

Uriel Calisto Moura Pessoa

**Uso de águas subterrâneas salobras do semiárido
pernambucano para produção de coentro em sistema
hidropônico NFT**

Recife

Outubro de 2020

Uriel Calisto Moura Pessoa

**Uso de águas subterrâneas salobras do semiárido
pernambucano para produção de coentro em sistema
hidropônico NFT**

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

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

Coorientador: Prof^a. Dr^a. Nadielan da Silva Lima

Recife

Outubro de 2020

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)

- P475u Pessoa, Uriel Calisto Moura
Uso de águas subterrâneas salobras do semiárido pernambucano para produção de coentro em sistema hidropônico
NFT / Uriel Calisto Moura Pessoa. - 2020.
121 f. : il.
- Orientador: Enio Farias de Franca e Silva.
Coorientador: Nadielan da Silva Lima.
Inclui referências e apêndice(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, 2020.
1. Coriandrum sativum L.. 2. Cultivo sem solo. 3. Salinidade. 4. Vazões . I. Silva, Enio Farias de Franca e, orient. II. Lima, Nadielan da Silva, coorient. III. Título

**Uso de águas subterrâneas salobras do semiárido
pernambucano para produção de coentro em sistema
hidropônico NFT**

Uriel Calisto Moura Pessoa

Dissertação defendida e aprovada em 30 de outubro pela banca
examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva

DEAGRI – UFRPE

Examinadores:

Prof. Dr. Everaldo Moreira da Silva

UFPI

Prof. Dr. José Amilton Santos Júnior

DEAGRI - UFRPE

Dedico

Aos meus pais (Severino Pessoa e Maria Cristina), ao meu irmão, minha namorada e meus padrinhos por todo apoio e compreensão ao longo dessa caminhada.

Agradecimentos

- ✓ A Deus, por sempre iluminar meus pensamentos e guiar meus caminhos e escolhas;
- ✓ À Universidade Federal Rural de Pernambuco, por contribuir para a minha formação acadêmica;
- ✓ Ao programa de pós-graduação em Engenharia agrícola, bem como a todos os professores, pelos ensinamentos passados com grande maestria;
- ✓ À Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudo, a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), bem como ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em salinidade – INCTSal pelo apoio para a realização da pesquisa científica;
- ✓ Ao Professor Dr. Ênio Farias de França e Silva, pela orientação na condução deste trabalho, e por todos ensinamentos transmitidos;
- ✓ A banca examinadora, composta pelos professores Everaldo Moreira da Silva e José Amilton Santos Júnior, pelas contribuições e aceite do convite;
- ✓ À toda minha família, em especial aos meus pais Severino Pessoa e Maria Cristina, pelo apoio e paciência; aos meus padrinhos José Mário e Sônia Pessoa, por toda atenção e apoio, ao meu irmão e minha namorada Monique;
- ✓ Aos meus amigos José Edson e Andrey, pela parceria ao longo do trabalho e pelos ensinamentos passados;
- ✓ Aos amigos James Andrade, Alexandre, Kézia e Raphaela por todo apoio e colaboração na montagem e condução dos experimentos;
- ✓ A todos os meus amigos do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola.

Resumo

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
CAPÍTULO I	10
Considerações Iniciais.....	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
3. HIPÓTESES.....	13
4. REVISÃO DE LITERATURA	13
4.1 A cultura do coentro	13
4.2 Efeitos das vazões de aplicação da solução nutritiva em cultivos hidropônicos.....	16
4.3 Efeito da salinidade sobre o crescimento de hortaliças folhosas	18
4.4 Efeito da salinidade sobre as trocas gasosas em hortaliças folhosas	19
4.5.1 Componente osmótico	22
4.5.2 Componente iônico.....	23
4.5.3 Componente oxidativo	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CAPÍTULO II	35
Trocas gasosas e pigmentos do coentro em hidroponia NFT, com águas salobras e vazões da solução	35
RESUMO.....	36
ABSTRACT.....	37
1. INTRODUÇÃO	38
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
2.1 Localização do experimento	39
2.2 Estrutura experimental.....	39
2.2.1 Casa de vegetação.....	39
2.2.2 Unidade experimental: sistema hidropônico utilizado	40
2.3 Delineamento experimental e tratamentos	41
2.4 Preparo e manejo da solução nutritiva	42
2.5 Quantidade de fertilizantes aplicados.....	45
2.6 Estratégia de reposição da lâmina evapotranspirada	46
2.7 Monitoramento da solução nutritiva	46
2.8 Mudanças, transplante e tratamentos culturais.....	47
2.9 Temperatura da solução nutritiva e variáveis meteorológicas	48

