPITULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1.1.	14
1.2.	15
1.2.1.	15
1.2.1.1.	15
1.2.1.2.	15
1.2.1.3.	16
1.2.1.4.	17
1.2.2.	18
1.2.2.1.	18
1.2.2.2.	20
1.2.3.	20
1.2.3.1.	20
1.2.3.2.	22
1.2.3.3.	23
1.2.4.	23
1.2.4.1.	23
1.2.4.2.	24
1.2.4.3.	26
1.2.4.4.	27
1.3.	28
1.4.	28
1.5.	29
1.6.	29
CAPÍTULO II	35
EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA E PRODUÇÃO DO COENTRO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM DIFERENTES ÁGUAS SALOBRAS	36
CAPÍTULO III	55
RELAÇÕES HÍDRICAS E PRODUTIVIDADE DO COENTRO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS ARRANJADAS EM DIFERENTES ÁGUAS SALOBRAS	56
CAPITULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS	75

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

- Figura 1.** Qualidade da água subterrânea no domínio das rochas cristalinas dos estados do CE, RN, PB e PE. Valores de condutividade elétrica medidos in loco em poços tubulares. 19
- Figura 2.** Sistema hidropônico Fluxo laminar de nutrientes (NFT). 25
- Figura 3.** Estrutura utilizada no sistema hidropônico. (A) Desenho esquemático do tubo de PVC (B) perspectiva do suporte de madeira para os tubos e (C) da vista frontal. 27

CAPITULO II

- Figura 1.** Valores da evapotranspiração de referência de Penman-Piché, da umidade relativa e temperatura do ar durante o período experimental. 39
- Figura 2.** Variação do pH, da condutividade elétrica, da temperatura e oxigênio dissolvido das soluções nutritivas durante o experimento. 42
- Figura 3.** (A) Fluorescência inicial - F_o , (B) máxima - F_m e (C) variável - F_v . (D) Produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no FSII - F_o/F_m , (E) eficiência máxima do processo fotoquímico no FSII - F_v/F_o e (F) produção quântica máxima - F_v/F_m em plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas com diferentes águas salobras. 45
- Figura 4.** (A) concentração interna de CO_2 ; (B) fotossíntese líquida, (C) eficiência instantânea de carboxilação, (D) massa fresca e (E) seca da parte aérea; (F) porcentagem de massa seca da parte aérea em plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas com diferentes águas salobras. 49

CAPITULO III

- Figura 1.** Valores da evapotranspiração de referência de Penman-Piché, da umidade relativa e temperatura do ar durante o período experimental. 59
- Figura 2.** Valores médios da condutividade elétrica, pH, temperatura e oxigênio dissolvido da solução nutritiva para plantas de coentro cultivados em sistema hidropônico. 63
- Figura 3.** Condutância estomática (A), transpiração (B), consumo hídrico (C), eficiência de uso da água (D), eficiência intrínseca de uso da água (E), eficiência instantânea de uso

da água (F), succulência foliar (G) e área foliar (H) de plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas com diferentes águas salobras. 65

Figura 4. Produção da massa fresca (A) e seca (B) total; da massa fresca (C) e seca (D) da parte aérea; e da massa fresca (E) e seca (F) da raiz de plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas com diferentes águas salobras. 69

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I

Tabela 1. Composição nutricional de hortaliças folhosas mais cultivadas. 18

CAPITULO II

Tabela 1. Análise de variância para fluorescência inicial (F_o), máxima (F_m) e variável (F_v); para a produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no PSII (F_o/F_m), para a eficiência máxima do processo fotoquímico no PSII (F_v/F_o) e para a produção quântica máxima (F_v/F_m) em plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas com diferentes águas salobras. 43

Tabela 2. Análise de variância para concentração interna de CO_2 (C_i), fotossíntese líquida (A), eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea e para a porcentagem de massa seca da parte aérea (%MSPA) em plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas com diferentes águas salobras. 48

CAPITULO III

Tabela 1. Análise de variância para o_{gs} , E , CH , EUA , A/g_s , A/E , SF , e AF de plantas de coentro submetidas a soluções salinas de diferentes naturezas catiônicas. 64

Tabela 2. Análise de variância para MFT , MST , $MFPA$, $MSPA$, MFR , MSR , de plantas de coentro cultivadas em sistema hidropônico com soluções salinas de diferentes naturezas catiônicas. 68

CONDOR NAVARRO, FRANZ EDWIN. **Cultivo do coentro sob soluções nutritivas preparadas em águas salobras com diferentes predominâncias catiônicas.** 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife-PE

Autor: Franz Edwin Condor Navarro
Orientador: Prof. D.Sc. José Amilton Santos Júnior
Co-orientador: Prof. D.Sc. Manassés Mesquita da Silva

RESUMO

A prevalência de diferentes cátions, notadamente o Na^+ e o Ca^{2+} , nas águas salobras utilizadas no preparo das soluções nutritivas, impactam de diferentes maneiras os aspectos fisiológicos das culturas, ainda que sob mesma concentração. Portanto, a presente pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar a eficiência fotoquímica, as relações hídricas e a produção de plantas de coentro, cv. Verdão, submetidas às soluções nutritivas (1,6; 3,2; 4,8; 6,4 dS m^{-1}) preparadas em águas salinizadas com diferentes sais (NaCl , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). O experimento foi realizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco, em casa de vegetação do Laboratório de Fertirrigação e Salinidade DEAGRI/UFRPE ($8^\circ 01' 07'' \text{ S}$ e $34^\circ 56' 53'' \text{ W}$ e 6,5 m de altitude) entre novembro de dezembro de 2019. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, esquema fatorial 4×3 , com quatro blocos. Na estrutura hidropônica, as calhas tubulares foram dispostas na vertical e adotou-se sistema fechado com duas circulações diárias, sendo que a reposição do reservatório da solução foi efetuada com a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva. Com base da avaliação da eficiência fotoquímica e das relações hídricas, analisou-se a produção de massa fresca e seca total, parte aérea e da raiz. Os dados foram submetidos à análise de variância em nível 0,05 de probabilidade. Verificou-se que os maiores danos ao processo fotossintético e produtivo foram verificados sob prevalência de $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$ na água. Por outro, as distintas prevalências catiônicas proporcionaram diferenças no dano provocado pelo aumento da concentração sobre o consumo, a eficiência de uso da água e a produção de massa fresca e seca da parte aérea até o limite de 6,4 dS m^{-1} . O aumento da concentração de sais na água limitou a g_s , a E e o consumo hídrico, cujos desdobramentos foram mensurados na produção de biomassa da parte aérea e da raiz.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L.; cultivo sem solo, salinidade.

CONDOR NAVARRO, FRANZ EDWIN. **Cultivation of coriander under nutritive solutions prepared in saline waters with different cationic predominances.** 2021. Dissertation (Masters in Agricultural Engineering) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Graduate Program in Agricultural Engineering, Recife-PE

Author: Franz Edwin Condor Navarro

Advisor: Prof. D.Sc. José Amilton Santos Júnior

Co-advisor: Prof. D.Sc. Manassés Mesquita da Silva

ABSTRACT

The prevalence of different cations, notably Na^+ and Ca^{2+} , in brackish waters used in the preparation of nutrient solutions, impact in different ways the physiological aspects of cultures, even under the same concentration. Therefore, this research was developed with the objective of evaluating photochemical efficiency, water relations and the production of coriander plants, cv. Verdão submitted to nutritive solutions (1.6; 3.2; 4.8; 6.4 dS m^{-1}) prepared in saline water with different salts (NaCl , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). The experiment was carried out at the Federal Rural University of Pernambuco in a greenhouse at the DEAGRI/UFRPE Fertigation and Salinity Laboratory ($8^\circ 01' 07'' \text{ S e } 34^\circ 56' 53'' \text{ W e } 6,5 \text{ m de altitude}$) between november and december of 2019. The experimental design was in randomized blocks, factorial scheme 4×3 , with four blocks. In the hydroponic structure, the tubular gutters were arranged vertically, a closed system with two daily circulations was adopted, and the solution reservoir was replaced with the respective brackish water used in the preparation of the nutrient solution. Based on the evaluation of photochemical efficiency and water relations, the production of total fresh and dry mass, aerial part and root was analyzed. The data were subjected to analysis of variance at the 0.05 probability level. It was found that the greatest damage to the photosynthetic and productive process was seen under prevalence of $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$ in water. On the other hand, the different cationic prevalences provided differences in the damage caused by increasing concentration on water uptake, water use efficiency and the production of aerial fresh and dry mass up to the limit of 6.4 dS m^{-1} . The increase of salt concentration in water limited gs, E and water consumption, whose unfoldings were measured in the production of biomass of the aerial part and root.

Keywords: *Coriandrum sativum* L.; cultivation without soil, salinity.

CAPITULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1. Introdução

O coentro é uma das especiarias com maior impacto na economia internacional, movimentando cerca de 6 milhões de dólares em todo planeta; os principais países produtores são a Índia, o México e o Irã com 59%; 11,1% e 5,7% de participação na produção global, produzindo 678,94; 127,24 e 5,7 mil toneladas, respectivamente, sendo este um setor com um crescimento médio estimado de 5 - 6% por ano (FAO, 2018).

Por outro lado, parte deste países produtores estão inseridos em regiões áridas e semiáridas, caracterizadas pela distribuição irregular da precipitação e escassez de águas superficiais, fatores que limitam o desenvolvimento da agricultura irrigada, assim como o é no semiárido brasileiro (LITRE et al., 2017). Nesse sentido, águas alternativas, a exemplo das águas subterrâneas, têm sido utilizadas na busca pela ampliação da oferta hídrica, entretanto, devido à características geomorfológicas, os recursos hídricos subterrâneos apresentam elevados teores de sais e seu uso sem adoção de técnicas de manejo implica em problemas de salinidade (GUEDES et al., 2016; HOLANDA et al., 2016).

Essas águas salobras são caracterizadas por variações na concentração dos sais nas suas proporções e na predominância dos cátions (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) e ânions (Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-}) dissolvidos, geralmente não tem material em suspensão e o pH situa-se entre 6,5 e 8 (AZEVEDO et al., 2017; HOLANDA et al., 2016), o que implica em reações químicas diversas, notadamente por ocasião do preparo da solução nutritiva em cultivos hidropônicos, e resultam em desbalanço iônico ou até em precipitação de sais, afetando diretamente o desenvolvimento das culturas (GUEDES et al., 2016).

Por outro lado, o reordenamento energético que ocorre nos cultivos hidropônicos, decorrente da minimização do potencial matricial, favorece o uso de águas salobras mais concentradas, evidenciando a importância de análise do impacto da predominância iônica das águas salobras em função, inclusive, do aumento da concentração, sobre o desempenho fotossintético, sobre as relações hídricas e a produção das culturas (Ó et al., 2020; SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

É evidente que o aumento da salinidade implica em danos fotossintéticos, na redução da produção de massa fresca e seca das plantas, na limitação do consumo hídrico, da condutância estomática, da transpiração dentre outros aspectos das relações hídricas (SILVA et al., 2018), no entanto alguns autores (GHAMARNIA; DAICHIN, 2015; SANTOS JÚNIOR et al., 2015; SILVA et al., 2020) mencionam que para variáveis como o teor de água na parte aérea (TACO; NEPA, 2011) e a eficiência de uso da água, que

também reduzem com o aumento da concentração de sais na água, tem-se encontrado valores dentro do recomendável, assim como se têm constatado a ausência de sintomas deletérios que comprometam o produto final (CAZUZA NETO et al., 2014).

De modo geral, as plantas apresentam mecanismos de tolerância a salinidade que são determinados pela presença de diversas vias bioquímicas as quais evitam, principalmente, a entrada de íons nocivos, sua extrusão, absorção e retenção acelerada de água, homeostase iônica e proteção do cloroplasto, possibilitando a ocorrência da manutenção hídrica da planta (AHMADI; SOURI, 2018).

Dito isto, se faz premente a ampliação da discussão sobre as relações hídricas, a eficiência fotoquímica e a produção de hortaliças folhosas, notadamente àquelas expostas a soluções nutritivas preparadas em diferentes águas salobras, analisando-se o impacto da predominância de diferentes cátions na água e seus impactos sobre os aspectos fisiológicos, inclusive, com o aumento da concentração salina.

1.2. Revisão de literatura

1.2.1. A cultura do coentro

1.2.1.1. Taxonomia, botânica e principais cultivares

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma espécie que pertence à família Apiaceae, originária do Oriente Médio e do sul da Europa. É uma olerícola de clima quente, intolerante a temperaturas baixas e cultivada durante todo o ano. Apresenta grande variedade de cultivares, sendo as mais cultivadas no Brasil a Verdão, Tabocas, Gigante americano, Tapacurá e Palmeira, dentre estas, destaca-se a cultivar Verdão como a mais utilizada na região Nordeste do Brasil (OLIVEIRA et al., 2010).

De um modo geral, são poucas variedades que estão disponíveis no mercado e algumas destas cultivares são escassas e de origem desconhecida, produzidas pelos próprios produtores, sem garantia de qualidade certificada por falta de melhoramento genético das espécies; são sementes que facilmente estão disponíveis nas regiões e que estão sendo usadas sem considerar os riscos no desenvolvimento de culturas (DA SILVA et al., 2020a; MELO et al., 2009).

1.2.1.2. Aspectos morfofisiológicos

Em climas quentes verifica-se um ciclo curto, em que se colhe a massa fresca da parte aérea do coentro, em média, com 25 dias após o semeio (PEREIRA et al., 2012).

As sementes do coentro são precoces na germinação, que ocorre de três a cinco dias. Para se coletar as sementes na cultivar Verdão, verifica-se um amadurecimento fisiológico ideal entre os 42 e 44 dias, depois que ocorre o florescimento (SOUSA et al., 2011). Na fase de germinação, e desenvolvimento inicial o coentro é sensível irrigação com águas salobras, tolerando concentrações inferiores a $5,5 \text{ dS m}^{-1}$ (SALES et al., 2015).

As plantas de coentro têm uma altura média entre 25 e 60 cm e as raízes exploram apenas os 15-20 cm superficiais. É uma dicotiledônea axonomórfica do tipo fusiforme, folhas de tipo pinatífidas, e as flores são andróginas protrândricas de cores brancas levemente purpúreas (SOUSA et al., 2011).

Trata-se de uma planta C_4 do ponto de vista do metabolismo fotossintético, apresentando, maior eficiência de conversão de gás carbônico da atmosfera em compostos orgânicos, como os carboidratos. Esse processo fotossintético ocorre por causa do CO_2 ser continuamente concentrado nas células da bainha vascular das folhas e posteriormente redistribuído para sua utilização (TAIZ; ZEIGER; MAFFEI, 2013).

O metabolismo fotossintético C_4 confere vantagens competitivas em ambientes com alta temperatura e luminosidade, superando em muito a produção das plantas C_3 sob estas condições, além de utilizam mais eficientemente a água (MACEDO, 2015).

1.2.1.3.Exigencia hídrica e nutricional

Informações sobre a demanda hídrica do coentro são escassas na literatura. Registra-se, no entanto, o trabalho de Silva et al. (2015a), que avaliaram a cultivar Verdão, em condições hidropônicas, sob disponibilidade de 2,75 e 5,50 L molho⁻¹ de solução nutritiva. Estes autores comentaram que o consumo hídrico do coentro para produzir 1 kg de massa fresca da parte aérea é necessários os volumes de solução de 43,78 e 44,99 L, respectivamente, mostrando assim que a menor disponibilidade da solução nutritiva foi mais vantajosa, por outro lado, a massa fresca aumentou em 30% para 5,50 L molho⁻¹ em relação 2,75 L molho⁻¹.

O cultivo de hortaliças folhosas é exigente nutricionalmente, visto que seus ciclos são relativamente curtos e a falta de qualquer elemento essencial à planta afeta seu crescimento, produtividade e qualidade. Em estudos realizados por Singh; Rao (1994); Tomar et al. (1994) observou-se ganho de produção de massa fresca da parte aérea para valores de N (80 ou 93 kg ha⁻¹), P₂O₅ (40 kg ha⁻¹) e K₂O (30 kg ha⁻¹), por outro lado, Sharma; Israel (1991) não obtiveram melhorias na produção aumentando o teor de

fósforo, mas quando utilizaram 120 kg de N por ha⁻¹, verificaram incremento na produção de massa fresca da parte aérea.

Quanto a concentração da solução nutritiva para o cultivo hidropônico do coentro e outras hortaliças folhosas, a recomendação é que seja disponibilizado de 1,5 a 2,0 L de solução por planta, uma vez que volumes menores dificultam o manejo e a conservação da solução (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

O fato de o meio de cultivo se basear no conceito hidropônico não altera a exigência nutricional das plantas, modifica sim, a maneira pela qual os nutrientes são disponibilizados às plantas. Não obstante, deve conter macronutrientes como Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), enxofre (S); e micronutrientes de Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Molibdênio (Mo), Boro (B) e Cloro (Cl) (FURLANI, 1999; RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999; SILVA et al., 2015a).

1.2.1.4. Aspectos econômicos e usos do coentro

Quanto aos aspectos econômicos, a produção de 53 espécies de hortaliças dentre delas, o coentro, foi de 4,19 milhões de toneladas, cultivadas em 156,77 mil hectares, produtividade 26,73 t ha⁻¹, isso em 2017 no Estado de São Paulo. Ressalta-se, no entanto, que essa produção verificada em 2017 foi 10,85% menor que em 2016, resultado da menor produtividade, posto que a área reduziu apenas 2,8% (I.E.A., 2017).

Em Pernambuco, em 2018, foram cultivados cerca de 221 hectares com coentro em 2018, da variedade Verdão, na qual se obtiveram 265 toneladas de massa fresca. Em média, o quilo do coentro foi comercializado neste ano ao preço médio de R\$ 3,00 (CODEVAFS, 2018). Neste sentido, quanto as sementes, a produtividade verificada foi de 1,2 toneladas, resultando uma renda bruta de cerca de R\$ 3,6 mil por hectare. A produtividade de molhos de coentro foi de 3.200 molhos, cujo preço médio foi de de R\$ 0,30 por molho, gerando uma renda bruta de R\$ 900 por hectare, ou seja, cultivar coentro para produção de sementes é mais lucrativo do que vender a hortaliça em molhos (CODEVAFS, 2018).

Propriedades medicinais e óleo essencial também podem ser extraídos dos frutos do coentro, a exemplo das características anti-hipoglicemiante, ansiolíticas, sedativas, diuréticas, anti-helmínticas, composição numerosa de perfumes e cosméticos entre outras o que faz que o coentro seja de grande importância na economia global (CATTA, 2019; MARQUES; LORENCETTI, 1999).

Das plantas de coentro se aproveitam as folhas, frutos e flores. É uma erva aromática e dentre os principais usos menciona-se suas aplicações na culinária, sendo fonte nutrientes (Tabela 1) como cálcio, vitamina A, vitamina C, vitamina B12 e polifenóis (CATTÁ, 2019).

Tabela 1. Composição nutricional de hortaliças folhosas mais cultivadas.

Nutriente	Culturas							
	Coentro desidratado		Salsa		Alface crespa		Alface lisa	
	mg/100g	g kg ⁻¹	mg/100g	g kg ⁻¹	mg/100g	g kg ⁻¹	mg/100g	g kg ⁻¹
Mg	394	3,94	694	6,94	11	0,11	9	0,09
Mn	10,48	0,1048	1,88	0,0188	0,2	0,002	*	*
P	388	3,88	49	0,49	26	0,26	26	0,26
Na	18	0,18	2	0,02	3	0,03	4	0,04
Fe	81,4	0,814	3,2	0,032	0,4	0,004	0,6	0,006
K	3223	32,23	711	7,11	267	2,67	394	3,94
Cu	4,09	0,0409	0,2	0,002	0,03	0,0003	0,03	0,0003
Zn	4,7	0,047	1,3	0,013	0,03	0,0003	0,03	0,0003

Fonte: Adaptada Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO 4.ed. (2011). *Análises em processo de reavaliação.

1.2.2. Uso de águas salobras na agricultura

1.2.2.1. Caracterização das águas salobras

As águas salobras são naturalmente caracterizadas pela elevada concentração de cátions como sódio (Na⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺) e potássio (K⁺); da mesma forma, os componentes aniônicos usuais são cloreto (Cl⁻), bicarbonato (HCO₃⁻) e também sulfato (SO₄²⁻) (DOS SANTOS et al., 2017).

Os principais sais presentes nas fontes de águas subterrâneas são o cloreto de sódio (NaCl), sulfato de magnésio (MgSO₄), sulfato de sódio (Na₂SO₄), cloreto de magnésio (MgCl₂) e carbonato de sódio (Na₂CO₃) (MATTOS et al., 2018; SILVA JÚNIOR; GHEYI; MEDEIROS, 1999).

Nas regiões semiáridas, devido a razões climáticas e/ou de distribuição irregular da chuva, a presença de elevados teores de sais em determinados mananciais torna-se abundante (ALVES et al., 2011), com variação zonal em termos de concentração, implicando em restrições quanto ao uso na irrigação. A classificação dos corpos de águas superficiais estabelece águas doces com salinidade igual ou inferior a 0,5‰; águas salobras com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰; águas salinas com salinidade igual ou superior a 30‰ (CONAMA, 2005).

Especificamente no semiárido brasileiro existem 4 zonas de predominância de águas (Figura 1) representados 18.600 valores de condutividade elétrica de águas de poços situados dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco que variam em três classes de valores expressando água doce ($CE \leq 500 \mu\text{S/cm}$), salobra ($1.000 \mu\text{S/cm} < CE \leq 2.500 \mu\text{S/cm}$) e salgada ($CE > 2.500 \mu\text{S/cm}$) (FEITOSA; DINIZ, 2011).

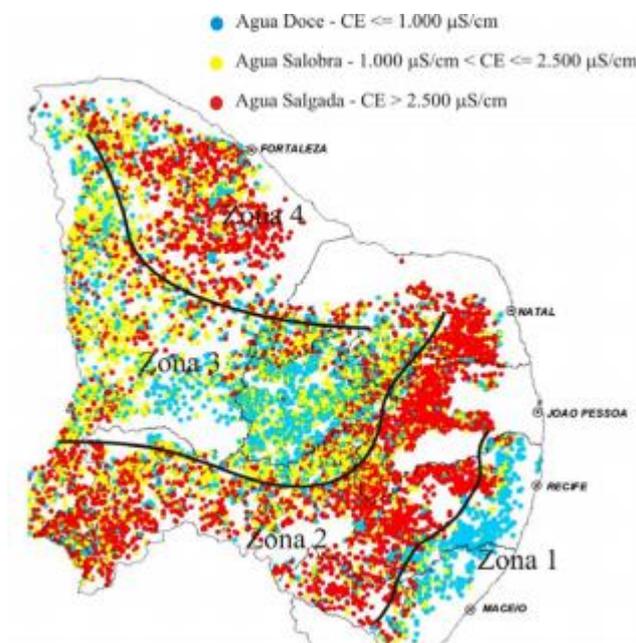


Figura 1. Qualidade da água subterrânea no domínio das rochas cristalinas dos estados do CE, RN, PB e PE. Valores de condutividade elétrica medidos in loco em poços tubulares.

Na água classificada como salobra verifica-se a formação de faixas de transição entre a água doce e salgada, na primeira zona predomina a água doce que se localiza no litoral sudeste. A segunda zona é onde há predominância de água salgada localizada na faixa nordeste-sudoeste, na terceira zona predomina a água doce-salobra que localiza-se no centro-oeste, e por fim a quarta zona com predominância de água salgada no norte e noroeste (FEITOSA; DINIZ, 2011).

De maneira geral as águas dos açudes públicos, são classificadas como de baixo a médio risco de salinidade e de sodicidade quando utilizadas para fins agrícolas. Estudos têm demonstrado que poucas variações vêm ocorrendo ao longo dos anos, por outro lado, as características das águas dos pequenos açudes no semiárido brasileiro dependem de aspectos da bacia hidrográfica, da dimensão e profundidade do açude (OLIVEIRA FILHO, 2016).

1.2.2.2. Uso de águas salobras no preparo de soluções nutritivas

O uso de águas salobras na agricultura é uma realidade nas regiões semiáridas, e tem sido utilizada como forma de ampliar a oferta de água. São águas ricas em sais com prevalência de os cátions como Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} e ânions como Cl^- , HCO_3^- e SO_4^{2-} os quais são apontados como os principais responsáveis pelo aumento da salinidade das reservas hídricas (AHMED et al., 2019).

O preparo de soluções nutritivas com águas de alta salinidade altera o equilíbrio iônico desse meio, podendo originar reações e interações desfavoráveis entre íons no processo de absorção radicular, alterando o pH da solução (SOUZA et al., 2020). Essas modificações podem comprometer a disponibilização de alguns nutrientes e limitar a absorção de outros, especialmente quando a concentração de um íon específico está em excesso no meio de cultivo (CHEKLI et al., 2017).

O aumento da salinidade provoca mudanças significativas no conteúdo de macro e micronutrientes, valor nutricional, açúcares, ácidos graxos, minerais, ácido ascórbico e tocoferóis; a concentração de compostos fenólicos não é afetada, a atividade antioxidante e a composição mineral são afetadas de forma benéfica pelos níveis médio e alto de salinidade (PETROPOULOS et al., 2017).

Neste sentido uso de águas salobras pode influenciar a absorção e sobressaturar alguns nutrientes ou íons tóxicos. Basilio Guimarães et al (2017) verificaram que com o aumento da salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva houve redução nos teores de fósforo e potássio e aumento nos teores de cloreto e sódio nas folhas; além disso o uso de águas salobras no preparo da solução nutritiva não teve efeito sobre a absorção de nitrogênio, cálcio, magnésio e enxofre, no entanto, estes autores verificaram redução na matéria fresca e seca da parte aérea quando se trabalhou com $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica da água.

1.2.3. Efeito dos sais sobre as plantas

1.2.3.1. Efeito dos sais sobre eficiência fotoquímica

O crescimento e produtividade estão associadas a capacidade fotossintética (AYRE; TURGEON, 2018). Neste sentido, a avaliação quantitativa e qualitativa da absorção e aproveitamento da energia luminosa através do fotossistema II (PSII) e possíveis relações com a capacidade fotossintética pode ser avaliada pela fluorescência da clorofila a e tem se tornado uma ferramenta de importante aplicação em estudos de

estresses abióticos, quando aliada a análise das trocas gasosas (CAVALCANTE et al., 2019).

A análise da fluorescência da clorofila a é uma técnica que permite conhecer os processos fotoquímicos e não fotoquímicos que ocorrem na membrana dos tilacóides nos cloroplastos, caracterizando a relação da capacidade de absorção e transferência da energia luminosa na cadeia de transporte de elétrons (ALVES et al., 2020). A salinidade causa diminuição de conteúdo de clorofila a, b e carotenoides ocasionando clorose nas folhas porque o excesso de íons provoca estresse baixando a assimilação de CO₂, transpiração e condutância estomática das plantas (BERNARDO DA SILVA et al., 2020).

A extinção da fluorescência variável da clorofila durante o período de indução da radiação é determinada por dois parâmetros: a extinção não fotoquímica e a extinção fotoquímica (qP) em função do aumento dos elétrons exportados do PSII pela ativação no metabolismo das enzimas do carbono e abertura estomática quantificando a fração correspondente dos centros de reação do PSII (FU; LI; WU, 2012)

A fotossíntese envolve reações de absorção de energia luminosa em duas fases. A primeira fase fotoquímica dependente da luz consiste em captar energia luminosa para transformar em energia química (ATP) Adenosina trifosfato e (NADPH) Fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina; a segunda fase bioquímica é independente da luz no Ciclo de Calvin, com a assimilação do (C) Carbono que é de (CO₂) Dióxido de carbono atmosférica utilizando o ATP e NADPH produzido nas reações luminosas para gerar glicose o qual será convertida em outras substâncias orgânicas como proteínas, hormônios, vitaminas entre outros (TAIZ et al., 2017).

O acesso do CO₂ atmosférico às células fotossintéticas do mesófilo ocorre através da abertura e fechamento estomático, pela mesma via ocorre perda de água no sentido da superfície interna hidratada da folha para atmosfera, portanto o controle da abertura estomática é primordial para manter a máxima fotossíntese, com a menor perda de água possível (DUMSCHOTT et al., 2017).

Martins et al. (2020) estudaram o rendimento fotoquímico de plantas de salsa, expostas a níveis crescentes de CEsn (1,7; 2,7; 3,7; 4,7; 5,7 e 6,7 dS m⁻¹) estabelecidas em águas com NaCl, CaCl₂, MgCl₂ e KCl. O modo de reposição de água no sistema hidropônico foi com água de abastecimento público e outro experimento com a respectiva água salina da solução nutritiva. Avaliaram os parâmetros: fluorescência inicial (Fo), máxima (Fm) e variável (Fv); rendimento quântico (Fv/Fm) e máximo (Fo/Fm) do fotossistema II; e também o rendimento quântico de transporte de elétrons (ϕEo),

absorção de fluxo (ABS/RC), transporte de fluxo (ETo/RC) e energia dissipada (DIO/RC) por centro de reação para os dois experimentos. Concluíram que o reabastecimento com água de abastecimento público causa menos danos às variáveis relacionadas a fluorescência da clorofila à medida que a condutividade elétrica da solução nutritiva aumenta quando comparado com o reabastecimento com água salina, enquanto nas variáveis relacionadas à transferência de elétrons esse efeito não foi perceptível. Plantas cultivadas sob a prevalência de NaCl tiveram maior tolerância ao estresse salino em comparação com outros cátions.

1.2.3.2. Efeito dos sais sobre as relações hídricas

A insuficiência de água de boa qualidade disposta para as plantas dificulta a produção, crescimento e desenvolvimento das plantas afetadas pelo estresse salino (SILVA et al., 2018) implicando nos processos fisiológicos e na redução de massa fresca e seca total (LUCINI; BERNARDO, 2015), condutância estomática, transpiração, teor de água na planta, na eficiência de uso de água, etc. (AHMADI; SOURI, 2018; RABIEI et al., 2020).

O aumento da concentração de sais na região radicular implica em redução do potencial osmótico e, conseqüentemente, na redução da disponibilidade de água para as plantas, que desencadeia uma série de processos fisiológicos visando o ajustamento osmótico, visando reordenar o fluxo hídrico e, portanto, evitar a desidratação ao nível celular (RABIEI et al., 2020; TAIZ; ZEIGER; MAFFEI, 2013).

Estes processos fisiológicos de ajuste à limitação hídrica, regulados pela expressão gênica - relacionados aos fatores moduladores do estresse, implicarão na síntese de proteínas e no reordenamento hormonal, ou seja, são impactos que influenciam as trocas gasosas e as relações hídricas, e no caso de estresse prolongado ou excessiva desidratação celular pode causar queda de folhas e redução drástica da cultura de frutos devido à abscisão de flores e frutos (GOMES et al., 2004; TOMBESI et al., 2018).

Santos Júnior et al. (2015a) estudaram produção de coentro em hidroponia de baixo custo alternativo para regiões semiáridas. Avaliaram o consumo e eficiência do uso da água na produção de molhos (cv. Tabocas). Verificaram a melhor relação custo benefício em relação ao consumo de água, massa produzida e custo de sementes é a redução de espaçamento entre células a 7,0 cm utilizando 1,0 g de sementes célula⁻¹; obtendo eficiência de 81,59 g L⁻¹ na produção de massa verde da parte aérea e molhos de 62,4 g de massa total.

1.2.3.3. Efeito dos sais sobre a produção de biomassa

A redução na produção de biomassa, ou até mesmo a reordenação dos fotoassimilados e da relação fonte-dreno, é um desdobramento de uma cascata de processos bioquímicos e fisiológicos que impactam o processo fotossintético, as relações hídricas e outros aspectos das culturas expostas ao estresse salino (SILVA et al., 2020).

De um modo geral, os desdobramentos das limitações hídricas impostas pelo aumento da concentração no meio radicular causam redução do potencial hídrico da célula, e conseqüente diminuição da pressão de turgor, afetando negativamente a expansão e o crescimento celular, o metabolismo, crescimento e estabelecimento das plântulas que pode afetar as concentrações de carboidratos, por alterar, basicamente, a eficiência de desenvolvimento da planta seca (MOURA et al., 2016).

1.2.4. Cultivos hidropônicos

1.2.4.1. Definições, caracterização da técnica e histórico

A hidroponia é um termo aplicado a um conjunto de técnicas utilizadas no cultivo de plantas sem a utilização do solo, de maneira que os nutrientes minerais são disponibilizados por meio de uma solução nutritiva balanceada em água para as necessidades do cultivo da planta (RESH, 2016).

A palavra hidroponia vem do grego, *hydro* (água) e *ponos* (trabalho), ou seja, o trabalho da água. As primeiras notícias do uso desta técnica datam da antiga mesopotâmia nos anos 5000 a.c. porém, em 1929 o pesquisador Dr. Willian Frederick Gericke, da Universidade da Califórnia, conseguiu produzir frutas, cereais, flores e tubérculos (RESH, 2016).

O cultivo sem solo é mais difundido em países como a Holanda, Alemanha, Itália, Espanha, Suécia, Japão, Austrália, Estados Unidos, México e outros países da América Central (LAY-ANG, 2020).

A produção hidropônica cresceu na última década especialmente quanto a produção de flores, frutas, cereais e tubérculos, bem como as pesquisas sobre o tema passaram a abordar aspectos fisiológicos, de nutrição e de crescimento das plantas, ou seja, trazida ao Brasil nos anos 70, atualmente, a produção hidropônica responde por 45% de produção de hortaliças folhosas (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HIDROPONIA, 2018).

O cultivo comercial de hortaliças e plantas ornamentais no semiárido, usando técnicas de hidroponia tem se expandindo rapidamente nas proximidades dos grandes

centros urbanos e, também, nas zonas rurais onde as terras agrícolas são escassas pela alta salinidade no solo e abundância de águas salobras nos poços subterrâneos (DE LIMA et al., 2014). Em tais regiões, a produção de hortaliças é realizada em sua maior parte sob cultivo protegido. Neste contexto, o cultivo hidropônico é colocado como alternativa vantajosa de produção em períodos mais curtos, menor incidência de pragas e doenças (FERNANDES, 2018).

Os efeitos da salinidade são menos prejudiciais em cultivos hidropônicos que no cultivo tradicional em solos em que a água torna-se menos disponível às plantas devido à existência do potencial mátrico, que contribui na diminuição do potencial hídrico, impedindo a absorção de águas pelas plantas; a minimização do potencial mátrico em relação ao potencial hídrico, verificado nos sistemas hidropônicos, irá reduzir a dificuldade de absorção de água pelas plantas, menos consumo de água e sais (RESH, 2016).

Dentre as principais vantagens da hidroponia menciona-se o uso de áreas pequenas para produção, cultivo contínuo durante todo o ano, produção elevada, produtos de alta qualidade com preços altos no mercado, exigência pequena do uso de defensivos agrícolas, uso eficiente e econômico de água e fertilizantes, ausência de salinização e contaminação por patógenos, ausência da necessidade de rotação de culturas (FURLANI, 1999).

Quanto as principais desvantagens da hidroponia elenca-se a necessidade de elevado investimento inicial, dependência de mão de obra especializada; dificuldade de logística no acesso a assistência técnica e a aquisição de fertilizantes, necessidade de limpeza do sistema a cada cultivo, necessidade de troca periódica da solução nutritiva, maior risco de disseminação de doenças via solução nutritiva (FURLANI, 1999).

1.2.4.2. Principais sistemas hidropônicos utilizados no Brasil

Os sistemas hidropônicos podem ser classificados em dois grupos básicos: passivos e ativos. Nos sistemas passivos, a solução nutritiva permanece estática sendo conduzida às raízes por culturas com alta capilaridade. Nos sistemas ativos, é necessário emprego de uma bomba para a circulação da solução de nutrientes e oxigenação. Existem oito principais sistemas hidropônicos: NFT; DFT; Bancadas individuais; Substratos; Subirrigação; Pavios; Aquapônico e Aeropônico (CAVALCANTE et al., 2016; FURLANI, 1999; RESH, 2016).

No Brasil, cerca de 90% dos produtores optam pelo cultivo de hortaliças na técnica NFT (DOS SANTOS et al., 2011). Esta técnica consiste em fazer circulação de uma lâmina intermitente de solução nutritiva manualmente ou bombeada de uma caixa de armazenamento a traves de tubos perfuradas onde são colocadas as plantas (RESH, 2016), associado a manejos de circulação fechado da solução nutritiva. O manejo fechado funciona como sistema simultâneo de irrigação e drenagem, proporcionando destinação apropriada dos sais ao final do ciclo de cultivo (SANTOS JÚNIOR et al., 2015b). (Figura 2).

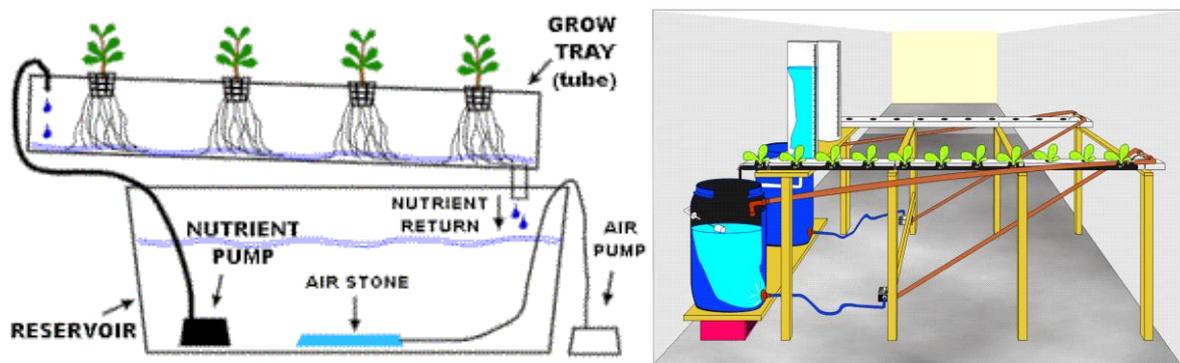


Figura 2. Sistema hidropônico Fluxo laminar de nutrientes (NFT).

As vantagens principais são o consumo de água controlado, produção continua todo ano, as plantas recebem nutrição adequada, é mais limpa, o uso de defensivos é muito menor e até 80% de redução de agrotóxicos. A grande desvantagem é que o investimento inicial é elevado, mão de obra especializada, necessidade de limpeza do sistema a cada cultivo e troca periódica de solução nutritiva (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018a)

A técnica hidropônica DFT (Deep Film Technique) é um sistema flutuante no qual as plantas são depositadas em bandejas tipo piscina em uma solução nutritiva que circula entre as raízes, usando uma bomba ou por gravidade. (SILVA et al., 2018). Este sistema é utilizado principalmente em culturas de porte grande e médio devido à grande capacidade de produção em estufas. Também é amplamente utilizado em cultivos foliares e plantas aromáticas (SUZART ALVES et al., 2019).

Para a manutenção da lâmina de solução, deve-se instalar um sistema de alimentação e drenagem compatível, sempre maior ou igual à entrada de solução, para manter constante o nível da lâmina. Para as mesas de material plástico ou de fibras de vidro com revestimento interno, não é necessária a impermeabilização. Porém, naquelas feitas de madeira, deve-se cobrir o fundo e as laterais com dois filmes plásticos preto por

baixo e o de polietileno contra radiação UV por cima, para conferir resistência aos raios solares (RESH, 2016).

O sistema de bancadas individuais, é considerado como uma evolução do sistema NFT. Cada bancada é atendida por um reservatório melhorando a oxigenação na solução nutritiva, mas provoca um desequilíbrio nutricional nas plantas e a necessidade de cada uma delas é diferente conforme o estágio de desenvolvimento.

Sistema de substratos, emprega recipientes cheios de material inerte como areia, pedras, espumas e outros para a sustentação da planta, onde a solução nutritiva é filtrada através desses materiais e drenada pela parte inferior dos vasos, retornando ao tanque de solução. Essa técnica é muito utilizada para hortaliças frutíferas, flores e outras culturas que têm suas raízes e partes aéreas mais desenvolvidas.

Sistema de subirrigação é uma tecnologia usada em estufas para reduzir o uso e o descarte de água com fertilizantes e pesticidas. O fornecimento de solução nutritiva ocorre na parte inferior dos vasos ou bandejas de cultivo, onde o princípio da capilaridade permite que a água e os nutrientes se movimentem verticalmente no substrato. Após a aplicação da lâmina desejada, a água é drenada a um reservatório para posterior reutilização.

O sistema de pavio é o mais simples sistema hidropônico. Trata-se de um sistema passivo, ou seja, nele não existem partes móveis e a solução nutritiva é estática. Ela é retirada de um depósito e conduzida, por capilaridade, para o meio de cultura e para as raízes das plantas por meio de um ou mais pavios. É comum usar este sistema em vasos com plantas decorativas e com solo convencional fertilizado, usando apenas água pura para irrigação.