3. Variáveis analisadas	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1 Trocas Gasosas e Fotossíntese	57
4.1.1 Condutância estomática (<i>gs</i>)	58
4.1.2 Concentração interna de CO ₂ (<i>Ci</i>).....	60
4.1.3 Fotossíntese (<i>A</i>)	63
4.1.4 Transpiração (<i>E</i>)	66
4.1.5 Eficiência de carboxilação (<i>Eci</i>)	68
4.2 Pigmentos fotossintéticos	71
4.2.1 clorofila <i>a</i>	71
4.2.2 clorofila <i>b</i>	74
4.2.3 Carotenoides	76
4.2.4 Clorofila <i>total</i>	77
CONCLUSÃO	79
CAPÍTULO III.....	86
RESUMO.....	87
1. INTRODUÇÃO	89
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	90
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
3.1 Altura e taxas de crescimento	93
3.2 Número de folhas e massas de parte aérea e radicular	104
CONCLUSÃO	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116

RESUMO

Uso de águas subterrâneas salobras do semiárido pernambucano para produção de coentro em sistema hidropônico NFT

O emprego da hidroponia permitiu o uso racional de fontes de águas salobras existentes na região semiárida, permitindo assim a produção agrícola de forma a contribuir para minimizar a degradação do solo. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da salinidade e das vazões de aplicação da solução nutritiva no desenvolvimento do coentro (*Coriandrum sativum* L.) em sistema hidropônico NFT (técnica de fluxo laminar de nutrientes), usando diferentes águas salobras. A pesquisa foi conduzida no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (8° 01' 05'' de latitude sul e 34° 56' 48'' de longitude oeste, com altitude média de 6,5 m), entre os meses novembro de 2019 à março de 2020, em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições, totalizando 64 parcelas experimentais. Os tratamentos foram constituídos de quatro diferentes níveis de salinidade, quais sejam: 1,7; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, com quatro vazões de aplicação da solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 L min⁻¹); no experimento I – água sódica, foi utilizado o NaCl, no preparo da solução nutritiva, empregando os tratamentos descritos, a fim de testar a viabilidade técnica do uso dessa água, com as vazões de aplicação da solução. Nos ciclos seguintes, experimento II e III, foi alterada apenas a natureza iônica da solução nutritiva, sendo a solução preparada pela adição de CaCl₂ no experimento II e NaCl; CaCl₂; MgCl₂ na proporção 2:1:1, no experimento III, simulando as águas salobras. Avaliou-se variáveis fisiológicas e fotossintéticas, no contexto das trocas gasosas, aspectos de crescimento e produção de biomassa. A fotossíntese líquida, apresentou maior sensibilidade a salinidade, quando as plantas foram expostas a água cálcica e mista, sendo os carotenoides o pigmento fotossintético mais sensível ao aumento da salinidade da solução nutritiva. As reduções dos parâmetros de crescimento da cultura, pelo estresse salino, inviabilizam a comercialização do coentro a partir do nível 3,0 dS m⁻¹, pelos efeitos deletérios observados nas folhas. O aumento da vazão em níveis superiores a 2 L min⁻¹, não é recomendado quando se utiliza águas salobras no preparo da solução nutritiva. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando constatado efeito significativo à análise de regressão e ao teste Tukey a 5% de probabilidade.

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

ABSTRACT

Use of brackish groundwater in the semi-arid region of Pernambuco for the production of coriander in an NFT hydroponic system

The use of hydroponics allowed the rational use of existing brackish water sources in the semi-arid region, thus allowing agricultural production to contribute to minimizing soil degradation. In this sense, the present work aimed to evaluate the influence of salinity and flow rates of application of the nutrient solution on the development of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in an NFT (laminar flow technique of nutrients) hydroponic system, using different brackish waters. The research was conducted at the Agricultural Engineering Department of the Federal Rural University of Pernambuco (8 ° 01' 05" 'south latitude and 34 ° 56' 48 " west longitude, with an average altitude of 6.5 m), months November 2019 to March 2020, in a completely randomized design, in a 4 x 4 factorial scheme, with four replications, totaling 64 experimental plots. The treatments consisted of four different levels of salinity, namely: 1.7; 3.0; 4.5 and 6.0 dS m⁻¹, with four flow rates of application of the nutrient solution (1.0; 2.0; 3.0 and 4.0 L min⁻¹); in experiment I - sodium water, NaCl was used in the preparation of the nutrient solution, using the treatments described, in order to test the technical feasibility of using this water, with the application rates of the solution. In the following cycles, experiment II and III, only the ionic nature of the nutrient solution was changed, the solution being prepared by adding CaCl₂ in experiment II and NaCl; CaCl₂; MgCl₂ in a 2 : 1: 1 ratio, in experiment III, simulating brackish waters. Physiological and photosynthetic variables were evaluated in the context of gas exchange, aspects of growth and biomass production. Liquid photosynthesis was more sensitive to salinity when the plants were exposed to calcium and mixed water, with carotenoids being the photosynthetic pigment most sensitive to the increase in salinity of the nutrient solution. Reductions in the growth parameters of the crop, due to saline stress, make the commercialization of coriander unfeasible from the level 3.0 dS m⁻¹, due to the deleterious effects observed in the leaves. Increasing the flow to levels greater than 2 L min⁻¹ is not recommended when using brackish water to prepare the nutrient solution. The data obtained were submitted to analysis of variance by the F test and when a significant effect was found to the regression analysis and the Tukey test at 5% probability.

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

CAPÍTULO I

Considerações Iniciais

1. INTRODUÇÃO

Na região nordeste, inúmeros poços perfurados estão abandonados, ou subutilizados, em função das baixas vazões, e da elevada salinidade, provenientes do conjunto de rochas cristalinas da região, que cobrem 45% do território (SUASSUNA, 1994), tendo como principais sais solúveis encontrados nas águas de cristalinos, os ânions CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-} e cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ (GHEYI et al., 2016). A composição química das águas subterrâneas, depende tanto em qualidade quanto em quantidade, da origem na qual ela flui, sendo dependente da composição da rocha a qual ela tem contato, e da facilidade de dissolução dessa rocha (REBOUÇAS et al., 2002).

Uma alternativa para o uso dessas águas salobras, é o cultivo de hortaliças em sistema hidropônico, em que as plantas conseguem tolerar maiores níveis de salinidade que em cultivos convencionais, viabilizando tecnicamente a prática e proporcionando maior eficiência no uso de água e de fertilizantes (NUNES et al., 2013), além de não haver contato da água com as folhas das plantas, reduzindo as injúrias foliares provocadas por íons tóxicos. Essas vantagens podem ser condizentes com a realidade do semiárido brasileiro onde se tem escassez quantitativa e qualitativa de água (SOARES et al., 2007).

Tendo no subsolo do semiárido uma reserva hídrica, apesar de ser frequentemente salobra no domínio cristalino, com o emprego dessas águas na hidroponia, espera-se produzir culturas de interesse, com maior economia de água e eficiência de insumos, além de menor risco ambiental e menor depleção do rendimento comercial (MACIEL et al., 2012). Para se aproveitar águas salobras, deve-se preferencialmente, escolher culturas tolerantes e de ciclo curto, pois assim os efeitos prejudiciais da salinidade à produção seriam menores (SOARES et al., 2007).

Os trabalhos com a cultura do coentro, alface e hortaliças usados no sistema hidropônico, como o pimentão, abordando o manejo inicial da salinidade da solução nutritiva, concentram-se com o uso de água salobra, predominantemente sódica, como observado nos trabalhos (SILVA et al., 2018; CAVALCANTE et al., 2019; GUIMARÃES et al., 2019), havendo a necessidade, de estudos mais detalhados, onde sejam abordadas diferentes naturezas catiônicas da solução nutritiva, com predomínio de íons como Ca^{+2} , Mg^{+2} e uma combinação de diferentes íons, para fornecer conclusões mais amplas, para os produtores e o meio científico.