A aquaponia é um sistema de produção da aquicultura e hidroponia bio-integrado, onde os dejetos dos peixes são usados como fertilizantes para irrigar a produção de vegetais. Por meio de métodos hidropônicos, as plantas servem como sequestradoras de nutrientes que estão em excesso na água, sem grandes desperdícios no sistema.

A aeroponia produção de plantas suspensas no ar, geralmente apoiadas pelo colo das raízes adaptadas em ambiente escuro, a solução nutritiva rociada com uma massa de gotículas.

1.2.4.3. Sistema hidropônico de baixo custo

A técnica da hidroponia pode ser aplicada de várias formas, em diferentes sistemas, inclusive ser adaptada a realidades específicas. No contexto do semiárido

brasileiro alguns sistemas foram desenvolvidos (Figura 3) visando lidar com problemas como a deficiência na infraestrutura elétrica, o baixo potencial de investimento financeiro dos produtores e a menor disponibilidade de área verificada na agricultura familiar (SANTOS JÚNIOR et al., 2016, 2018).

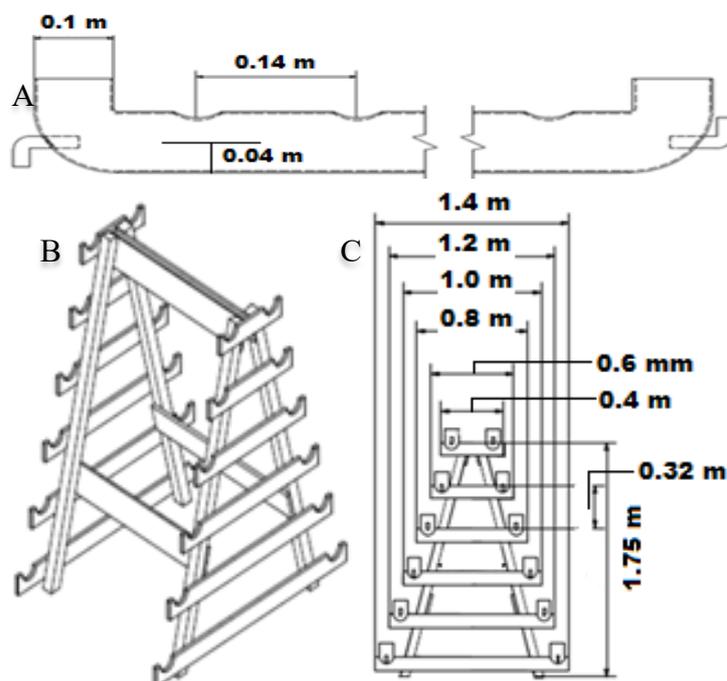


Figura 3. Estrutura utilizada no sistema hidropônico. (A) Desenho esquemático do tubo de PVC (B) perspectiva do suporte de madeira para os tubos e (C) da vista frontal.

1.2.4.4. O cultivo hidropônico do coentro utilizando águas salobras

O uso de água doce e salobra no preparo das soluções nutritivas já foram avaliadas na cultura de coentro em diversos trabalhos. Silva et al. (2016) avaliaram dois níveis de (CE = 0,32 e 4,91 dS m⁻¹), quatro frequências de recirculação da solução nutritiva (intervalos de 0,25; 2; 4 e 8 h), aos 10, 15 e 25 dias após o transplante (DAT). Estes autores verificaram que não houveram perdas na produção quando se adotou recirculação da solução nutritiva a cada 8 hs. Verificaram também que o uso da água salobra (CE = 4,91 dS m⁻¹) embora implique em reduções na produção, não depreciou a qualidade visual do produto. As plantas cultivadas nas posições inicial e intermediária dos perfis hidropônicos apresentaram maior produção

Quanto aos efeitos dos diferentes sais no coentro, Ahmadi; Souri (2018) estudaram a utilização de águas salinas com predominância de (NaCl); (KCl + NaCl + CaCl₂) e (K₂SO₄ + Mg(NO₃)₂); (CE = 2 e 4 dS m⁻¹) de água de irrigação, e mais um tratamento controle utilizando água destilada em plantas de coentro (*Coriandrum sativum* L.). Os

autores verificaram que sob $CE_{sn} = 2 \text{ dS m}^{-1}$, todos os sais aumentaram o rendimento e características de crescimento, altura da planta, massa fresca e seca da parte aérea por ($K_2SO_4 + Mg(NO_3)_2$) e permaneceram inalteradas pelo tratamento ($KCl + NaCl + CaCl_2$) exceto altura de planta que foi reduzida.

Vasconcelos et al. (2014) avaliaram o metabolismo do coentro em função de duas soluções nutritivas, cultivo hidropônico. Os tratamentos constaram de um arranjo fatorial sete níveis CE e duas soluções nutritivas (7x2) com quatro repetições. As soluções nutritivas utilizadas foram as de Castellane e de Furlani, as plantas foram coletadas após 60 dias do plantio. A maior quantidade de massa verde e seca foi obtida quando se utilizou o quantitativo de fertilizantes proposto por Furlani. Os teores de clorofila e carboidratos apresentaram aumento proporcional ao incremento da CE, que, de modo geral, alterou a concentração dos macronutrientes.

Silva et al. (2015b) avaliaram coentro com solução nutritiva preparada em águas salobras diferentes para reposição da (ETc), em hidroponia NFT, em esquema fatorial 2x4, com cinco repetições, sendo utilizada uma concentração de 2,75 e 5,50 L de solução nutritiva por maço de 24 plantas. Adotou-se os seguintes níveis de salinidade: CE = 0,43 (testemunha); 3,09; 6,87 e 8,53 dS m^{-1} . A altura das plantas, as massas de matéria fresca e seca da parte aérea do maço de plantas, das folhas e do caule foram obtidas aos 7, 14, 21 e 24 dias após o transplantio (DAT). Aos 24 DAT, a maior disponibilidade de solução nutritiva (5,50 L) aumentou a massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas em 30,0% em relação à menor disponibilidade de solução nutritiva (2,75 L).

1.3. Objetivo geral

Avaliar a eficiência fotoquímica, as trocas gasosas, as relações hídricas e a produção de plantas de coentro, cultivar Verdão, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras, salinizadas com diferentes sais ($NaCl$, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$).

1.4. Objetivos específicos

- Comparar a eficiência fotoquímica das plantas expostas a águas com diferentes predominâncias catiônicas em função do aumento da concentração de sais;
- Analisar as trocas gasosas e seus desdobramentos sobre o consumo hídrico, teor de água e fotossíntese líquida das plantas;

- Comparar a eficiência de uso da água, com a eficiência instantânea e intrínseca de uso da água;
- Quantificar a produção de massa fresca e seca das partes das plantas de coentro;
- Identificar eventuais danos, queimas ou aspectos visuais outros que comprometam a comercialização.

1.5. Hipótese

A predominância do cátion monovalente (Na^+) frente a os bivalentes (Ca^{2+} e Mg^{2+}) será menos danoso às plantas com o aumento da concentração dos sais.

O impacto dos diferentes sais sobre os aspectos fisiológicos será ainda mais distinto com o aumento da concentração de sais na água.

1.6. Referências bibliográficas

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. 194, 2018.

AHMED, N. et al. Hydrogeochemical evaluation and statistical analysis of groundwater of Sylhet, north-eastern Bangladesh. **Acta Geochimica**, v. 38, n. 3, p. 440–455, 2019.

ALVES, F. A. L. et al. Efeito do Ca^{2+} externo no conteúdo de Na^+ e K^+ em cajueiros expostos a salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 602–608, 2011.

ALVES, F. A. L. et al. Photosynthesis and gas exchanges of forage cactus varieties (*Opuntia* and *Nopalea*) grown under screen and irrigation. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 25, n. 1, 2020.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HIDROPONIA. **RS: Equilíbrio Comunicação Sustentável, 1º Ed.** Novo Hamburgo, 2018.

AYRE, B. G.; TURGEON, R. Export of Photosynthates from the Leaf. In: ADAMS III, W.; TERASHIMA, I. (Eds.). . **The Leaf: A Platform for Performing Photosynthesis. Advances in Photosynthesis and Respiration (Including Bioenergy and Related Processes)**. v. 44 ed. Cham: Springer, 2018. p. 55–79.

AZEVEDO, P. R. L. et al. Efeito dos sais e da qualidade da água no solo e na planta. **Revista de Agroecologia no Semiárido**, v. 1, n. 1, p. 1–12, 2017.

BASILIO GUIMARÃES, R. F. et al. Production of hydroponic lettuce under different salt levels of nutritive solution. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 11, p. 242,

2017.

BERNARDO DA SILVA, C. et al. Teor de clorofila, carotenóides e índice spad na alface (*Lactuca sativa*) em função de lâminas de irrigação e níveis salinos. **Ciência Agrícola, Rio Largo**, v. 18, n. 3, p. 19–22, 2020.

CAMPOS JÚNIOR, J. E. et al. Rocket production in a low cost hydroponic sistem using brackish water. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 4, p. 1008–1016, 2018.

CAVALCANTE, A. R. et al. Produção e composição mineral do coentro em sistema hidroponico de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 685–696, 2016.

CAVALCANTE, A. R. et al. 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.

CAZUZA NETO, A. et al. **Qualidade do mólho de coentro produzido em água salobra em sistema hidropônico NFT**. Anais do II Inovagri International Meeting - 2014. Anais...Fortaleza, Ceará, Brasil: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 2014. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/simposios/221-ii-inovagri-2014/1951-ii-inovagri-2014-a493.html>>

CHEKLI, L. et al. Evaluation of fertilizer-drawn forward osmosis for sustainable agriculture and water reuse in arid regions. **Journal of Environmental Management**, v. 187, p. 137–145, 2017.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA. **Colheita de semente de coentro em Pernambuco**. Petrolina PE: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/noticias/2006/comeca-a-colheita-da-semente-do-coentro>>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **(BRASIL) Resolução CONAMA Nº357, de 17 de março de 2005**. Brasília/DF, 2011.

DUMSCHOTT, K. et al. Post photosynthetic carbon partitioning to sugar alcohols and consequences for plant growth. **Phytochemistry**, v. 144, p. 243–252, 2017.

FEITOSA, F. A. C.; DINIZ, J. A. O. Água subterrânea no cristalino da região semiárida brasileira. **Águas Subterrâneas**, n. 1, p. 1–4, 2011.

FERNANDES, I. L. A. **A importância da hidroponia para o semiárido brasileiro**, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2354>>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **HS Code: 090921 - Spices; coriander seeds, neither crushed nor ground**, 2018. Disponível em: <<https://www.tridge.com/intelligences/coriander/production>>

FU, W.; LI, P.; WU, Y. Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. **Scientia Horticulturae**, v. 135, p. 45–51, 2012.

FURLANI, P. R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 481, p. 777–778, 1999.

GHAMARNIA, H.; DAICHIN, S. Effects of Saline Shallow Groundwater Stress on *Coriander sativum* L. Water Requirement and Other Plant Parameters. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 141, n. 7, p. 04014078, 2015.

GOMES, M. DE M. DE A. et al. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 3, p. 155–161, 2004.

GUEDES, T. A. et al. Qualidade das águas subterrâneas e superficial da comunidade de Barro Vermelho , município de Aurora , Ceará , para fins de irrigação. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 10, n. 3, p. 37–44, 2016.

HOLANDA, J. S. DE et al. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R. et al. (Eds.). . **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza - CE: INCTSal, 2016. p. 35–47.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (BRASIL). **PIB da produção de hortaliças no Estado de São Paulo** *Revista Attalea Agronegócios*, 2017.

LAY-ANG, G. “**Hidroponia**” **Brasil Escola**, 2020. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/hidroponia.htm>>

LIMA, G. S. et al. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 5, p. 854–866, 2014.

LITRE, G. et al. O desafio da comunicação da pesquisa sobre riscos climáticos na agricultura familiar: a experiência de uso de cartilha educativa no Semiárido nordestino. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 40, n. 1, p. 207–228, 2017.

LUCINI, L.; BERNARDO, L. Comparison of proteome response to saline and zinc stress in lettuce. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, 2015.

MACEDO, R. C. Avaliação de continuidade espacial para colonização de plantas C4. **Revista Presença Geográfica**, v. 2, n. 2, p. 46–54, 2015.

MARQUES, F. C.; LORENCETTI, B. L. Avaliação de três cultivares de coentro (*Coriandrum sativum* L.) semeadas em duas épocas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 5, n. 2, p. 265–270, 1999.

MARTINS, J. B. et al. Fluorescence emission and photochemical yield of parsley under saline waters of different cationic nature. **Scientia Horticulturae**, v. 273, p. 109574,

2020.

MATTOS, J. B. et al. Natural and anthropic processes controlling groundwater hydrogeochemistry in a tourist destination in northeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, n. 7, p. 395, 2018.

MELO, R. DE A. et al. Caracterização morfológica de genótipos de coentro. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 3, p. 371–376, 2009.

MOURA, A. R. DE et al. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 345–354, 2016.

Ó, L. M. G. DO et al. Production and quality of mini watermelon under drip irrigation with brackish water. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 3, p. 766–774, 2020.

OLIVEIRA, K. P. DE et al. Efeito da irrigação com água salina na emergência e crescimento inicial de plântulas de coentro cv. Verdão. **Revista Verde**, v. 5, n. 2, p. 201–208, 2010.

OLIVEIRA FILHO, R. A. DE. **Aspectos produtivos da rebrota de cultivares de sorgo irrigados com água salina**. [s.l.] Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, 2016.

PEREIRA, M. F. S. et al. Composição nutricional de cultivares de coentro por ocasião do teste de emergência de plântulas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 5, p. 1–5, 2012.

PETROPOULOS, S. A. et al. Salinity effect on nutritional value, chemical composition and bioactive compounds content of *Cichorium spinosum* L. **Food Chemistry**, v. 214, p. 129–136, 2017.

RABIEI, Z. et al. Physiological and biochemical traits in coriander affected by plant growth-promoting rhizobacteria under salt stress. **Heliyon**, v. 6, n. 10, p. e05321, 2020.

RESH, H. M. **Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower**. 7^o Ed ed. New York: CRC Press, 2016.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** Comissão de Fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999.

SALES, M. A. L. et al. Germinação E Crescimento Inicial Do Coentro Em Substrato Irrigado Com Água Salina. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 9, n. 3, p. 221–227, 2015.

SANTOS, A. N. et al. Lettuce production under NFT and floating using brackish groundwater and the reject from its desalination. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 42, n. 2, p. 319–326, 2011.

SANTOS, A. N. et al. Concentração de nutrientes em tomate cereja sob manejos de aplicação da solução nutritiva com água salobra. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 48, n. 4, p. 576–585, 2017.

SANTOS JÚNIOR, J. A. et al. Water use efficiency of coriander produced in a low-cost hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1152–1158, 2015a.

SANTOS JÚNIOR, J. A. et al. Crescimento do girassol em sistema hidropônico sob estresse salino e densidades de plantio. **IRRIGA**, v. 20, n. 2, p. 233–247, 2015b.

SANTOS JÚNIOR, J. A. et al. 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. et al. Crescimento de girassóis ornamentais sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **IRRIGA**, v. 21, n. 3, p. 591, 2018.

SHARMA, R. .; ISRAEL, S. Effect of date of sowing and level of nitrogen and phosphorus on growth and seed yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). **Indian Journal of Agronomy**, v. 36, n. 2, p. 180–184, 1991.

SILVA, L. M. et al. Avaliação fenológica do coentro (*Coriandrum sativum* L.) em diferentes condições de luminosidade. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 3, p. 1729–1737, 2020.

SILVA, M. G. et al. Produção de coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 4, p. 246–258, 2015a.

SILVA, M. G. DA et al. 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, 2016.

SILVA, M. G. DA et al. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 8, p. 547–552, 2018.

SILVA GONZAGA, M. I. et al. Biochar increases plant water use efficiency and biomass production while reducing Cu concentration in *Brassica juncea* L. in a Cu-contaminated soil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 183, p. 109557, 2019.

SILVA JÚNIOR, L. G. DE A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. DE. Chemical composition of water in the cristalline region of northeast Brazil. **Revista Brasileira de**

Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 3, n. 1, p. 11–17, 1999.

SILVA, M. A. et al. Individual and combined growth-promoting microorganisms affect biomass production, gas exchange and nutrient content in soybean plants. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 3, p. 619–632, 2020.

SILVA, M. G. et al. Intervalos de recirculação de solução nutritiva no cultivo hidropônico de coentro com o uso de água doce e salobra. **Anais do III Inovagri International Meeting - 2015**, p. 60–70, 2015b.

SINGH, S.; RAO, J. Análisis de respuesta de rendimiento-agua-nitrógeno en cilantro. **Anales de la Zona Árida**, v. 33, n. 3, p. 239–243, 1994.

SOUSA, T. V. et al. Maturação fisiológica de sementes de coentro, cultivar Verdão, na região do norte de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 5478–5486, 2011.

SOUZA, C. D. DA S. et al. Nutrient and inorganic solute (Na^+ and Cl^-) content in green onion plants under hydroponic cultivation using brackish water. **Ciência & Agrotecnologia**, n. Experimento II, 2020.

SUZART ALVES, L. et al. Cultivo de manjeriço utilizando efluente doméstico tratado em sistemas hidropônicos sob diferentes espaçamentos entre plantas. **IRRIGA**, v. 24, n. 3, p. 460–472, 2019.

TACO; NEPA. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA/UNICAMP, 2011.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6^a ed. Alemanha: Saraiva, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MAFFEI, M. **Plant physiology**. Piccin, 2013.

TOMAR, S. S. et al. Effect of irrigation and fertility levels on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum*). **Indian Journal of Agronomy**, v. 39, n. 3, p. 442–447, 1994.

TOMBESI, S. et al. Effect of water stress “memory” on plant behavior during subsequent drought stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 150, p. 106–114, 2018.

VASCONCELOS, L. S. B. DE et al. Desenvolvimento de plantas de coentro em função da força iônica da solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 19, n. 1, p. 11–19, 2014.

CAPÍTULO II

**Eficiência fotoquímica e produção do coentro
sob soluções nutritivas preparadas em diferentes águas salobras**

EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA E PRODUÇÃO DO COENTRO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM DIFERENTES ÁGUAS SALOBRAS

RESUMO: A análise da fluorescência da clorofila é uma das formas de se quantificar o dano salino sobre o desempenho fotossintético e a produção das culturas. Então, buscou-se com o presente trabalho avaliar a eficiência fotoquímica e a produção de plantas de coentro, cultivar Verdão, submetidas a soluções nutritivas (1,6; 3,2; 4,8; 6,4 dS m⁻¹) preparadas em águas salobras salinizadas com diferentes sais (NaCl; CaCl₂.2H₂O; MgCl₂.6H₂O). O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 3, com quatro blocos. A estrutura hidropônica utilizada consistiu de tubos de PVC dispostos em estrutura vertical e adotou-se manejo fechado da solução nutritiva com duas circulações diárias, sendo que a reposição do reservatório de solução nutritiva foi efetuada com a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva. O estudo foi realizado em casa de vegetação, entre de novembro e dezembro de 2019 no Laboratório de Fertirrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (8° 01' 07" S e 34° 56' 53" W e 6,5 m de altitude). Analisou-se a fluorescência inicial, máxima, variável e a máxima eficiência fotoquímica, bem como a concentração interna de CO₂, a eficiência instantânea da carboxilação e, também a fotossíntese líquida e seus desdobramentos sobre a produção da massa fresca e seca da parte aérea. Esses dados foram submetidos a análise de variância em nível de 0,05 de probabilidade. Verificou-se que a diferença de intensidade no efeito deletério proporcionado pela prevalência dos diferentes sais foi mais pronunciada com o aumento da concentração de sais na solução nutritiva. Os maiores danos ao processo fotossintético e produtivo foram verificados sob prevalência de Mg²⁺ > Ca²⁺ > Na⁺ na água.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L, cultivo sem solo, salinidade.