Um outro fator pouco abordado na hidroponia NFT, é o estudo das vazões de circulação da solução nutritiva nos perfis, sendo um fator determinante do fornecimento de nutrientes as plantas, temperatura da solução nutritiva, e fisiologia da cultura. Dalastra et al. (2020), concluíram que a maior produção da alface americana, no sistema NFT (técnica de fluxo laminar de nutrientes), é obtida quando as plantas são conduzidas sob uma vazão de 1 L min^{-1} .

Soares et al., (2020), foi um pouco mais além, e relacionou as vazões ($1,5$ e $2,5 \text{ L min}^{-1}$), com diferentes salinidades da solução nutritiva ($1,5$; $2,5$; $3,5$; $4,5$ e $5,5 \text{ dS m}^{-1}$), pela adição de NaCl, além de simular as características químicas de águas coletadas na região semiárida de Pernambuco ($1,67$; $3,30$; $4,71$; $5,88$ e $13,84 \text{ dS m}^{-1}$), com a cultura da couve-flor, no sistema NFT, e concluíram que a vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$, foi que promoveu melhores resultados, nas duas realidades apresentadas.

Mediante o exposto, é necessário a realização de um trabalho, que estude um maior leque de vazões no sistema NFT, relacionando essas vazões a diferentes águas salobras, objetivando estudar a sua viabilidade técnica para o agricultor, com uma cultura que possui poucas informações científicas na hidroponia, como o coentro.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência da salinidade, pela variação na composição química da água, e das vazões de aplicação da solução nutritiva nas trocas gasosas e na análise do crescimento do coentro (*Coriandrum sativum* L.) em sistema hidropônico NFT.

2.2 Objetivos específicos

- Estimar os efeitos do estresse salino sobre a dinâmica do crescimento (massa fresca e seca da parte aérea, altura de planta, crescimento absoluto e crescimento relativo das plantas de coentro), cultivadas em sistema hidropônico NFT utilizando águas salobras em diferentes vazões de aplicação de solução nutritiva;
- Avaliar o impacto da utilização de águas salobras e vazões de aplicação de solução nutritiva nas trocas gasosas do coentro cultivado em sistema hidropônico NFT.
- Analisar os efeitos do estresse salino sobre os pigmentos fotossintéticos, e seu efeito sobre a fotossíntese;

3. HIPÓTESES

- Poderá existir diferença no crescimento quando são comparadas diferentes naturezas catiônicas da solução nutritiva, sendo esta diferença proporcionada pelo nível de salinidade da água.
- O aumento da vazão, poderá reduzir a temperatura da solução nutritiva e melhorar a oxigenação, elevando a quantidade de nutrientes fornecidos no perfil, para as plantas;
- As reduções das trocas gasosas, ocasionadas pelo aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, poderão ser mitigadas, pela atuação das vazões de circulação da solução.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A cultura do coentro

O coentro (*Coriandrum sativum* L.), pertence ao gênero *Coriandrum* L., subfamília Apioidae e família Umbellifera (Apiaceae), originário da Região do Mediterrâneo, sendo cultivada e consumida em vários países, classificada como uma espécie olerícola de ciclo curto, de clima quente e intolerante a baixas temperaturas (MELO et al., 2003). Uma das características que melhor diferencia esta família é a presença de inflorescências, geralmente compostas em umbelas; além de ser uma família de plantas aromáticas com produção de compostos que se acumulam nos esquizogêneos, que em conjunto dão a esta família um perfil distinto e original (PLUNKETT et al., 1996).

As primeiras folhas a surgirem são as folhas basais estando reunidas numa roseta em forma de lâmina e estão divididas em três lóbulos (trilobadas), enquanto as folhas que se encontram um nível acima são pinatífidas. Quanto mais elevadas estão inseridas, mais pinatífidas são, tendo as folhas superiores uma forma lanceolada estreita ou filiforme (Figura 1 A). A inflorescência é uma umbela composta, branca ou rosa claro, assimétricas (Figura 1 B), contendo uma a duas brácteas lineares, seus estames estão localizados entre as pétalas. Os frutos (Figura 1 C), comumente designados de sementes, são diaquênios e globulares ou ovais com um diâmetro por volta dos 6 mm (DIAS, 2011).

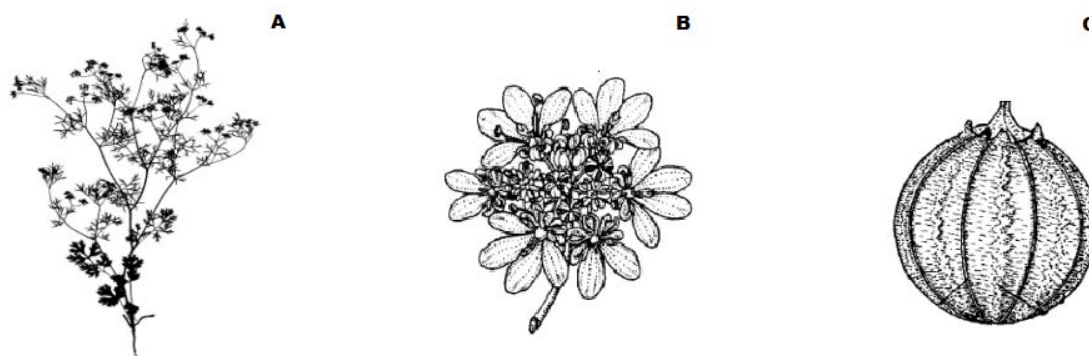


Figura 1. Representação das folhas e caule (A); inflorescência (B) e frutos do coentro (C) adaptado (Dias, 2011).

O coentro é uma cultura classificada como tolerante à salinidade, para concentrações inferiores a $1,8 \text{ dS m}^{-1}$, na fase de germinação e desenvolvimento inicial (SALES et al., 2015), sendo uma hortaliça herbácea com alto valor econômico e de importância socioeconômica no mundo. Suas folhas, sementes e raízes são comestíveis, possuindo elevados teores de vitamina B, C e elementos minerais (BHAT, KAUSHAL & SHARMA, 2014), quando trituradas, fornecem um sabor picante, enquanto o óleo das sementes é usado em perfumes, cosméticos e sabonetes (DAFLON et al., 2014).

O óleo essencial extraído das sementes e das outras partes da planta, tem grande importância a nível nutricional, industrial e farmacêutico, com sua composição sendo dependente do genótipo, ambiente de cultivo e tempo de colheita (TURKMEN, BAHADIRLI, & MERT, 2016), o linalol é um dos principais constituintes encontrado no óleo, com concentrações de 60-70%. A extração de partes como frutos, sementes e pericarpos maduros de coentro, apresenta concentrações médias de 86, 91 e 24,6%, respectivamente (MAHENDRA & BISHT, 2011). Segundo Wei et al. (2019), o coentro é uma cultura com bastante potencial industrial, por possuir em seus extratos, graus variados de efeito inibitório e germicida, sendo possível ser um substituto para medicamentos sinérgicos, com antibióticos convencionais.

Em regiões de clima quente e baixa altitude, pode ser semeada durante todo o ano e sua colheita pode ser realizada de 3 a 5 semanas após a semeadura, a depender do cultivar e do manejo (SILVA et al., 2018).

Essa cultura se destaca na Ásia, onde estão os principais países produtores e consumidores, com destaque para a Índia; no entanto, também é cultivada na América do Sul

e Norte da África (ZEKOVÍČ et al., 2016). Origina-se nos territórios da Bacia do Mediterrâneo, tendo sua introdução no Brasil, realizada no início da colonização (MELO et al., 2009), sendo de grande importância socioeconômica no Norte e Nordeste, onde é utilizada in natura, por pequenos e médios produtores, tanto para a produção de massa verde, como para a produção de frutos, utilizado pelas indústrias alimentícias e cosméticas, garantindo retorno rápido do capital investido (OLIVEIRA et al., 2005).