PHOTOCHEMICAL EFFICIENCY AND PRODUCTION OF CORIANDER UNDER NUTRITIVE SOLUTIONS PREPARED IN DIFFERENT BRACKISH WATERS

ABSTRACT: The analysis of chlorophyll fluorescence is one of many ways to quantify the saline damage on the photosynthetic performance and crop production. This study aimed to evaluate the photochemical efficiency and the production of coriander plants, cultivar Verdão, exposed to nutrient solutions (1.6; 3.2; 4.8; 6.4 dS m⁻¹) prepared with brackish waters, with high levels of different salts (NaCl; CaCl₂·2H₂O; MgCl₂·6H₂O). A completely randomized design in blocks in a 4 x 3 factorial scheme, with four blocks, was used. The hydroponic structure consisted of PVC pipes arranged in a vertical structure, a closed management for the nutrient solution with two daily circulations and the replacement of the nutrient solution reservoir with the respective brackish water used in the preparation of the nutrient solution. The study was carried out in a greenhouse between November and December 2019 at the Fertigation and Salinity Laboratory of the Agricultural Engineering Department of the Universidade Federal Rural de Pernambuco. The initial, maximum, variable fluorescence, maximum photochemical efficiency, internal CO₂ concentration, instant carboxylation efficiency, net photosynthesis and its consequences on the production of the fresh and dry mass of the aerial part. The data were subjected to analysis of variance at the 0.05 probability level. The difference in intensity in the harmful effect provided by the prevalence of different salts was higher with the increase in the salt concentration in the nutrient solution. The greatest damage to the photosynthetic and productive process was found under the prevalence of Mg²⁺ > Ca²⁺ > Na⁺.

Keywords: *Coriandrum sativum* L, cultivation without soil, salinity.

INTRODUÇÃO

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma hortaliça com alta demanda de consumo principalmente nas regiões do Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil, tendo ampla utilização na culinária (TORRES et al., 2015). Neste sentido, estudos que avaliaram a viabilidade do uso das águas salobras no preparo de soluções nutritivas, visando o cultivo

de hortaliças folhosas, já foram desenvolvidos (BOTREL et al., 2020; CAMPOS JÚNIOR et al., 2018; DALASTRA et al., 2020), porém como foco em técnicas de manejo.

Por outro lado, essas águas salobras apresentam grandes variações na concentração dos sais, nas suas proporções e na predominância dos cátions e ânions dissolvidos (AZEVEDO et al., 2017) o que implica em reações diversas e resultam em desbalanço iônico, afetando diretamente ao desenvolvimento das culturas (GUEDES et al., 2016).

A diminuição da fluorescência da clorofila e da fotossintética líquida em plantas expostas a salinidade tem sido comumente relatada (DA SILVA et al., 2015; MONTEIRO et al., 2018). Dentre outras razões, é reflexo da redução da eficiência do fotossistema II (PSII) e da limitação que impõe a cadeia de transporte de elétrons (PARIHAR et al., 2015), chegando a bloquear ou reduzir a produção de ATP, NADPH₂ e a síntese orgânica (TAIZ et al., 2017).

A análise da fluorescência da clorofila, a concentração interna de CO₂, a eficiência instantânea de carboxilação e a fotossíntese líquida permitem compreender as limitações impostas pela salinidade às trocas gasosas (MARENCO et al., 2014; PEIXOTO et al., 2017) e ao processo fotossintético (CAMPELO et al., 2015; MARTINS et al., 2019) e seus desdobramentos sobre a produção das culturas (ZEGADA-LIZARAZU; LUNA; MONTEIRO, 2015).

Neste sentido, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a produção da cultura do coentro, cultivar verdão, sob a perspectiva da eficiência fotoquímica e de aspectos das trocas gasosas, em plantas expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras com diferentes concentrações e predominâncias catiônicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido entre novembro e dezembro de 2019 em casa de vegetação - tipo arco e com lanternim, no Laboratório Experimental de Fertirrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola - UFRPE, Recife, PE (8° 1'7" de latitude Sul e 34° 56'53" de longitude Oeste, e altitude de 6,5 m).

Dentro do ambiente experimental, os valores médios da umidade relativa e temperatura do ar foram mensurados com termo higrômetro digital durante o período da

pesquisa. Também se monitorou a evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Piché (FERNANDES; FRAGA JÚNIOR; TAKAY, 2011) (Figura 1).

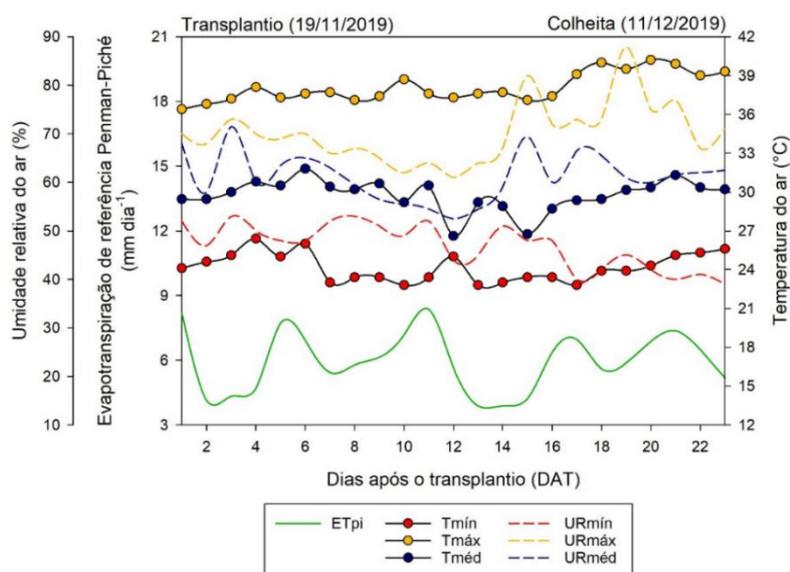


Figura 1. Valores da evapotranspiração de referência de Penman-Piché, da umidade relativa e temperatura do ar durante o período experimental.

Cada bloco experimental consistiu de uma estrutura hidropônica, composta de um suporte de madeira impermeabilizada com tinta a óleo, com dimensões de 2 x 1,40 m, projetado com capacidade de suporte para 12 tubos de PVC de 2 m de comprimento e 100 mm de diâmetro (SANTOS JÚNIOR et al., 2016). Os tubos foram perfurados com circunferência de 60 mm de diâmetro, espaçadas de forma equidistantes a cada 14 cm, considerada o eixo central de cada circunferência, joelhos acoplados da mesma bitola com uma torneira para saída aos reservatórios de água tipo vertedouro de controle de um nível constante de 4 cm de solução nutritiva dentro do tubo, em toda a sua extensão disponibilizando equitativamente a solução e trocas gasosas para todas as plantas.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 4 x 3, com quatro blocos. Os tratamentos consistiram na exposição das plantas a quatro soluções nutritivas ($CE_{sn} = 1,6; 3,2; 4,8; 6,4 \text{ dS m}^{-1}$) preparadas em águas salobras, salinizadas mediante a solubilização de NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ em água de abastecimento ($CE_a = 0,12 \text{ dS m}^{-1}$).

No preparo das águas salobras, 48 reservatórios de 20 litros foram preenchidos com água de abastecimento ($CE_a = 0,12 \text{ dS m}^{-1}$). Então, nos tratamentos à base de NaCl foram solubilizados 0,0; 0,2; 0,041 e 0,061 mmol L^{-1} ; nos tratamentos à base de

CaCl₂.2H₂O foram solubilizados 0,0; 0,009; 0,018 e 0,028 mmol L⁻¹ e nos tratamentos à base de MgCl₂.6H₂O foram solubilizados 0,0; 0,011; 0,022 e 0,032 mmol L⁻¹, sendo estabelecido uma condutividade elétrica das águas salobras de 0,12; 1,72; 3,32 e 4,92 dS m⁻¹ para todas as naturezas catiônicas testadas.

Uma vez preparadas as águas salobras, a cada reservatório foi adicionada a mesma quantidade de fertilizantes, a saber: 15,0 g de nitrato de cálcio, 10,0 g de nitrato de potássio, 8,0 g de sulfato de magnésio + micronutrientes e 3,0 g de fosfato monoamônico (FURLANI, 1999). Esse aporte de fertilizantes promoveu uma solução nutritiva com as seguintes concentrações de nutrientes em mmol L⁻¹: N 13,59; Ca 2,37; K 5,50; P 2,61; S 1,37; Mg 1,48; e em $\mu\text{mol L}^{-1}$: B 180; Cu 30; Fe 180; Mn 140; Mo 8; Zn 90, correspondente a condutividade elétrica de 1,48 dSm⁻¹. Deste modo, obteve-se as seguintes condutividades elétricas da solução nutritiva (CE_{sn}) 1,6; 3,2; 4,8; 6,4 dS m⁻¹ em todas as naturezas catiônicas predominantes testadas.

A cultura utilizada foi o coentro (*Coriandrum sativum* L.) cultivar Verdão. O semeio do coentro foi realizado em copos de plásticos perfurados no fundo e lateralmente com capacidade para 180 mL, utilizando como substrato fibra de coco. Foram colocadas 15 sementes por copo afim de se garantir a germinação. A umidade foi mantida através da pulverização duas vezes por dia de 100 mL de água de abastecimento sobre as mudas até o transplântio para o sistema hidropônico que se deu aos sete dias após o semeio (DAS).

Após o transplântio, deu-se início ao manejo da solução nutritiva que foi caracterizado por duas aplicações diárias de (08:00 horas) e (16:00 horas), de oito litros de solução nutritiva aos tubos. Não obstante, como se utilizou um sistema fechado, o excedente da solução em relação ao nível dentro do tubo retornava ao reservatório de solução via mangueira e o processo se repetia diariamente.

Como o consumo hídrico das plantas reduzia o nível do reservatório, a cada sete dias efetuava-se a reposição do nível utilizando-se a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva. Os valores de condutividade elétrica (CE_{sn}), pH (pH_{sn}), oxigênio dissolvido (OD_{sn}) e temperatura (T_{sn} °C) da solução nutritiva, foram monitorados diariamente. Não se verificou problemas fitossanitários durante a condução experimental.

Aos 30 dias após o semeio (DAS), foi realizada as aferições de fluorescência da clorofila no horário de 08:30 as 15h. As medições foram feitas utilizando o equipamento FluorPen, modelo FP 100 (Photon Systems Instruments) na segunda folha superior

totalmente saudável e expandida. Os cliques utilizados para adaptação ao escuro nas folhas foram postos por 30 min, afim de se promover a oxidação total do elétron no sistema fotossintético de transporte.

Em seguida, a fluorescência inicial (Fo) e a fluorescência máxima (Fm) foram medidas e as seguintes razões foram mensuradas: fluorescência variável (Fv), obtido pela diferença entre fluorescência máxima e fluorescência inicial; eficiência fotoquímica máxima (Fv/Fo); a produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no FSII (Fo/Fm) e a eficiência fotoquímica quântica (Fv/Fm). Optou-se por discutir apenas as relações Fv/Fm; Fo/Fm e Fv/Fo, visto que as mesmas são as mais representativas do estado fotoquímico das folhas ou mesmo indicadores de estresses.

A concentração interna de CO₂ (Ci), fotossíntese líquida (A) e a eficiência instantânea da carboxilação (A/Ci) foram obtidas na mesma data utilizando-se um Analisador Portátil de Gás Infravermelho (IRGA), modelo LICOR Li- 6400.

Também aos 30 DAS, foi realizada a colheita e a aferição de massa fresca da parte aérea (MFPA), da média dos quatro molhos, em balança de precisão. Em seguida as amostras foram alocadas em sacos de papel Kraft e postas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C até se obter peso constante, para a obtenção de massa seca da parte aérea (MSPA). A percentagem de MSPA (%MSPA) foi então mensurada pela relação entre massa seca e fresca da parte aérea conforme equação:

$$\%MSPA = \frac{MSPA}{MFPA} \times 100$$

Na qual:

%MSPA = Percentual de massa seca (%);

MSPA = Massa seca da parte aérea (g molho⁻¹);

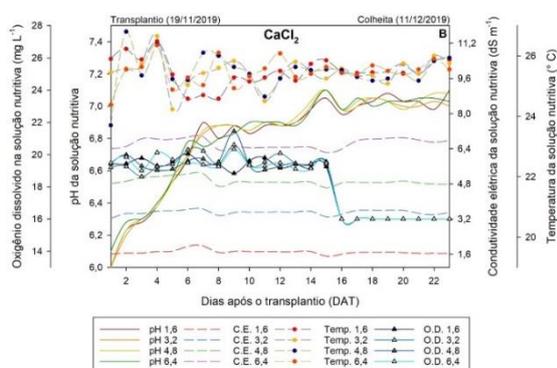
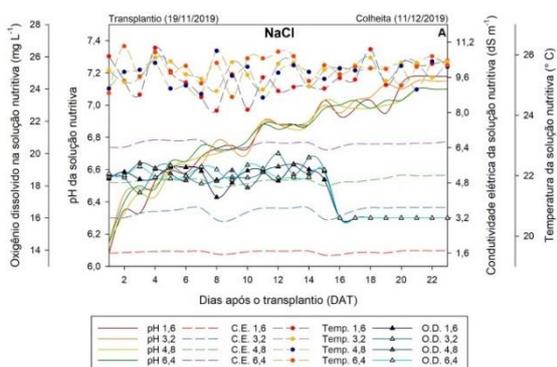
MFPA = Massa fresca da parte aérea (g molho⁻¹);

Os dados obtidos foram analisados com o auxílio do pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Sendo submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando constatados efeitos significativos, à análise de regressão para salinidade da solução nutritiva (fatores quantitativos). As diferentes naturezas catiônicas da água (fatores qualitativos) que apresentaram efeitos significativos, foram comparados por meio do teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A reposição da lâmina evapotranspirada com a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva, implicou no aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sn}) ao longo do ciclo para todas as naturezas catiônicas (Figura 2). O maior incremento verificado foi de 14,8% na CE_{sn} de $3,2 \text{ dS m}^{-1}$ (NaCl) em relação ao valor inicial, por sua vez, o tratamento com CE_{sn} de $6,4 \text{ dS m}^{-1}$ e de natureza catiônica $MgCl_2$ promoveu redução na ordem de 0,5% na CE_{sn} (Figura 2A).

A.



B.

C.

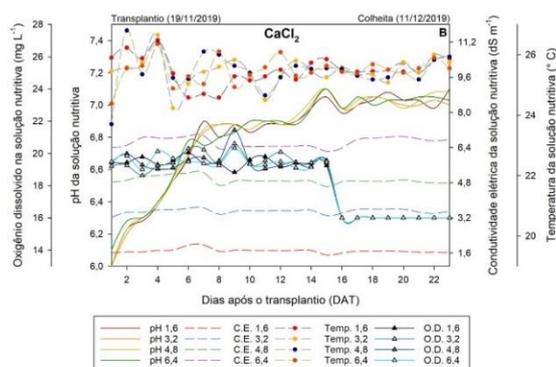


Figura 2. Variação do pH, da condutividade elétrica, da temperatura e oxigênio dissolvido das soluções nutritivas durante o experimento; NaCl (2A), $CaCl_2$ (2B) e $MgCl_2$ (2C).

O pH manteve-se na faixa de tolerância para cultivos hidropônicos (FURLANI, 1999), tendo sido registrado valores na faixa de 6,0 a 7,2 durante todo o ciclo para todos os tratamentos (Figura 2A).

Quanto a temperatura das soluções nutritivas (T_{sn} $^{\circ}\text{C}$) preparadas em águas salinizadas com NaCl verificou-se máxima de $27,7^{\circ}\text{C}$, média de $25,4^{\circ}\text{C}$ e mínima de $23,5^{\circ}\text{C}$ (Figura 2A), enquanto que quando salinizadas com $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ a máxima foi de $27,3^{\circ}\text{C}$, média de $25,5^{\circ}\text{C}$ e a mínima de $22,9^{\circ}\text{C}$ (Figura 2B). Observou-se ainda máxima de $33,8^{\circ}\text{C}$, média de $25,5^{\circ}\text{C}$ e mínima de $23,4^{\circ}\text{C}$ (Figura 2C) quando as águas foram

salinizadas com $MgCl_2 \cdot 6H_2O$. De um modo geral, infere-se que todos tratamentos obtiveram valores de temperatura média e mínima semelhantes.

O oxigênio dissolvido na solução nutritiva (Figuras 2A, 2B e 2C) esteve na faixa de 18 a 20 ppm para todos os tratamentos, sendo verificado uma redução e estabilização continua de 16 ppm a partir dos 16 DAT até a colheita. Niñirola et al. (2014) também observaram menores valores para OD_{sn} no final do ciclo da cultura do coentro, e Mobini et al. (2015) atribuíram essa redução ao aumento do volume de raízes ativas com o crescimento da cultura e, portanto, a maior demanda de oxigênio. Por outro lado, (Silva et al., 2015) obtiveram concentrações médias de 6,11 e 6,3 ppm para os períodos da manhã e tarde, respectivamente, no cultivo do coentro hidropônico e Sutton et al. (2006) sugerem que o valor mínimo recomendado é de 5 ppm, ou seja, valores menores que os verificados no presente trabalho.

A interação entre as fontes de variação influenciou ($p < 0,05$) a fluorescência inicial - F_o , a eficiência máxima do processo fotoquímico no PSII - F_v/F_o , a produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no PSII - F_o/F_m e a produção quântica máxima - F_v/F_m . A fluorescência máxima - F_m e a fluorescência variável - F_v foram afetadas ($p < 0,05$) exclusivamente pela condutividade elétrica da solução nutritiva (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância para fluorescência inicial (F_o), máxima (F_m) e variável (F_v); para a produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no PSII (F_o/F_m), para a eficiência máxima do processo fotoquímico no PSII (F_v/F_o) e para a produção quântica máxima (F_v/F_m) em plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas com diferentes águas salobras.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio					
		F_o	F_m	F_v	F_o/F_m	F_v/F_o	F_v/F_m
CEsn	3	$3,1 \times 10^{7**}$	$1,8 \times 10^{7**}$	$1,0 \times 10^{7**}$	$0,026^{**}$	$8,48^{**}$	$0,03^{**}$
Reg. Linear	1	$8,2 \times 10^{7**}$	$1,9 \times 10^{7**}$	$2,4 \times 10^{7**}$	$1,9 \times 10^{-4ns}$	$24,88^{**}$	$0,07^{**}$
Reg. Quad	1	$1,2 \times 10^{7**}$	$3,3 \times 10^{7**}$	$4,5 \times 10^{7**}$	$0,0006^*$	$0,56^{**}$	$0,005^{**}$
NC	2	$4,4 \times 10^{5**}$	$3,8 \times 10^{6ns}$	$1,9 \times 10^{6ns}$	$0,0004^{ns}$	$0,16^{ns}$	$1,3 \times 10^{-4 ns}$
CEsn x NC	6	$3,6 \times 10^{7**}$	$7,7 \times 10^{5ns}$	$1,3 \times 10^{5ns}$	$0,0002^{**}$	$0,29^{**}$	$5,9 \times 10^{-4 **}$
Blocos	3	$6,0 \times 10^{4ns}$	$3,4 \times 10^{6ns}$	$3,9 \times 10^{6ns}$	$4,0 \times 10^{-4ns}$	$0,19^*$	$4,1 \times 10^{-4ns}$
Resíduo	33	$4,7 \times 10^{4ns}$	$1,5 \times 10^6$	$1,5 \times 10^7$	$1,7 \times 10^{-4}$	0,06	$1,7 \times 10^{-4}$
CV	%	3,19	4,16	5,55	5,58	7,22	1,69

CEsn: condutividade elétrica da solução nutritiva. NC: natureza catiônica. CV: coeficiente de variação. GL: Grau de liberdade. ^{ns}: não significativo; ^{**} e ^{*}: significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Em águas com predominância de NaCl a F_o foi mínima (5544,82 elétrons $quantum^{-1}$) sob CEsn de $5,38 dS m^{-1}$. Também foi mínima (5769,10 elétrons $quantum^{-1}$)

sob CE_{sn} de $5,86 \text{ dS m}^{-1}$ quando houve prevalência de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e, quando houve maior quantidade de $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ na água a fluorescência inicial mínima ($5036,37 \text{ elétrons quantum}^{-1}$) foi estimada para a CE_{sn} de $6,57 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 3A).

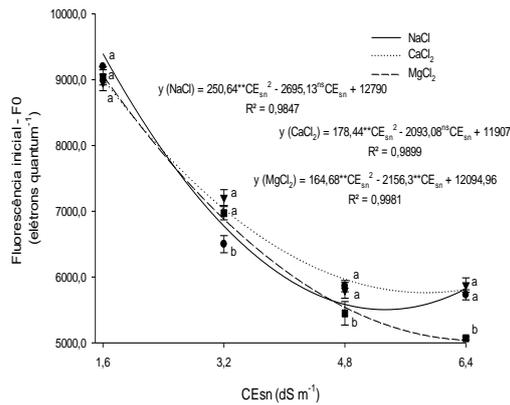
Quando houve maior quantidade de NaCl na água, verificou-se maior ($p < 0,05$) F_o sob as CE_{sn} de $1,6$, $4,8$ e $6,4 \text{ dS m}^{-1}$; a prevalência de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ proporcionou maior ($p < 0,05$) F_o sob as CE_{sn} de $3,2$, $4,8$ e $6,4 \text{ dS m}^{-1}$, bem como constatou-se menor ($p < 0,05$) F_o nas maiores CE_{sn} testadas ($4,8$ e $6,4 \text{ dS m}^{-1}$) quando as plantas foram expostas a presença de $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Figura 3A).