É notável sua importância para os pequenos produtores rurais da região nordeste, sendo uma fonte de renda de rápida rotatividade (PEREIRA et al., 2015). As variedades mais adaptadas às condições edafoclimáticas da região, são a Verdão, Palmeira e Tabocas, responsáveis por mais de 80% da área cultivada, além de serem variedades, que apresentam fase vegetativa mais precoce (LIMA et al., 2007; WANDERLEY JUNIOR & NASCIMENTO, 2006), garantindo uma colheita por volta dos 40 dias após a semeadura, preservando-se características fisiológicas e uniformidade, pelo correto fornecimento nutricional, no crescimento e desenvolvimento da cultura. A cultura apresenta estádios de crescimento, que vão da fase inicial 18 dias; desenvolvimento 24 dias; médio 20 e final 10 dias, devendo-se considerar que a cultura é colhida em torno do ápice do seu desenvolvimento foliar, que ocorre entre os estágios fenológicos médio-final (SILVA et al., 2013).

Em termos de exigência nutricional, é uma cultura que não apresenta muita exigência em termos de solo, todavia é muito exigente nutricionalmente, principalmente na demanda por nitrogênio N, que é de importância decisiva para o crescimento e desenvolvimento de vegetais herbáceos (SALES et al. 2015; ECHER et al. 2012), por apresentar efeito direto sobre os aspectos de qualidade, composição de compostos voláteis e os seus componentes de produção primária (ANGELI et al., 2016). Sua demanda por fósforo, geralmente são baixas, principalmente quando comparadas com o nitrogênio (OLIVEIRA et al., 2004).

Segundo dados do censo agropecuário – IBGE, a produção nacional em 2006 foi de 108.443 toneladas, tendo a região Nordeste como a principal produtora com 84.729 toneladas. Muito em função das condições climáticas da região, que são favoráveis ao pleno desenvolvimento da cultura. Na produção por Estado, os dois maiores produtores são Paraíba com 10.734 toneladas e Pernambuco com 9.434 toneladas, onde as cidades que mais produzem por estado, são Vitória de Santo Antão e Lagoa Seca, com 3.195 e 4.236 toneladas, respectivamente (IBGE, 2006). Numa escala mundial, o coentro também é cultivado no continente americano, onde o México possui participação, com uma área colhida de 5.502

ha⁻¹, distribuídos nos estados de Puebla, Sonora, Tlaxcala e principalmente Zacatecas (LUBBE & VERPOORTE, 2011; NADEEM et al., 2013; SIAP, 2014); enquanto os Estados Unidos são um dos principais importadores de plantas aromáticas (ARIZIO & CURIONI, 2011).

4.2 Efeitos das vazões de aplicação da solução nutritiva em cultivos hidropônicos

O sucesso no cultivo hidropônico, depende de uma solução nutritiva adequada à cultura, por esta influenciar diretamente na produção e na qualidade. Todavia, não existe uma formulação ideal para uma cultura, pois estão envolvidos um número considerável de variáveis e suas interações (RODRIGUES, 2002), sendo necessário, levar em consideração, parâmetros como a concentração de oxigênio, a condutividade elétrica (CE), o pH, a temperatura e a vazão de circulação da solução nutritiva, para se ter uma formulação que melhor atenda às necessidades de uma cultura no sistema hidropônico (FURLANI et al., 1999).

Desses parâmetros, a vazão da solução nutritiva, é quem será responsável, pela própria velocidade e volume da solução corrente nos canais de cultivo, que em situação ótima, poderá nutrir melhor as plantas (DALASTRA et al., 2020), devendo ser ajustada, de modo a evitar a carência mineral e de oxigênio (ANDRIOLO, 1999), uma vez que, em detrimento da vazão da solução, a temperatura poderá ser elevada à níveis críticos, acarretando em danos físicos ao sistema radicular, e drástica redução dos níveis de oxigênio (O₂) dissolvido (RODRIGUES, 2002).

Genuncio et al. (2012), estudaram a produção de cultivares de alface, em sistema NFT, em função de concentrações iônicas de 100, 75 e 50%, submetidas a vazões de 1,5; 1,0 e 0,75 L min⁻¹, constataram ganhos de massa fresca na parte aérea, quando as plantas foram cultivadas a 100% da concentração iônica e a uma vazão de solução nutritiva entre 1,0 e 1,5 L min⁻¹. Helbel junior et al. (2008), estudaram o ganho de massa da alface, fazendo uso da cultivar Vera, com taxa de fluxo de 0,8 e 1,2 L min⁻¹, concluíram que a vazão foi um fator que não influenciou o aumento de massa fresca para alface.