Em suma, a F_o é a fluorescência quando QA (quinona receptora primária de elétrons do PSII) está totalmente oxidada e o centro de reação do PSII está aberto, ou seja, o seu aumento pode ser consequência de danos no centro de reação do PSII ou da redução da capacidade de transferência da energia de excitação da antena para o centro de reação (BAKER, 2008; BAKER; ROSENQVIST, 2004).

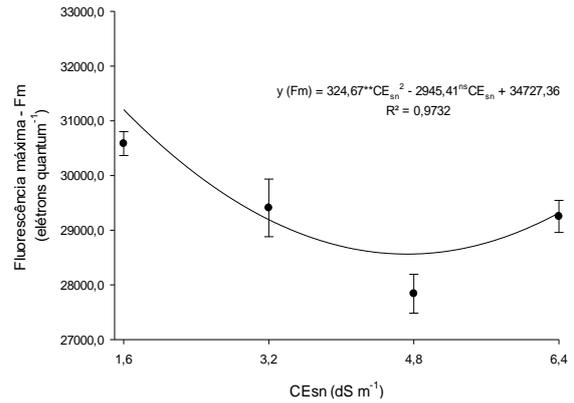
No presente trabalho, os diferentes níveis de limitações impostas a captação de energia quando todos os centros de reação estão abertos – F_o (DA SILVA et al., 2015), observados em função da variação da prevalência catiônica da água, evidenciam como o componente iônico influencia a intensidade dos danos no centro de reação do PSII ou como afeta de maneira diferente a redução da capacidade de transferência da energia da excitação do sistema coletor de luz para o centro de reação.

Diferente do ora constatado, outros autores verificaram aumento na F_o quando expuseram à salinidade plantas de feijão caupi (OLIVEIRA et al., 2018) e de sorgo sacarino (MONTEIRO et al., 2018), todavia, em hortaliças folhosas como a salsa, Martins et al. (2020) verificaram redução na F_o com o aumento da salinidade, indicando tolerância da planta a essa variável.

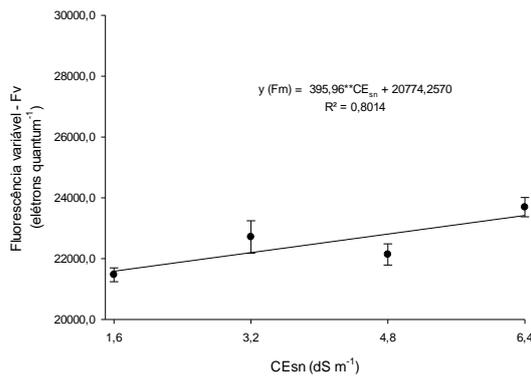
A.



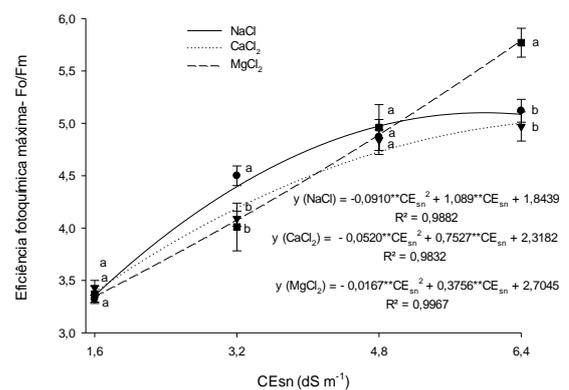
B.



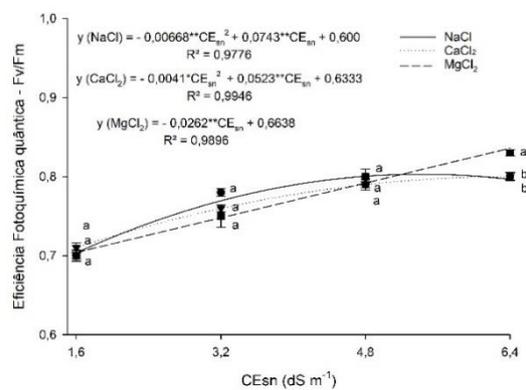
C.



D.



E.



F.

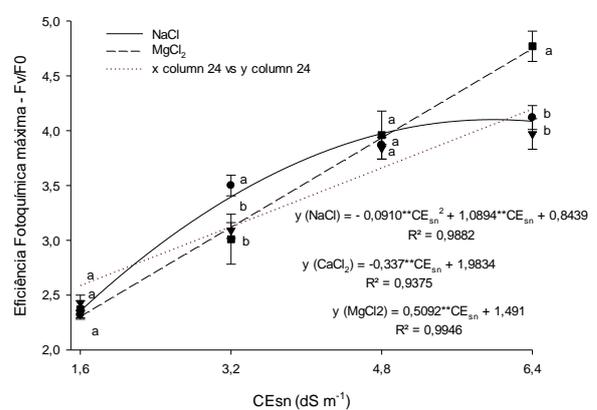


Figura 3. (A) Fluorescência inicial - Fo, (B) máxima - Fm e (C) variável - Fv. (D) Produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no FSII - Fo/Fm, (E) eficiência máxima do processo fotoquímico no FSII - Fv/Fo e (F) produção quântica máxima - Fv/Fm em plantas de coentro expostas a soluções nutritivas

preparadas com diferentes águas salobras. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as naturezas catiônicas dos sais pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

O ponto máximo da fluorescência (Fm) ocorre quando a QA (quinona receptora primária de elétrons do PSII) está reduzida e os centros de reação são incapazes de aumentar as reações fotoquímicas, atingindo sua capacidade máxima (BAKER; ROSENQVIST, 2004). No presente estudo, a Fm foi afetada ($p < 0,05$) de forma relativa pelo aumento da concentração de sais, sendo mínima ($28.047,16$ elétrons quantum^{-1}) na CE_{sn} estimada em $4,53 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 3B) e os ganhos estimados após esta CE_{sn} , podem ser atribuídos a uma compensação do processo fotossintético em busca de aumentar a taxa de assimilação de CO_2 . Neste sentido, em culturas como sorgo (Monteiro et al., 2018) expostas à salinidade, também foram constatadas redução na Fm.

Possivelmente o aumento da concentração de sais na solução nutritiva implicou na inativação do PSII nas membranas dos tilacóides, fato que impõe deficiências ao processo de fotorredução da quinona A. Com o fluxo de elétrons entre os fotossistemas comprometido, a atividade fotoquímica nas folhas também passa a ser limitada, implicando em danos na capacidade da planta em transferir energia para a formação do redutor NADPH, ATP e ferredoxina reduzida, limitando, portanto, a capacidade de assimilação do CO_2 na fase bioquímica da fotossíntese (BAKER, 2008).

A fluorescência variável (Fv) foi incrementada em $395,96$ elétrons quantum^{-1} por cada dS m^{-1} incrementado. Nas plantas expostas a CE_{sn} de $6,4 \text{ dS m}^{-1}$, a Fv estimada foi de $23308,4$ elétrons quantum^{-1} o que representou um ganho de $8,8\%$ quando comparado a Fv das plantas sob CE_{sn} de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 3C). Em híbridos de citrus expostos à salinidade, Silva et al. (2014) também constataram um aumento na expressão da Fv e verificaram que era concomitante ao aumento na taxa de assimilação de CO_2 , estes autores atribuíram estes resultados a uma estabilização do efeito do estresse nesse indivíduo.

A produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no PSII (Fo/Fm) foi reduzida ($p < 0,05$) à razão de $0,182$; $0,104$ e $0,0334$ por cada dS m^{-1} incrementado quando houve prevalência de NaCl; CaCl_2 e MgCl_2 , respectivamente (Figura 3D).

Quanto as naturezas catiônicas, verificou-se que com o aumento da concentração ($6,4 \text{ dS m}^{-1}$) a relação Fo/Fm nas plantas expostas a prevalência de Na^+ e Ca^{2+} foram maiores ($p < 0,05$) que nas plantas sob prevalência de Mg^{2+} (Figura 3D). Neste sentido, a relação Fo/Fm na faixa de $0,14$ a $0,20$ pode ser considerado como normal (ROHÁČEK,

2002) assim como o aumento desta relação pode ser considerado um indicador de estresse.

O F_v/F_m expressa o rendimento quântico dos processos fotoquímicos do PSII, ou seja, a eficiência relativa da captura de energia luminosa pelo PSII sendo, portanto, um indicador do status da cadeia de transporte de elétrons e sua eficácia (GUIDI; LO PICCOLO; LANDI, 2019). No presente trabalho, sob prevalência de NaCl e $CaCl_2$ a relação F_v/F_m foi máxima (0,8) nas CEs_n estimadas em 5,56 e 6,37 dS m⁻¹ respectivamente, por outro lado, foi estimada uma redução por cada dS m⁻¹ incrementado na ordem de 0,0262 quando houve maior quantidade de $MgCl_2$ na água (Figura 3E).

Quanto as naturezas catiônicas, só foi constatada significância ($p < 0,05$) quando houve prevalência de $MgCl_2$ dentro do nível de 6,4 dS m⁻¹. A maior quantidade de Mg^{2+} pode ter resultado em efeitos benéficos na relação F_v/F_m , isso por que o Mg^{2+} participa de diversos processos fisiológicos e bioquímicos, como fotofosforilação, fixação fotossintética de dióxido de carbono e uso de fotoassimilados (HERMANS et al., 2004) além de ser constituinte da molécula de clorofila.

Embora a relação F_v/F_o contenha a mesma informação básica, sua discussão amplifica as pequenas variações detectadas pela razão F_v/F_m , destarte, a relação F_v/F_o pode ser utilizada para detectar mudanças induzidas pelos estresses (LOTFI; GHASSEMI-GOLEZANI; PESSARAKLI, 2020). Quando houve prevalência de NaCl, a relação F_v/F_o foi máxima (4,10) na CEs_n estimada em 5.98 dS m⁻¹ e, sob premência de $CaCl_2$ e $MgCl_2$ o decréscimo da relação F_v/F_o por cada dS m⁻¹ incrementado foi estimado em 0,337 e 0,5092 respectivamente (Figura 3F).

Resultados análogos a este trabalho foram constatados por Martins et al. (2020) quando expuseram plantas de salsa a soluções nutritivas preparadas em águas salobras com prevalência de NaCl, neste experimento os autores verificaram que a relação F_v/F_o foi máxima (3,18) na CEs_n estimada em 5,49 dS m⁻¹.

Quanto a variação das naturezas catiônicas, com o aumento da concentração de sais (6,4 dS m⁻¹) as plantas expostas a prevalência de Mg^{2+} apresentaram uma maior ($p < 0,05$) relação F_v/F_o do que as plantas expostas a prevalência de Ca^{2+} e Na^+ (Figura 3F), como também foi verificado em plantas de salsa por Martins et al. (2020). Os resultados de F_v/F_o ampliaram a discussão da F_v/F_m na qual também se verificou que o aumento da concentração de sais evidenciou as diferenças proporcionadas pelas diferentes naturezas catiônicas sobre a F_v/F_o .

Com exceção da massa seca da parte aérea (MSPA), que foi influenciada ($p < 0,05$) pelas fontes de variação de forma isolada, todas as demais variáveis foram afetadas ($p < 0,05$) pela interação entre CE_{sn} e as naturezas catiônicas testadas.

Tabela 2. Análise de variância para concentração interna de CO_2 (Ci), fotossíntese líquida (A), eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci), massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea e para a porcentagem de massa seca da parte aérea (%MSPA) em plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas com diferentes águas salobras.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio					
		Ci	A	A/Ci	MFPA	MSPA	%MSPA
CEsn	3	7461,74**	388,39**	$8,0 \times 10^{-3**}$	1168,26**	27,76**	43,95**
Reg. Linear	1	725,20**	320,32**	0,016**	2853,08**	57,49**	3,74 ^{ns}
Reg. Quad	1	438,26**	52,49**	0,008**	355,34**	9,54**	25,68**
NC	2	9377,90**	0,297 ^{ns}	$4,6 \times 10^{-4**}$	82,69**	4,95**	25,32**
CEsn x NC	6	1851,98**	0,30**	$3,6 \times 10^{-4**}$	42,84**	0,32 ^{ns}	9,85*
Blocos	3	63,73 ^{ns}	1,92 ^{ns}	$4,1 \times 10^{-5ns}$	29,28 ^{ns}	0,10 ^{ns}	5,84 ^{ns}
Resíduo	33	259,63	256	$5,0 \times 10^{-5}$	11,78	0,14	3,01
CV	%	6,33	12,05	13,00	12,35	11,64	15,38

CEsn: condutividade elétrica da solução nutritiva. NC: natureza catiônica. CV: coeficiente de variação. GL: Grau de liberdade. ^{ns}: não significativo; ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente

A concentração interna de CO_2 foi mínima ($188,76 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) na CEsn estimada em $3,41 \text{ dS m}^{-1}$ assim como, por cada dS m^{-1} incrementado, estimou-se acréscimo na Ci na ordem de 14,715 e $4,77 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ quando houve maior quantidade de $CaCl_2$ e $MgCl_2$ na água, respectivamente (Figura 4A). À medida que a concentração de sais aumentou e chegou até $6,4 \text{ dS m}^{-1}$, o efeito dos diferentes cátions sobre a Ci foi mais pronunciado, de modo que se verificou diferença significativa ($p < 0,05$) entre a Ci verificada sob presença de Na^+ e Mg^{2+} em relação a quando houve prevalência de Ca^{2+} .

A.

B.

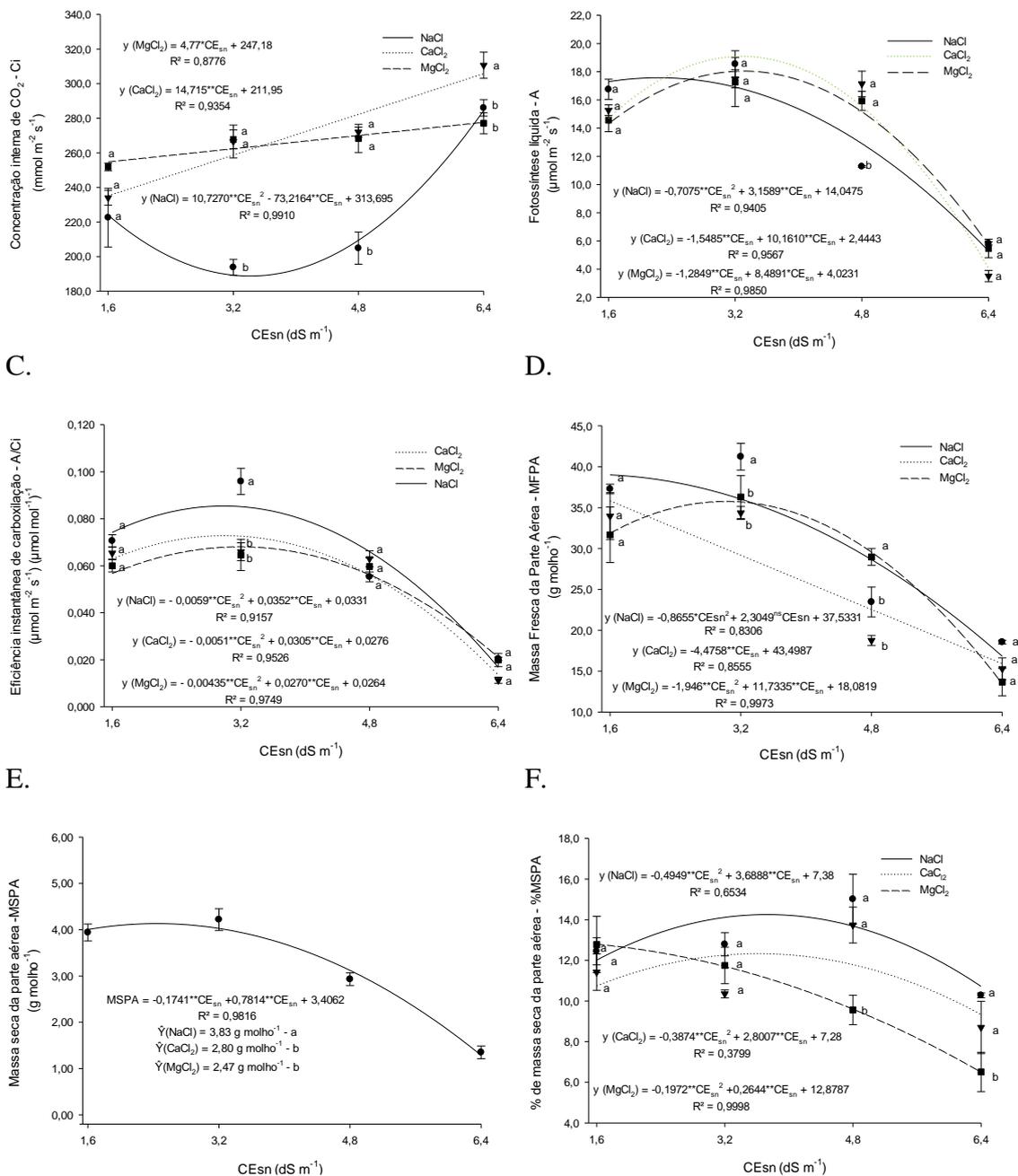


Figura 4. (A) concentração interna de CO₂; (B) fotossíntese líquida, (C) eficiência instantânea de carboxilação, (D) massa fresca e (E) seca da parte aérea; (F) porcentagem de massa seca da parte aérea em plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas com diferentes águas salobras. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as naturezas catiônicas dos sais pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

A fotossíntese líquida - A foi máxima (17,57; 19,11 e 18,04) nas CEsn estimadas em 2.23; 3.28 e 3.30 dS m⁻¹, quando houve prevalência de Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ respectivamente (Figura 4B). A condição hídrica das plantas é um dos fatores fundamentais para a fotossíntese (DA SILVA et al., 2015) e a sua limitação, comum em situações de estresse salino, desencadeiam uma série de ajustes que implicam na redução do suprimento de CO₂ e afetam a fotossíntese líquida (SILVA et al., 2014; TAIZ et al.,

2017), inclusive o aumento na C_i e na F_m verificado nas maiores CEs_n pode ser associado a uma compensação do processo fotossintético em busca de aumentar a taxa de assimilação de CO_2 .

A A/C_i está associada a disponibilidade de ATP, NADPH e do substrato da rubisco para planta, sendo que concentrações mais elevadas de CO_2 , assim como quantidade de luz, temperatura e condições ideais para atividade enzimática são fatores preponderantes para uma elevada eficiência instantânea de carboxilação (DA SILVA et al., 2015). No presente trabalho, a A/C_i foi máxima (0.086; 0.073 e 0.068 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}/\mu\text{mol mol}^{-1}$) nas CEs_n estimadas em 2.98; 2.99 e 3.10 dS m^{-1} quando a água utilizada no preparo da solução nutritiva tinha prevalência de Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , respectivamente (Figura 4C).

A A e a A/C_i não se diferenciaram ($p < 0,05$) em função das naturezas catiônicas com o aumento da concentração (6,4 dS m^{-1}), embora tenha-se constatado intensas reduções após os valores de máximos, possivelmente, por que se as concentrações de CO_2 intercelulares forem reduzidas, a planta utiliza-se do CO_2 derivado da respiração para suplantiar um nível mínimo adequado de A (TAIZ et al., 2017).

Os danos verificados nos centros de reação e as limitações na C_i , na A , na A/C_i e em todo processo fotossintético já discutido, implicaram evidentemente em efeitos negativos na produção de biomassa das plantas (DA SILVA et al., 2015).

Quando houve prevalência de $NaCl$ e $MgCl_2$ na água, a MFPA foi máxima (39,00 e 35,768 g molho^{-1}) nas CEs_n estimadas em 1,60 e 3,014 dS m^{-1} , respectivamente. Não obstante, a cada dS m^{-1} incrementado, a MFPA reduziu 4,475 g molho^{-1} quando houve prevalência de $CaCl_2$ (Figura 4D). Com o aumento da concentração (3,2 e 4,8 dS m^{-1}), as diferenças ($p < 0,05$) entre a MFPA das plantas expostas à predominância de Na^+ e Mg^{2+} em relação àquelas sob prevalência de Ca^{2+} foram evidentes.