A vazão da solução nutritiva, também pode vir a influenciar a concentração de nitrato nas folhas, como observado no trabalho de Aprígio et al. (2012), onde foram constatados níveis abaixo do estabelecido pela comunidade europeia (comission regulation– 2006 EC), no aumento da taxa de fluxo 0,8 para 1,0 L min⁻¹ da solução nutritiva, sendo observado redução

de 36,4%. Os autores acreditam que o aumento do fluxo da solução nutritiva, contribui para um menor tempo de contato com as raízes, uma vez que em sistemas hidropônicos, o nitrato é bastante utilizado e absorvido pelas culturas.

Avaliando o acúmulo de biomassa fresca da parte aérea e raiz, e a produtividade da rúcula cultivada em três vazões de solução nutritiva 0,75; 1,0; 1,5 L min⁻¹, em seis ciclos de cultivo, Genuncio et al. (2011), constataram incremento na produção e produtividade da parte aérea da rúcula, a partir do aumento da vazão da solução nutritiva acima de 1,0 L min⁻¹. Todavia para a cultura da alface, a vazão ideal, seria abaixo de 1,0 L min⁻¹, conforme relata Al-Tawaha et al. (2018), observando ganhos significativos na taxa de crescimento da cultura, por permitir uma melhor absorção de nutrientes; segundo os referidos autores, o movimento de água no sistema e a taxa de rotatividade, devem ser projetados para garantir um bom tempo de contato do sistema radicular com a solução nutritiva, fato este observado em vazões abaixo de 1,0 L min⁻¹.

Trabalhando com alface americana no sistema NFT, e observando o comportamento das taxas de fluxo de 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 L min⁻¹, Dalastra et al. (2020), relata maior produção de massa fresca e seca, para as plantas cultivadas na vazão 1,0 L min⁻¹, seguida de 2,0 e 4,0 L min⁻¹, que não apresentaram diferença entre si, com o resultado menos satisfatório, sendo observado com 0,5 L min⁻¹, sendo menor em 28 e 32%, respectivamente, quando comparado a 1,0 L min⁻¹. Ainda segundo os autores, a profundidade no fundo do canal de cultivo, não pode ser superior a 4 mm de espessura, de modo que apenas um terço do sistema radicular permaneça descoberto pela solução nutritiva, permitindo oxigenação do sistema radicular.

O aumento da profundidade no fundo do canal, observado em vazões de 2,0 e 4,0 L min⁻¹, provoca escurecimento e necrose do sistema radicular, além do surgimento de raízes adventícias pronunciadas, com o objetivo de compensar a perda de parte do sistema radicular, o que pode acarretar em danos nutricionais as plantas (DALASTRA et al., 2020; PRADO & CECÍLIO FILHO, 2016). Em outros estudos, níveis mais altos ou mais baixos, da vazão de 1,0 L min⁻¹, pode acarretar em aumento, ou redução no conteúdo de nitrato no tecido vegetal (OHSE et al., 2009; APRÍGIO et al., 2012).

Segundo Valdivia et al. (2019), uma grande limitação dos trabalhos que avaliam a taxa de fluxo nos perfis, como é relatado nos trabalhos de (GENUNCIO et al., 2011; AL-TAWAHA et al., 2018), é que não há informações sobre o diâmetro de entrada dos perfis usados nesses experimentos; segundo os referidos autores, os danos de uma maior vazão para a planta,

dependem muito da sua localização no perfil, que é variável, em função do diâmetro de entrada da solução; os autores ainda defendem que as taxas de fluxo, deveriam ser expressas usando o número de Reynolds, em vez de $L \text{ min}^{-1}$.