Ganhos na produção de biomassa fresca e seca do coentro com o aumento da concentração de sais até um ponto de máximo também foi verificado por Vasconcelos et al. (2014), assim como Martins et al. (2019) também constataram que a prevalência de Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} impactam de modo diferente ($p < 0,05$) a MFPA da salsa com o aumento da concentração.

A MSPA foi máxima (4,28 g molho^{-1}), de forma relativa, na CEs_n estimada em 2,24 dS m^{-1} , destacando-se ($p < 0,05$) os resultados obtidos sob a prevalência de $Na^+ > Ca^{2+} = Mg^{2+}$, sendo que a MSPA observada nas plantas sob prevalência de Na^+ foi

até 1,55 vezes maior que as verificadas em plantas expostas a maior concentração de Mg^{2+} (Figura 4E).

Nesta análise, vale ressaltar que para além do dano associado ao efeito osmótico proporcionado pelo aumento da concentração de sais, inclusive já verificado sobre a MFPA e MSPA de diferentes hortaliças folhosas (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018; MARTINS et al., 2020) e também do coentro (SILVA et al., 2015b), os desdobramentos do componente iônico sobre a intensidade dos danos no centro de reação do PSII associados a minimização da eficiência de carboxilação e fotossíntese líquida, puderam ora ser constatados na produção de biomassa fresca e seca, refletindo-se também no %MSPA.

De pronto, o %MSPA foi máximo (14,25; 12,34 e 12,79%) nas CEsn estimadas em 3,72; 3,61 e 1,6 $dS\ m^{-1}$, sendo que com o aumento da concentração de sais na solução nutritiva (3,2 e 4,8 $dS\ m^{-1}$), o efeito dos diferentes cátions predominantes tornou-se mais pronunciado ($p < 0,05$), na ordem $Na^+ = Ca^{2+} > Mg^{2+}$ (Figura 4F).

CONCLUSÕES

O aumento da concentração de sais implicou em danos aos centros de reação, a eficiência de carboxilação, fotossíntese líquida e, por conseguinte, na produção de biomassa do coentro.

A diferença de intensidade no efeito deletério proporcionada pela prevalência dos diferentes sais foi mais pronunciada com o aumento da concentração de sais na solução nutritiva.

Os maiores danos ao processo fotossintético e produtivo foram verificados sob prevalência de $Mg^{2+} > Ca^{2+} > Na^+$ na água utilizada no preparo da solução nutritiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, P. R. L. et al. Efeito dos sais e da qualidade da água no solo e na planta. **Revista de Agroecologia no Semiárido**, v. 1, n. 1, p. 1–12, 2017.
- BAKER, N. R. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 89–113, 2008.
- BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of**

Experimental Botany, v. 55, n. 403, p. 1607–1621, 2004.

BOTREL, N. et al. Valor nutricional de hortaliças folhosas não convencionais cultivadas no Bioma Cerrado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, p. 1–8, 2020.

CAMPELO, D. DE H. et al. Trocas gasosas e eficiência do fotossistema ii em plantas adultas de seis espécies florestais em função do suprimento de água no solo. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 973–983, 2015.

CAMPOS JÚNIOR, J. E. et al. Rocket production in a low cost hydroponic sistem using brackish water. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 4, p. 1008–1016, 2018.

DALASTRA, C. et al. Head lettuce production and nutrition in relation to nutrient solution flow. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 21–26, 2020.

FERNANDES, A. L. T.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; TAKAY, B. Y. Avaliação do método Penman-Piche para a estimativa da evapotranspiração de referência em Uberaba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 270–276, 2011.

FERREIRA, D. F. A computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039–1042, 2011.

FURLANI, P. R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 481, p. 777–778, 1999.

GUEDES, T. A. et al. Qualidade das águas subterrâneas e superficial da comunidade de Barro Vermelho , município de Aurora , Ceará , para fins de irrigação. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, v. 10, n. 3, p. 37–44, 2016.

GUIDI, L.; LO PICCOLO, E.; LANDI, M. Chlorophyll fluorescence, photoinhibition and abiotic stress: Does it make any difference the fact to be a C3 or C4 species? **Frontiers in Plant Science**, v. 10, n.2, p. 1–11, 2019.

HERMANS, C. et al. Physiological characterisation of magnesium deficiency in sugar beet: acclimation to low magnesium differentially affects photosystems I and II. **Planta**, v. 220, n. 2, p. 344–355, 2004.

HOLANDA, J. S. DE et al. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R. et al. (Eds.). . **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza - CE: INCTSal, 2016. p. 35–47.

LIRA, R. M. DE et al. Watercress and chinese cabbage in a hydroponic system using groundwater. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 4, p. 1038–1047, 2019.

LOTFI, R.; GHASSEMI-GOLEZANI, K.; PESSARAKLI, M. Salicylic acid regulates photosynthetic electron transfer and stomatal conductance of mung bean (*Vigna radiata* L.) under salinity stress. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 26, n. 4, p.

101635, 2020.

MARENCO, R. A. et al. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia : fotossíntese , respiração e relações hídricas. **Ceres**, v. 61, p. 786–799, 2014.

MARTINS, J. B. et al. 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, 2019.

MARTINS, J. B. et al. Fluorescence emission and photochemical yield of parsley under saline waters of different cationic nature. **Scientia Horticulturae**, v. 273, p. 109574, 2020.

MENEZES, S. M. DE et al. Continuous and pulse fertigation on dry matter production and nutrient accumulation in coriander. **DYNA**, v. 87, n. 212, p. 18–25, 2020.

MOBINI, S. H.; ISMAIL, M. R.; AROUIEE, H. The impact of aeration on potato (*Solanum tuberosum* L.) minituber production under soilless conditions. **African Journal of Biotechnology**, v. 14, n. 11, p. 910–921, 2015.

MONTEIRO, D. R. et al. 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.

NIÑIROLA, D. et al. Combined effects of growth cycle and different levels of aeration in nutrient solution on productivity, quality, and shelf life of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) plants. **HortScience**, v. 49, n. 5, p. 567–573, 2014.

OLIVEIRA, W. J. DE et al. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 3, p. 2592–2603, 2018.

PARIHAR, P. et al. 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.

PEIXOTO, W. F. S. et al. Produção de princípios ativos, nutrição mineral e trocas gasosas em salsa (*Petroselinum crispum*) submetidas ao estresse hídrico. **Agrarian Academy, Centro Científico Conhecer**, v. 4, n. 7, p. 368–379, 2017.

ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: The definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetica**, v. 40, n. 1, p. 13–29, 2002.

SANTOS JÚNIOR, J. A. et al. 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.

SILVA, F. G. et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.

19, n. 10, p. 946–952, 2015.

SILVA, L. et al. Evaluation of biomass yield and water treatment in two aquaponic systems using the dynamic root floating technique (DRF). **Sustainability (Switzerland)**, v. 7, n. 11, p. 15384–15399, 2015.

SILVA, L. DE A. et al. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. suppl, p. 1–7, 2014.

SUTTON, J. C. et al. Etiology and epidemiology of Pythium root rot in hydroponic crops: current knowledge and perspectives. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 4, p. 307–321, 2006.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6^a ed. Alemanha: Saraiva, 2017.

TORRES, S. B. et al. Teste de condutividade elétrica na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de coentro. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 46, n. 3, p. 622–629, 2015.

VASCONCELOS, L. S. B. DE et al. Desenvolvimento de plantas de coentro em função da força iônica da solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 19, n. 1, p. 11–19, 2014.

ZEGADA-LIZARAZU, W.; LUNA, D. F.; MONTI, A. Photosynthetic acclimation of sweet sorghum under progressive water stress. **Industrial Crops and Products**, v. 66, p. 216–219, 2015.

CAPÍTULO III

**Relações hídricas e produção do coentro
sob soluções nutritivas preparadas em diferentes águas salobras**

RELAÇÕES HÍDRICAS E PRODUTIVIDADE DO COENTRO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS ARRANJADAS EM DIFERENTES ÁGUAS SALOBRAS

RESUMO: Em regiões sob limitação hídrica, a utilização de processos tecnológicos que viabilizem o uso das águas salobras na agricultura disponíveis é imperativa. Assim sendo, o presente estudo teve como objetivo avaliar a produção de plantas de coentro expostas a soluções nutritivas (1,6; 3,2; 4,8 e 6,4 dS m⁻¹) preparadas em águas salobras, salinizadas com diferentes sais (NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O), sob o viés da análise das relações hídricas. O experimento foi desenvolvido no período de novembro a dezembro de 2019, em ambiente protegido, no Laboratório de Fertirrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 4 x 3, com quatro blocos. Um manejo fechado da solução nutritiva foi adotado com duas circulações manuais e diárias, com reposição do volume evapotranspirado pelas plantas sendo efetuado com a respectiva água salobra. Os dados das variáveis de relações hídricas foram submetidos a análise de variância em nível de 0,05 de probabilidade. Verificou-se que as distintas prevalências catiônicas proporcionaram diferenças no dano provocado pelo aumento da concentração sobre o consumo, a eficiência de uso da água e a produção de massa fresca e seca da parte aérea até o limite de 6,4 dS m⁻¹. O aumento da concentração de sais na água limitou a *gs*, a *E* e o consumo hídrico, cujos desdobramentos foram mensurados na produção de biomassa da parte aérea e da raiz.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L., salinidade, cultivo sem solo, trocas gasosas.

PRODUCTION AND WATER RELATIONS OF CORIANDER UNDER NUTRITIVE SOLUTIONS PREPARED IN DIFERENT BRACKISH WATERS

ABSTRACT: In regions under water limitation, the use of technological processes that make the use of brackish water available in agriculture is imperative. Therefore, the present study aimed to evaluate the production of cilantro plants exposed to nutrient solutions (1.6; 3.2; 4.8 and 6.4 dS m⁻¹) prepared in brackish waters, salinized with different salts (NaCl, CaCl₂.2H₂O and MgCl₂.6H₂O), under the bias of water relations

analysis. The experiment was developed in the period from November to December 2019, in a protected environment, in the Laboratory of Fertigation and Salinity of the Department of Agricultural Engineering of the Federal Rural University of Pernambuco. The experimental design adopted was randomized block design, analyzed in a 4 x 3 factorial scheme, with four blocks. A closed management of the nutrient solution was adopted with two manual and daily circulations, with replacement of the volume evapotranspired by the plants being done with the respective brackish water. The data of the water relations variables were submitted to variance analysis at 0.05 probability level. It was verified that the different cationic prevalences provided differences in the damage caused by the increase of concentration on the consumption, the water use efficiency and the production of fresh and dry mass of the aerial part until the limit of 6.4 dS m⁻¹. The increase of salt concentration in water limited *g_s*, *E* and water consumption, whose unfoldings were measured in the production of biomass of the aerial part and root.

Keywords: *Coriandrum sativum* L., salinity, cultivation without soil, gas exchange.

INTRODUÇÃO

Embora envolva certos riscos, o aproveitamento agrícola de águas salobras em regiões sob escassez de recursos hídricos é fundamental para o desenvolvimento econômico e social, especialmente em comunidades difusas. Notadamente na região do semiárido brasileiro, essas águas salobras são compostas em sua maioria por ânions de carbonatos, sulfatos e bicarbonatos e cátions de sódio, cálcio e magnésio (AMINI et al., 2016).

De um modo geral, aspectos como a concentração, a natureza e a proporção iônica que caracterizam essas águas salobras fazem com que o seu uso no preparo de soluções nutritivas resulte em alterações no equilíbrio iônico, podendo ocasionar reações de precipitação de sais, interações antagônicas entre íons durante a absorção pelas raízes e alterações no pH da solução (DOS SANTOS et al., 2017).

Em cultivos hidropônicos, devido à ausência de solo, o potencial matricial tende a ser nulo e, dessa forma, o potencial total é altamente influenciado pelo componente osmótico (SANTOS JÚNIOR et al., 2015b). Assim sendo, a composição iônica das águas salobras e as reações químicas na presença dos fertilizantes da solução nutritiva podem

afetar as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, em especial das hortaliças, promovendo redução no crescimento e, conseqüentemente, na produção destas culturas (DEINLEIN et al., 2014; SECCO et al., 2010; TORRES et al., 2014), efeitos estres que podem ser agravados, inclusive, com o aumento da concentração (AHMADI; SOURI, 2018).

Por outro lado, a viabilidade do uso de águas salobras no preparo de soluções nutritivas visando o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas como o coentro (SILVA et al., 2018), a salsa (MARTINS, 2019), a alface (SOARES et al., 2019), a rúcula (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018a) dentre outras, já foi testada com sucesso, inclusive com a utilização de técnicas de manejo da solução nutritiva visando mitigar o dano salino, a exemplo da mescla de água no preparo e reposição da solução nutritiva, manejo da frequência e vazão de aplicação da solução nutritiva (SILVA et al., 2015a, 2016; SOARES et al., 2019) entre outras.

Neste sentido, a análise do impacto da predominância iônica dos sais contidos na água salobra e seus desdobramentos com o aumento da concentração, notadamente, por ocasião do preparo e manejo da solução nutritiva, sobre a produção e as relações hídricas de hortaliças folhosas, são fundamentais para se avaliar os danos causados pelos diferentes aspectos das águas salobras sobre as plantas em condições hidropônicas (MARTINS et al., 2020).

De um modo geral, as plantas apresentam mecanismos de tolerância a salinidade que são determinados pela presença de diversas vias bioquímicas as quais evitam, principalmente, a entrada de íons nocivos, sua extrusão, absorção e retenção acelerada de água, homeostase iônica e proteção do cloroplasto, possibilitando a ocorrência da manutenção hídrica da planta (AHMADI; SOURI, 2018).

É evidente que o aumento da salinidade implica na redução da produção de massa fresca e seca dos molhos, no consumo hídrico, na condutância estomática, na transpiração entre outros aspectos das relações hídricas (SILVA et al., 2016), no entanto alguns autores (DA SILVA et al., 2020b; GHAMARNIA; DAICHIN, 2015; SANTOS JÚNIOR et al., 2015a) mencionam que variáveis como o teor de água na parte aérea (TACO, 2011) e a eficiência de uso da água, a qual reduz com níveis mais elevados de salinidade, tem estado dentro do recomendável e também tem constatado a ausência de sintomas deletérios que comprometessem o produto final (CAZUZA NETO et al., 2014). Também se tem verificado resultados de até 5,9 kg m⁻² em condições hidropônicas, mesmo sob uso de águas salobras (SANTOS JÚNIOR et al., 2015a).

Diante do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a produção de plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras, salinizadas com diferentes sais (NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O) sob o viés das relações hídricas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido entre novembro e dezembro de 2019 em ambiente protegido no Laboratório Experimental de Fertirrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola - UFRPE, Recife, PE (8°1'7" Sul e 34°56'53" Oeste, altitude de 6,5 m).

Dentro do ambiente experimental, os valores médios da umidade relativa e temperatura do ar foram mensurados com termo higrômetro digital durante o período da pesquisa. Também se monitorou a evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Piché (Figura 1) (FERNANDES; FRAGA JÚNIOR; TAKAY, 2011).

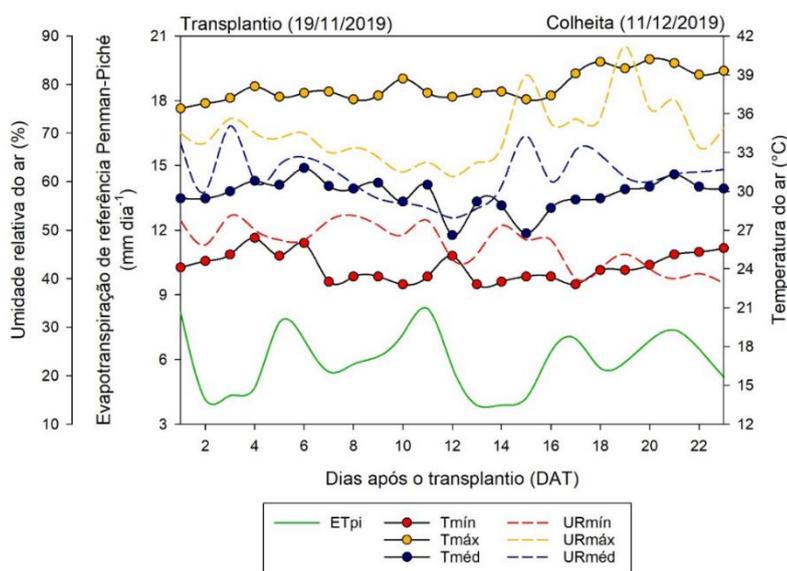


Figura 1. Valores da evapotranspiração de referência de Penman-Piché, da umidade relativa e temperatura do ar durante o período experimental.

Cada bloco experimental consistiu de uma estrutura hidropônica, constituída de um suporte de madeira impermeabilizada com tinta a óleo, com dimensões de 2 x 1,40 m,

projetado com capacidade de suporte para doze tubos de PVC de dois metros de comprimento e 100 mm de diâmetro (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

Nestes tubos foram perfuradas “células” circulares de 60 mm de diâmetro, espaçadas de forma equidistantes a cada 14 cm, considerando-se o eixo central de cada célula. Foram acoplados aos tubos, joelhos de mesma bitola e a estes uma torneira para saída de água, num sistema “tipo vertedouro” para induzir a existência de um nível constante de 0,04 m de solução nutritiva dentro do tubo, em toda a sua extensão, disponibilizando equitativamente a solução para todas as plantas.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 4 x 3, com quatro blocos. Os tratamentos consistiram na exposição das plantas a quatro soluções nutritivas ($CE_{sn} = 1,6; 3,2; 4,8; 6,4 \text{ dS m}^{-1}$) preparadas em águas salobras, salinizadas mediante a solubilização de NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ em água de abastecimento ($CE_a = 0,12 \text{ dS m}^{-1}$).

No preparo das águas salobras foram utilizados quarenta e oito reservatórios – cada um conectado a um tubo, bem como foram utilizados vinte litros de água de abastecimento da UFRPE ($CE_a = 0,12 \text{ dS m}^{-1}$) por sistema tubo-reservatório. Então, nos tratamentos à base de NaCl foram solubilizados 0,0; 0,2; 0,041 e 0,061 mmol L^{-1} ; nos tratamentos à base de $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ foram solubilizados 0,0; 0,009; 0,018 e 0,028 mmol L^{-1} e nos tratamentos à base de $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ foram solubilizados 0,0; 0,011; 0,022 e 0,032 mmol L^{-1} , sendo estabelecido uma condutividade elétrica das águas salobras de 0,12; 1,72; 3,32 e 4,92 dS m^{-1} para todas as naturezas catiônicas testadas.

Uma vez preparadas as águas salobras, a cada sistema tubo-reservatório foi adicionada a mesma quantidade de fertilizantes, a saber: 15,0 g de nitrato de cálcio; 10,0 g de nitrato de potássio; 8,0 g de sulfato de magnésio + micronutrientes e 3,0 g de fosfato monoamônico. Esse aporte de fertilizantes promoveu uma solução nutritiva com as seguintes concentrações de nutrientes em mmol L^{-1} : 13,59 de N; 2,37 de Ca; 5,50 de K; 2,61 de P; 1,37 de S; 1,48 de Mg; e em $\mu\text{mol L}^{-1}$: 180 de B; 30 de Cu; 180 de Fe; 140 de Mn; 8 de Mo; 90 de Zn, correspondente a condutividade elétrica de 1,48 dSm^{-1} . Deste modo, obteve-se as seguintes condutividades elétricas da solução nutritiva (CE_{sn}) 1,6; 3,2; 4,8; 6,4 dS m^{-1} em todas as naturezas catiônicas predominantes testadas.

A cultura utilizada foi o coentro (*Coriandrum sativum* L.) cultivar verdão. O semeio do coentro foi realizado em copos de plástico com pequenos furos no fundo e lateral, com capacidade para 180 mL, utilizando como substrato a fibra de coco. Foram colocadas 15 sementes por copo afim de se garantir a germinação. A umidade foi mantida

através da pulverização duas vezes por dia de 100 mL de água de abastecimento sobre as mudas até o transplântio para o sistema hidropônico, o que se deu aos sete dias após o semeio (DAS).

Após o transplântio, deu-se início ao manejo da solução nutritiva que foi caracterizado por duas aplicações diárias - pela manhã (08:00 horas) e a tarde (16:00 horas), de oito litros de solução nutritiva aos tubos. Não obstante, como se utilizou um sistema fechado, o excedente da solução em relação ao nível dentro do tubo retornava ao reservatório via mangueira e o processo se repetia diariamente.

Como o consumo hídrico das plantas reduzia o nível do reservatório, a cada sete dias efetuava-se a reposição deste nível utilizando-se a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva. Os valores de condutividade elétrica (CE_{sn}), pH (pH_{sn}), oxigênio dissolvido (OD_{sn}) e temperatura (T_{sn} °C) da solução nutritiva, foram monitorados diariamente. Não se verificou problemas fitossanitários durante a condução do experimental.

Durante o período de cultivo, diariamente e até os 30 dias após o semeio - DAS, foi medido o consumo hídrico (CH) dos molhos de plantas, calculado pela razão entre o volume de solução nutritiva evapotranspirado e o número de molhos na calha.

Aos 30 DAS, ainda se avaliou massa fresca total (MFT), da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR), equivalente à média dos quatro molhos, em balança de precisão. Em seguida, as amostras foram acondicionadas, separadamente, em sacos de papel Kraft, devidamente identificados e postas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C até se obter peso constante, para a obtenção da massa seca total (MST), da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR). De posse dos resultados obtidos, foram calculados o teor de água na parte aérea (%TAPA) e na raiz (%TAR), ou seja, [%TA = (massa fresca-massa seca) / (massa fresca) x100].

De posse dos resultados de MFPA e CH estimou-se a eficiência do uso da água (EUA-MFPA), em que [EUA-MFPA (g L⁻¹) = MFPA (g)/CH(L)]. A condutância estomática - gs (mmol H₂O m⁻²s⁻¹); transpiração - E (mmol H₂O m⁻² s⁻¹); eficiência intrínseca de uso da água - A/gs [(μmol m⁻² s⁻¹)/(mmol H₂O m⁻² s⁻¹)] e a eficiência instantânea de uso da água - A/E [(μmol m⁻² s⁻¹)/(mmol H₂O m⁻² s⁻¹)] foram obtidas na mesma data utilizando-se um Analisador Portátil de Gás Infravermelho (IRGA), modelo LICOR Li- 6400.

A área foliar (AF) foi obtida através do método dos discos foliares, em que estes foram retirados com o auxílio de um vazador com área conhecida. As folhas frescas foram

pesadas e, em seguida, destacaram-se discos que foram imediatamente pesados individualmente em balança analítica. A área foliar foi estimada segundo a Equação: $[AF=(Ad \times (Pd + Pf))/Pd]$, em que: AF = Área foliar (cm²); Ad = Área do disco (cm²); Pd = Peso do disco (g); Pf = Peso da folha (g).

A suculência foliar (SF) foi calculada segundo Mantovani (1999), através da equação: $[SF = (MFPA - MSPA)/AF]$, em que: SF = Suculência foliar (g H₂O cm⁻²); MFPA = Massa fresca da parte aérea (g molho⁻¹); MSPA = Massa seca da parte aérea (g molho⁻¹); AF = Área foliar (cm²).

Os dados obtidos foram analisados com o auxílio do pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), sendo submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando constatados efeito significativo, à análise de regressão para salinidade da solução nutritiva (fatores quantitativos). As diferentes naturezas catiônicas da água (fatores qualitativos) que apresentaram efeitos significativos, foram comparados por meio do teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos valores iniciais, se verificou aumento na condutividade elétrica de todas as soluções nutritivas (CE_{sn}), em todas as predominâncias catiônicas testadas, principalmente nos níveis superiores a CE_{sn} de 3,2 dS m⁻¹, com máximo aumento constatado de 14,8% em relação a CE_{sn} inicial para a solução com predominância de NaCl na CE_{sn} de 3,2 dS m⁻¹ (Figura 2). Como a reposição do volume evapotranspirado foi efetuado com a respectiva água salobra, o aumento constatado pode ser atribuído a esse aporte de sais, como já foi verificado em outros trabalhos (MARTINS et al., 2019) em que também se adotou esta estratégia de manejo da solução nutritiva.

A variação do pH esteve na faixa entre 6,0 e 7,2 em todos os tratamentos, permanecendo dentro do recomendado (FURLANI, 1999) para a maioria das culturas cultivadas em sistemas hidropônicos (Figura 2).

Verificou-se tendência semelhante da temperatura da solução nutritiva para todas as predominâncias iônicas e concentrações testadas, sendo a temperatura média, máxima e mínima de 32,3; 33,7 e 29,2 °C durante o período experimental (Figura 2). No geral, temperatura da solução nutritiva na faixa entre 20 e 30 °C são consideradas adequadas para o crescimento das plantas (HE et al., 2019).

O oxigênio dissolvido variou entre 15,3 e 21,2 em todos os tratamentos até o 16º dia de transplante em que permaneceu constante em 16 ppm até o final do ciclo experimental (Figura 2). Tal redução pode ser explicada devido ao aumento do volume das raízes, conseqüentemente, maior demanda por oxigênio (DA SILVA et al., 2020b).

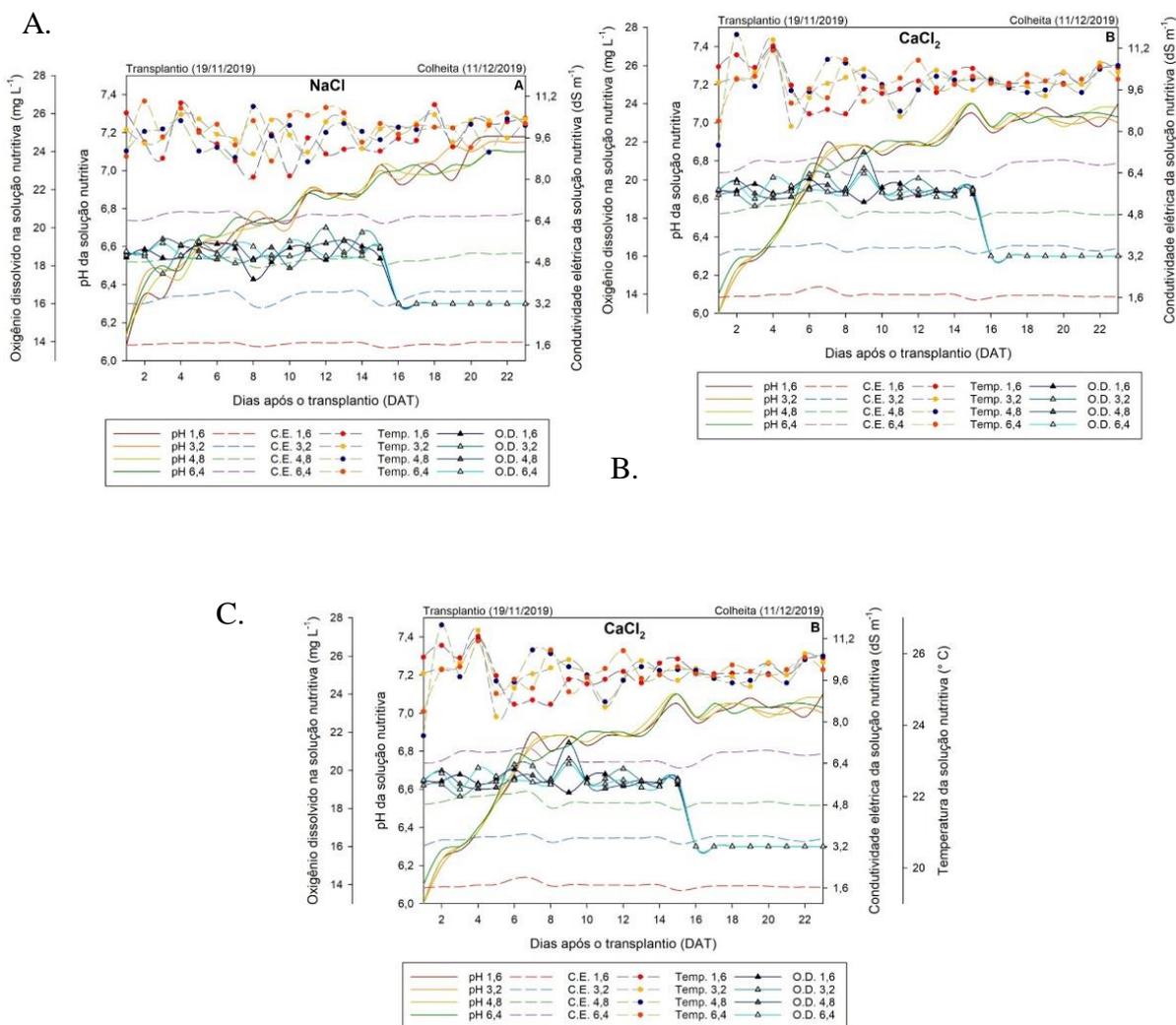


Figura 2. Valores médios da condutividade elétrica, pH, temperatura e oxigênio dissolvido da solução nutritiva para plantas de coentro cultivados em sistema hidropônico; NaCl (2A), CaCl₂ (2B) e MgCl₂ (2C).

Houve efeito significativo da interação entre os tratamentos para o consumo hídrico (CH) e eficiência de uso da água (EUA). De modo isolado, a CEs_n e a NC foram significativos (0,01 < p) para eficiência intrínseca de uso da água (A/g_s), condutância estomática (g_s) e área foliar (AF). A eficiência instantânea de uso da água (A/E), transpiração (E) e suculência foliar (SF) sofreram influência apenas da condutividade elétrica da solução nutritiva (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância para o *gs*, *E*, *CH*, *EUA*, *A/g_s*, *A/E*, *SF*, e *AF* de plantas de coentro submetidas a soluções salinas de diferentes naturezas catiônicas.

FV	GL	Quadrados Médios							
		<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>CH</i>	<i>EUA</i>	<i>A/g_s</i>	<i>A/E</i>	<i>SF</i>	<i>AF</i>
CE _{sn}	3	0,0099**	2,42**	0,0591**	1609,9**	8655,3**	14,7**	8,90*	5,75**
R Linear	1	0,0295**	5,46**	0,1617**	3451,2**	10052,6**	24,7**	19,0**	14,9**
R Quadr	1	0,0002 ^{ns}	1,56*	0,0006 ^{ns}	1079,4**	15797,8**	19,2**	5,49 ^{ns}	1,05*
NC	2	0,0072**	0,44 ^{ns}	0,0049**	92,2*	1727,3**	0,32 ^{ns}	6,47 ^{ns}	0,54**
Bloco	3	0,0020*	2,56**	0,0004 ^{ns}	74,5*	569,1 ^{ns}	1,27**	5,01 ^{ns}	0,23*
CE _{sn} xNC	6	0,0012 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,0033**	66,7*	299,0 ^{ns}	0,64 ^{ns}	5,56 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Erro	33	0,0006	0,29	0,0004	22,3	270,8	0,28	2,42	0,08
CV	%	13,54	12,41	3,29	10,97	22,66	17,65	18,13	9,86

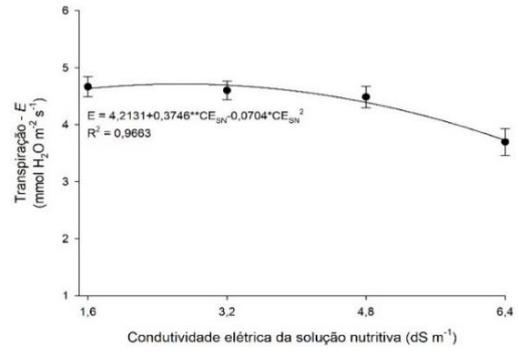
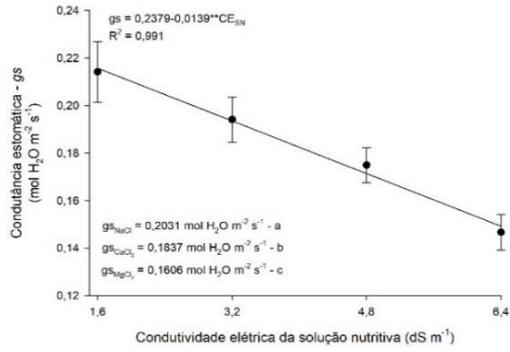
FV: fonte de variação. CE_{sn}: condutividade elétrica da solução nutritiva. NC: natureza catiônica. CV: coeficiente de variação. GL: Grau de liberdade. ^{ns}: não significativo; ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente

A *gs* decresceu de forma linear ($p < 0,05$) com o aumento da CE_{sn}, variando 31,52% quando se comparou os resultados verificados nas plantas expostas a CE_{sn} de 1,6 e 6,4 dS m⁻¹ o que, em outra análise, implicou em um decréscimo de 5,84% por dS m⁻¹ incrementado, dentro do intervalo de CE_{sn} testado (Figura 3A). A *gs* também foi influenciada ($p < 0,05$) pela predominância catiônica da água, sendo maior sob prevalência de Na⁺ > Ca²⁺ > Mg²⁺, de modo que a *gs* das plantas expostas a maior concentração de NaCl foi 1,08 e 1,27 vezes maior que a média verificada sob CaCl₂ e MgCl₂, respectivamente.

A transpiração '*E*' relativa das plantas foi máxima (4,71 mmol H₂O m⁻² s⁻¹) na CE_{sn} estimada em 2,66 dS m⁻¹ (Figura 3B). O decréscimo da *gs* em função do aumento da concentração pode ser compreendida como um mecanismo de tolerância das plantas à salinidade, ou seja, em plantas sob CE_{sn} maiores que 2,66 dS m⁻¹ houve maior tendência a regulação da entrada de água e íons pelas raízes e a sua respectiva condução até a parte aérea pela redução da taxa de transpiração e a limitação do fluxo de água por ela provocado.

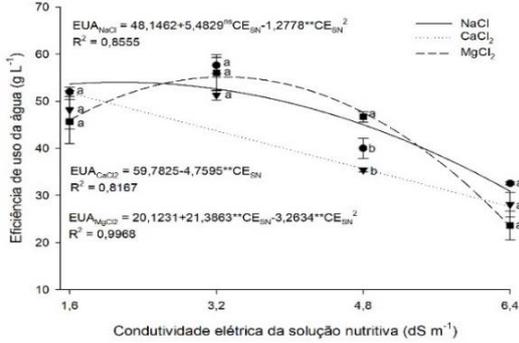
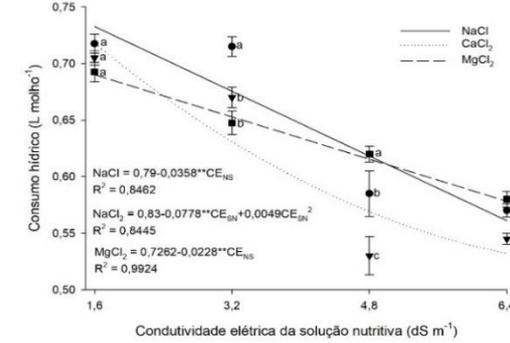
A.

B.



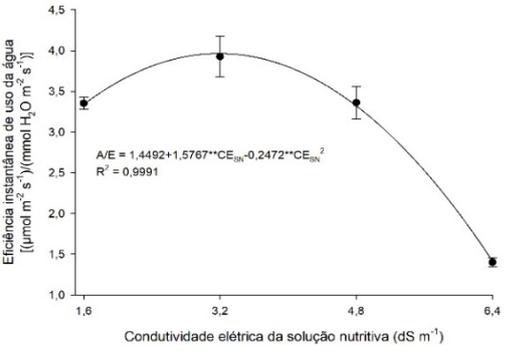
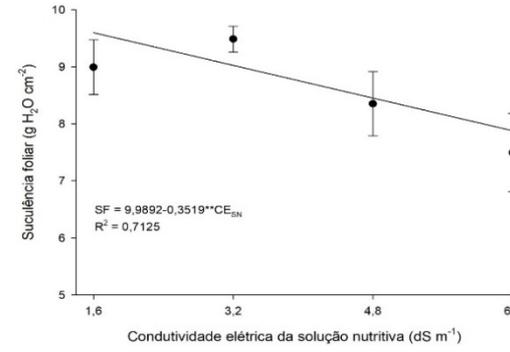
C.

D.



E.

F.



G.

H.

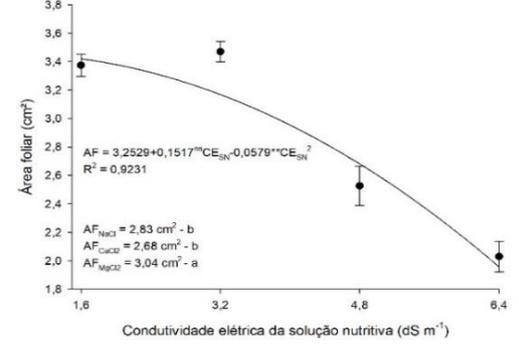
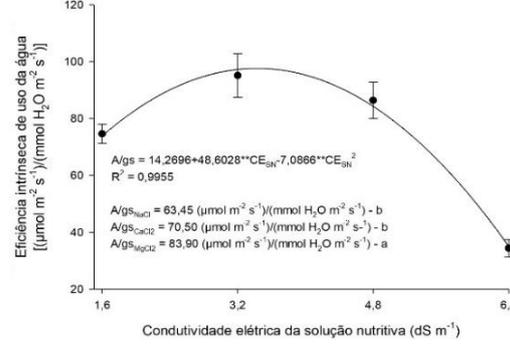


Figura 3. Condutância estomática (A), transpiração (B), consumo hídrico (C), eficiência de uso da água (D), eficiência intrínseca de uso da água (E), eficiência instantânea de uso da água (F), suculência foliar (G) e área foliar (H) de plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas com diferentes águas salobras. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as naturezas catiônicas dos sais pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

A redução na *gs* e na *E* ora verificada e também constatada por outros autores (BASÍLIO GUIMARÃES et al., 2019; CAVALCANTE et al., 2019), se refletiu também no consumo hídrico das plantas (Figura 3C). Constatou-se, após análise do desdobramento, decréscimos de 4,53 e 3,14% a cada dS m^{-1} incrementado, quando houve prevalência de NaCl e MgCl_2 , respectivamente, bem como estimou-se um consumo hídrico máximo ($0,72 \text{ L molho}^{-1}$) sob a CEs_n de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$, sob preponderância de CaCl_2 na água (Figura 3C).

Quando se comparou o efeito da prevalência catiônica dentro de cada CEs_n, notou-se que, sob as CEs_n de 3,2 e $4,8 \text{ dS m}^{-1}$, as maiores médias de consumo hídrico ($0,67$ e $0,62 \text{ L molho}^{-1}$, respectivamente) foram estimadas ($p < 0,05$) em plantas expostas a predominância de NaCl na água. Por outro lado, quando se considera a prevalência de CaCl_2 e MgCl_2 o consumo hídrico é equivalente ($0,67 \text{ L molho}^{-1}$) sob a CEs_n de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, assim como sob a CEs_n de $4,9 \text{ dS m}^{-1}$, se contabilizou consumo hídrico semelhante ($0,61 \text{ L molho}^{-1}$) nas plantas sob predominância de NaCl e MgCl_2 na água (Figura 3C).

A relação entre o aumento da concentração (NaCl) da solução nutritiva e a redução do consumo hídrico em plantas de coentro já foi constatada outros autores (Silva et al., 2018), inclusive por Cazusa Neto et al. (2014) em sistema NFT e por Silva et al. (2016) em sistema DFT. Por outro lado, em estudos com a salsa, Martins et al. (2020) constataram que, no mesmo intervalo de concentração, a redução do consumo hídrico se dá de maneira diferente, quando se varia a prevalência catiônica da água utilizada no preparo da solução nutritiva.

A quantidade, em gramas de MFPA produzida pelo respectivo consumo hídrico, a EUA-MFPA, foi máxima ($54,03$ e $55,16 \text{ g L}^{-1}$) quando houve prevalência de NaCl e MgCl_2 na água, nas CEs_n estimadas de $2,14$ e $3,28 \text{ dS m}^{-1}$, assim como reduziu em 7,96% por cada dS m^{-1} incrementado, sob maior preponderância de CaCl_2 na água, sendo estimado uma redução de 41,69% quando se comparou a EUA-MFPA das plantas sob $1,6$ e $6,4 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 3D).

Especificamente sob a concentração correspondente a CEs_n de $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ notou-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre a EUA-MFPA das plantas expostas a prevalências catiônicas da água, $\text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ = \text{Ca}^{2+}$, o que não foi percebido nas demais CEs_n testadas. Estes resultados associados ao Mg^{2+} podem estar relacionados ao fato deste ser parte integrante da molécula de clorofila e ativador de enzimas chave envolvidas na fixação do CO_2 , além de participar dos processos de fotossíntese, respiração, síntese

de compostos orgânicos, absorção iônica (ZANANDREA et al., 2014) entre outros processos.

Em outra análise, verifica-se que as plantas expostas a predominância dos bivalentes CaCl_2 e MgCl_2 na água, apresentaram a mesma EUA-MFPA (50,09 e 31,31 g L^{-1}) em dois níveis de concentração (2,03 e 5,98 dS m^{-1} , respectivamente), o mesmo se verificou (53,75 e 40,59 g L^{-1}) sob predominância de NaCl e MgCl_2 (2,62 e 5,39 dS m^{-1} , respectivamente). As diferenças ($p < 0,05$) constatadas com o aumento da concentração, dentro do intervalo de CEs_n proposto, se maximizaram com o aumento da concentração até que foram minimizadas ($p > 0,05$) na CEs_n de 6,4 dS m^{-1} tanto no consumo hídrico, quanto na EUA-MFPA.

Ainda sob a perspectiva da eficiência de uso da água, em uma análise relativa, a A/g_s e a A/E foram máximas (97,60 e 3,96 [$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$]/($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)) sob as CEs_n estimadas em 3,43 e 3,19 dS m^{-1} , respectivamente (Figura 3E e 3F). A tendência de apresentar um ponto de máximo verificada tanto na EUA-MFPA, como na A/g_s e na A/E sugere que houve um limite de tolerância a partir do qual foram desencadeadas outras estratégias de gestão hídrica, dentre elas a limitação na g_s e E , o que explica as reduções constatadas sobre o consumo e a eficiência de uso da água pelas plantas, como também já verificado por outros autores (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018a; FREIRE et al., 2014).

Por outro lado, a distinção ($p < 0,05$) entre a A/g_s das plantas expostas a diferentes prevalências catiônicas na água $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} = \text{Na}^+$, evidenciam não só a participação do Mg^{2+} no processo fotossintético (DOS SANTOS et al., 2019), mas, também, sobre a sua influência sobre a eficiência hídrica em cujos resultados se constatou tendência análoga.

Esse limite de tolerância pode ainda ser ratificado pela redução relativa de 0,3519 $\text{g H}_2\text{O cm}^{-2}$, ou seja, 3,52% por cada dS m^{-1} incrementado do conteúdo de água por cm^2 de água foliar, a suculência foliar – SF (Figura 3G). Não obstante, a AF também foi afetada pelo aumento da CEs_n, sendo máxima (3,35 cm^2) na CEs_n estimada em 1,6 dS m^{-1} , ou seja, a redução na suculência foliar pode ser associada a não regulação da concentração de sais nos tecidos foliares, o que também afetou a AF, sendo possível inferir que o processo de aclimatação foi comprometido (Mohammadipour; Souri, 2019). O dano sobre a AF atribuído ao aumento da concentração de sais já foi verificado por (Rebouças et al. (2013) em plantas de coentro, assim como Cruz et al. (2018), relataram redução na SF de plantas de couve-flor cultivado hidroponicamente com águas salobras.

Vale ressaltar que a prevalência catiônica influenciou ($p < 0,05$) a intensidade do dano sobre a AF que pode ser atribuído à salinidade. Plantas expostas a predominância

de $Mg^{2+} > Na^+ = Ca^{2+}$ apresentaram maior ($p < 0,05$) AF, o que corrobora com os resultados de EUA-MFPA e A/gs, os quais podem ser associados ao papel do Mg^{2+} no processo de fixação de CO_2 (MARTINS et al., 2019).

A interação entre os tratamentos influenciou significativamente ($p < 0,01$) a produção de massa fresca total (MFT) e da parte aérea (MFPA). De modo isolado a CESn influenciou todas as variáveis analisadas, assim como as prevalências catiônicas da água que só não influenciaram a MFR e a MSR (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para MFT, MST, MFPA, MSPA, MFR, MSR, de plantas de coentro cultivadas em sistema hidropônico com soluções salinas de diferentes naturezas catiônicas.

FV	GL	Quadrados Médios					
		MFT	MST	MFPA	MSPA	MFR	MSR
CE _{sn}	3	1357,7**	25,7**	1168,3**	22,8**	7,36**	0,09**
R Linear	1	3354,0**	64,7**	2853,1**	57,5**	20,2**	0,21**
R Quadrático	1	403,7**	11,1**	355,4**	9,54**	1,54 ^{ns}	0,06*
NC	2	82,3**	5,57**	82,7**	4,95**	0,18 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Bloco	3	29,8 ^{ns}	0,18 ^{ns}	29,3 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,02 ^{ns}
CE _{sn} xNC	6	49,1**	0,26 ^{ns}	42,8**	0,32 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Erro	3	10,9	0,14	11,8	0,14	0,48	0,01
CV	%	9,89	10,06	12,35	11,64	12,15	20,39

FV: fonte de variação. CE_{sn}: condutividade elétrica da solução nutritiva. NC: natureza catiônica. CV: coeficiente de variação. GL: Grau de liberdade. ^{ns}: não significativo; ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente

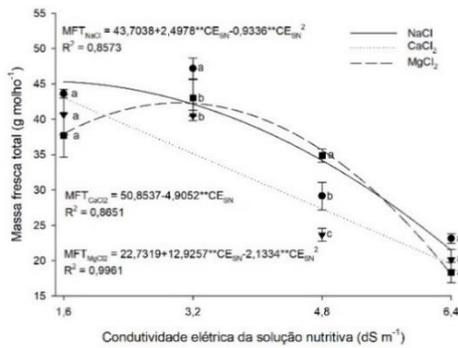
A MFT foi máxima (45,31 e 42,31 g molho⁻¹) nas CESn estimadas 1,6 e 3,03 dS m⁻¹, quando as plantas foram expostas a prevalência de NaCl e MgCl₂ na água, assim como foi reduzida à razão de 4,9052 g molho⁻¹, ou seja, 9,64% por cada dS m⁻¹ incrementado, notadamente, sob predominância de CaCl₂ na água (Figura 4A).

Vale ressaltar que quando se analisa as NC dentro de cada CESn, verifica-se, quanto maior a concentração de sais (3,2 e 4,8 dS m⁻¹), os resultados de MFT são ainda mais afetados ($p < 0,05$) pelo tipo de sal predominante, até o limite de 6,4 dS m⁻¹, assim como se verificou para o consumo hídrico e para a EUA-MFPA.

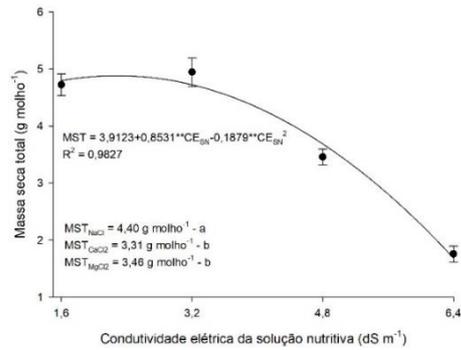
Não obstante, a MST foi máxima (4,88 g molho⁻¹) de forma relativa, sob a CESn estimada em 2,27 dS m⁻¹. Por outro lado, os resultados mais expressivos ($p < 0,05$) da MST foram constatados sob a prevalência de $Na^+ > Mg^{2+} = Ca^{2+}$, ou seja, as plantas expostas a maior quantidade de Na⁺ na água produziram uma MST 1,5 vezes maior que a verificada nas plantas sob predominância de Ca²⁺ na água (Figura 4B).

Vale destacar que outros autores (Martins et al., 2019; Soares et al., 2019) também relataram perdas na MFT e MST de diferentes hortaliças folhosas, confirmando que as limitações ora constatadas sobre as relações hídricas do coentro possuem implicações no metabolismo das plantas, restringindo o crescimento e ocasionando perda de rendimento (SILVEIRA et al., 2016).

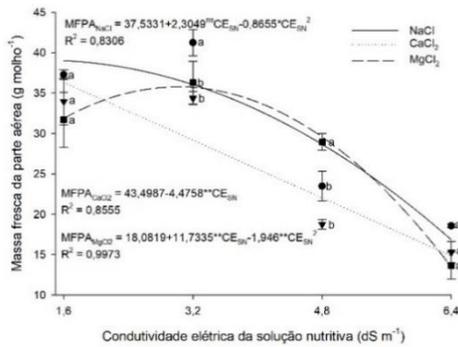
A.



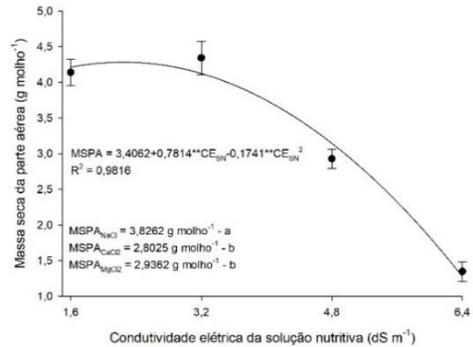
B.



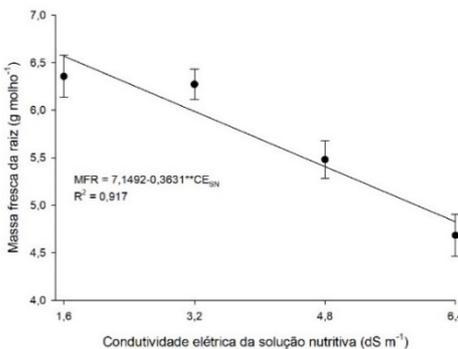
C.



D.



E.



F.

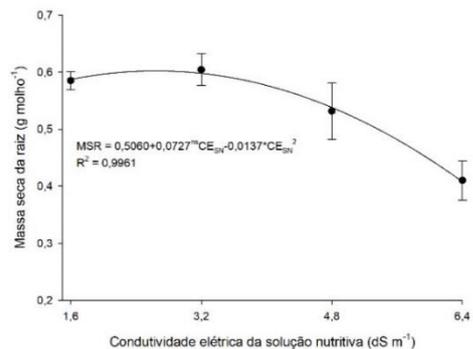


Figura 4. Produção da massa fresca (A) e seca (B) total; da massa fresca (C) e seca (D) da parte aérea; e da massa fresca (E) e seca (F) da raiz de plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas com diferentes águas salobras. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as naturezas catiônicas dos sais pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

A MFPA foi máxima (39,37 e 35,77 g molho⁻¹) sob as CEs_{sn} estimadas em 1,60 e 3,01 dS m⁻¹, quando houve maior quantidade de NaCl e MgCl₂ na água utilizada no preparo da solução nutritiva. Sob prevalência de CaCl₂, o decréscimo por cada dS m⁻¹

incrementado foi da ordem de 10,29%, ou seja, 4,4758 g molho⁻¹, totalizando perdas acumuladas de 54,97% quando se comparou a MFPA das plantas sob 1,6 e 6,4 dS m⁻¹ (Figura 4C).

A diferença na MFPA provocada pelas prevalências catiônicas dentro das CESn de 3,2 e 4,8 dS m⁻¹, evidenciaram os resultados obtidos sob Na⁺ > Mg²⁺ = Ca²⁺. Por outro lado, foi encontrado a mesma produção (34,14 e 15,61 g molho⁻¹) de MFPA nas intercessões das CESn estimadas em 2,09 e 6,23 dS m⁻¹, para as plantas expostas a maior quantidade de CaCl₂ e MgCl₂ na água. Para o NaCl e MgCl₂, a produção de MFPA foi semelhante nas CESn estimadas de 3,35 e 5,38 dS m⁻¹, correspondendo a produção de 35,45 e 24,88 g molho⁻¹ (Figura 4C).

Estimou-se a máxima MSPA (4,28 g molho⁻¹), forma relativa, na CESn estimada de 2,24 dS m⁻¹. Quanto a prevalência catiônica na água, verificou-se sob maior quantidade de Na⁺ > Mg²⁺ = Ca²⁺ (p<0,05) na água os resultados mais expressivos, de modo que sob predominância de Na⁺ na água a MSPA foi 1,48 vezes maior do que sob prevalência de Ca²⁺ (Figura 4D).

A redução na MFPA e MSPA do coentro em função do aumento da concentração de NaCl na água também já foi observada por Silva et al. (2018) que estimaram uma redução na ordem de 6,08 % e 3,32 % por aumento unitário da CESn, assim como este é uma tendência também verificada para outras hortaliças folhosas como salsa (Martins et al., 2020), rúcula (Campos Júnior et al., 2018a), cebolinha (Silva Júnior et al., 2019) dentre outras. Via de regra, a queda da produção de MFPA e MSPA está associada a uma série de reações desencadeadas pelas plantas como tentativa de ajuste à salinidade (Campos Júnior et al., 2018b), a exemplo das limitações sobre a *gs*, *E*, *SF* e o consumo hídrico, conforme já descrito.

A MFR foi reduzida à razão de 5,08%, ou seja, 0,3631 g molho⁻¹ por cada dS m⁻¹ incrementado, com perdas totais estimadas em 26,32% dentro do intervalo de CESn estudado, não havendo, neste caso, diferenças ocasionadas pelos diferentes tipos de sais (Figura 4E). De igual modo, a MSF foi máxima (0,6 g molho⁻¹) na CESn estimada em 2,65 dS m⁻¹, em análise também relativa (Figura 4F).

Vale ressaltar que o aumento da concentração de sais na região radicular altera o metabolismo do sistema radicular, especialmente a atividade de certas enzimas ocasionando redução na síntese e translocação de hormônios sintetizados na raiz, necessários ao metabolismo foliar, em consequência, haverá diminuição no crescimento

das folhas e, assim, diminui a área fotossintética da planta e acelera o processo de envelhecimento dos órgãos (MUNNS, 2002).

CONCLUSÕES

As distintas prevalências catiônicas proporcionaram diferenças no dano provocado pelo aumento da concentração sobre o consumo, a eficiência de uso da água e a produção de massa fresca e seca da parte aérea até o limite de 6,4 dS m⁻¹;

O aumento da concentração de sais na água limitou a *gs*, a *E* e o consumo hídrico, cujos desdobramentos foram mensurados na produção de biomassa da parte aérea e da raiz;

A transpiração e a *A/E* não foram afetadas pela predominância catiônica na água;

A prevalência de NaCl na água utilizada no preparo da solução nutritiva, proporcionou maior produção de massa seca total e da parte aérea, bem como maior *gs*. Já a maior quantidade de MgCl₂ na água proporcionou maior área foliar e *A/gs*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. 194, 2018.

AMINI, S. et al. Salt-affected soils, reclamation, carbon dynamics, and biochar: a review. **Journal of Soils and Sediments**, v. 16, n. 3, p. 939–953, 2016.

BASÍLIO GUIMARÃES, R. F. et al. Trocas gasosas em cultivares de alface crespa em cultivo hidropônico com água salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada - RBAI**, v. 13, n. 4, p. 3599–3609, 2019.

CAMPOS JÚNIOR, J. E. et al. Rocket production in a low cost hydroponic sistem using brackish water. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 4, p. 1008–1016, 2018a.

CAMPOS JÚNIOR, J. E. et al. Consumption, efficiency and water content of arugula under different management of brackish nutritional solutions. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 6, p. 885–892, 2018b.

CAVALCANTE, A. R. et al. Gas exchanges and photochemical efficiency of hydroponic

bell pepper under salinity and plant density TT - Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do pimentão hidropônico sob salinidade e densidades de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 3–8, 2019.

CAZUZA NETO, A. et al. **Qualidade do mólho de coentro produzido em água salobra em sistema hidropônico NFT**. Anais do II Inovagri International Meeting - 2014. **Anais...**Fortaleza, Ceará, Brasil: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 2014Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/simposios/221-ii-inovagri-2014/1951-ii-inovagri-2014-a493.html>>

CRUZ, A. F. D. S. et al. Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower cultivated hydroponically with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 9, p. 622–627, 2018.

DEINLEIN, U. et al. Plant salt-tolerance mechanisms. **Trends in Plant Science**, v. 19, n. 6, p. 371–379, 2014.

FERNANDES, A. L. T.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; TAKAY, B. Y. Avaliação do método Penman-Piche para a estimativa da evapotranspiração de referência em Uberaba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 270–276, 2011.

FERREIRA, D. F. A computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039–1042, 2011.

FREIRE, J. L. DE O. et al. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica , biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 45, n. 1, p. 82–91, 2014.

FURLANI, P. R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 481, p. 777–778, 1999.

GHAMARNIA, H.; DAICHIN, S. Effects of Saline Shallow Groundwater Stress on Coriander sativum L. Water Requirement and Other Plant Parameters. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 141, n. 7, p. 04014078, 2015.

HE, F. et al. Effects of root cooling on plant growth and fruit quality of cocktail tomato during two consecutive seasons. **Journal of Food Quality**, v. 2019, p. 15, 2019.

MARTINS, J. B. Production of parsley in hydroponic conditions under isosmotic brackish nutrient solutions. v. 43, 2019.

MARTINS, J. B. et al. 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, 2019.

MARTINS, J. B. et al. Fluorescence emission and photochemical yield of parsley under

saline waters of different cationic nature. **Scientia Horticulturae**, v. 273, p. 109574, 2020.

MOHAMMADIPOUR, N.; SOURI, M. K. Beneficial effects of glycine on growth and leaf nutrient concentrations of coriander (*Coriandrum sativum*) plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 14, p. 1637–1644, 2019.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell & Environment**, v. 25, n. 2, p. 239–250, 2002.

REBOUÇAS, J. R. L. et al. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 624, 2013.

SANTOS, A. N. et al. Concentração de nutrientes em tomate cereja sob manejos de aplicação da solução nutritiva com água salobra. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 48, n. 4, p. 576–585, 2017.

SANTOS, J. F. et al. Growth, water consumption and basil production in the hydroponic system under salinity. **Revista Ceres**, v. 66, n. 1, p. 45–53, 2019.

SANTOS JÚNIOR, J. A. et al. Water use efficiency of coriander produced in a low-cost hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1152–1158, 2015a.

SANTOS JÚNIOR, J. A. et al. Crescimento do girassol em sistema hidropônico sob estresse salino e densidades de plantio. **IRRIGA**, v. 20, n. 2, p. 233–247, 2015b.

SANTOS JÚNIOR, J. A. et al. 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.

SECCO, L. B. ; et al. Germinação de sementes de melão (*Cucumis melo* L.) em condições de estresse salino. **Revista Verde**, v. 4, n. 4, p. 129–135, 2010.

SILVA JÚNIOR, F. J. et al. Water relations of chives in function of salinity and circulation frequency of nutrient solutions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 5, p. 359–365, 2019.

SILVA, M. G. et al. Growth, production and water consumption of coriander grown under different recirculation intervals and nutrient solution depths in hydroponic channels. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n. 4, p. 281–294, 2020.

SILVA, M. G. DA et al. 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, 2016.

SILVA, M. G. DA et al. Produção de coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. **Revista Brasileira de**

Agricultura Irrigada, v. 9, n. 4, p. 246–258, 2015.

SILVA, M. G. DA et al. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 8, p. 547–552, 2018.

SILVEIRA, J. A. G. et al. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R. et al. (Eds.). . **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza - CE: INCTSal, 2016. p. 181–197.

SOARES, H. R. E et al. Water and physiological relationships of lettuce cultivated in hydroponics with brackish waters. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 2, p. 216–222, 2019.

TACO; NEPA. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA/UNICAMP, 2011.

TORRES, E. C. M. et al. 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.

ZANANDREA, I. et al. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 12, n. 2, p. 157–161, 2014.

CAPITULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O coentro apresentou bons resultados frente ao estresse salino exposto, verificando a importância de novos estudos na temática da produção agrícola para esta hortaliça, visto que é uma cultura com alta demanda de consumo no Brasil.

A eficiência fotoquímica do coentro expostas a águas salobras com concentrações de diferentes sais implicou danos aos centros de reação do PSII, o maior dano foi nas CEs_n 6,4 dS m⁻¹ para todas as naturezas catiônicas.

O consumo hídrico máximo foi de 0,72 L molho⁻¹ sob a CEs_n de 1,6 dS m⁻¹, sob preponderância de CaCl₂ na água.

É viável a produção de coentro em hidroponia de baixo custo com o uso de águas salobras à base de NaCl, CaCl₂, MgCl₂ até a condutividade elétrica de 4,8 dS m⁻¹, sob reposição com a respectiva água salobra.

A diferença entre os diferentes cátions estudados foi verificada nos maiores níveis de CEs_n testados.

A salinidade afetou negativamente a produção e as relações hídricas do coentro cultivado em sistema hidropônico na ordem MgCl₂ > CaCl₂ > NaCl.

Sob a prevalência do monovalente NaCl na água, verificou-se os melhores valores de massa fresca e seca do coentro que os bivalentes MgCl₂ e CaCl₂.

É indispensável a realização de novos estudos que detalhem mais as características do estresse salino em hortaliças folhosas, sob a perspectiva de diferentes abordagens iônicas e osmóticas, associadas a aspectos de concentração, prevalência proporção e iônica.