4.3 Efeito da salinidade sobre o crescimento de hortaliças folhosas

A redução no crescimento das plantas, em função da elevada condutividade elétrica da solução nutritiva, é resultado de lesões internas devido ao acúmulo de solutos nas folhas em níveis excessivos, por exceder a capacidade das células de compartimentalizar esses solutos no vacúolo (MUNNS, 2008). Essa redução do crescimento pode ser atribuída a mudanças no potencial osmótico devido ao aumento das concentrações de nutrientes minerais ao redor da rizosfera. Em caso de diminuição do potencial osmótico, o potencial hídrico externo também diminui, reduzindo a absorção de água, sendo possível observar redução no turgor das plantas (DEGL'INNOCENTI et al., 2009). O crescimento das plantas, pode ainda ser afetado por um desequilíbrio nutricional, por conta da concentração e proporção de nutrientes (PEÇANHA et al., 2017).

A taxa de crescimento é sempre usada como um importante indicador da vitalidade das plantas e da reação destas às condições de estresse (LIU et al., 2019). Para a maioria das espécies, o Na^+ parece atingir concentração tóxica maiores do que o Cl^- , pelo sódio não ser fortemente retido nas raízes de hortaliças, levando-o as folhas facilmente, apesar da resposta ao estresse ser mais lenta, que a resposta ao aumento da pressão osmótica externa, onde o crescimento dos brotos laterais e meristemas é significativamente reduzido (MUNNS, 2008). Avaliando o efeito da salinidade da solução nutritiva, no pimentão, Nunes et al. (2012), observaram redução do crescimento da cultura, com considerável redução da matéria fresca, e seca da parte aérea das plantas, sendo atribuído ao efeito negativo do potencial osmótico da solução nutritiva.

Furtado et al. (2017), analisando o crescimento e produtividade da pimenta, sob condições hidropônicas, observando o efeito de diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva, observaram decréscimo na altura das plantas, na ordem de 46,4 e 52,1% no menor e maior nível salino, 1,7 e 11,7 dS m^{-1} respectivamente. Além de redução da altura da planta, a salinidade também pode reduzir a área foliar das plantas (ANDRADE et al., 2016). Essa redução da área foliar causada pelo estresse salino, está relacionada ao efeito do

potencial osmótico da solução, inibindo a absorção de água e nutrientes pelas plantas, sendo uma rápida adaptação da planta ao déficit hídrico (ALVES et al., 2011; MUNNS, 2002).

Estudando a influência da salinidade sobre o crescimento da cultura do coentro, Rebouças et al. (2013), verificaram redução na altura das plantas, número de folhas e área foliar, com comportamento linear decrescente, para o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, que possuíam condutividade de 2,55; 4,68; 6,85; 9,38 e 12,34 dS m⁻¹. Para os autores a tolerância a salinidade é influenciada por diversos fatores, incluindo o estágio de crescimento, tempo de exposição, duração da exposição, condição ambiental e sistema de produção. Segundo Silva Júnior (2012), a redução do número de folhas, por si só, nem sempre é um bom indicador para a tolerância a salinidade, uma vez que a planta pode não apresentar uma redução do número de folhas, mais apresentar redução da área foliar, que apresenta-se como um parâmetro confiável para avaliar tolerância ao sal.

Conforme Silva et al. (2011), não foi observado redução do número de folhas, na cultura da rúcula, em função do aumento da salinidade na hidroponia, todavia a altura das plantas foi altamente influenciada, sendo reduzida em 9,5 e 7,4% para cada acréscimo unitário na salinidade da água, que apresentava variação de 0,2 a 5,2 dS m⁻¹. Com a elevação da salinidade, as forças de retenção de água são elevadas, diminuindo a absorção de água por parte da planta, como consequência ocorre redução da pressão de turgência das células, afetando os processos de divisão e elongação celular, principalmente nos tecidos meristemáticos (ALVARENGA et al., 2019; SILVA JÚNIOR et al., 2013).

Ao avaliarem o efeito salino sobre o crescimento e equilíbrio nutricional em cultivares de melão Silva júnior et al. (2013), observam que a salinidade provocou reduções significativas em 58% das variáveis de crescimento avaliadas, merecendo destaque a área foliar total e as biomassas frescas e secas nas diferentes partes da planta, com reduções acima de 80%.

4.4 Efeito da salinidade sobre as trocas gasosas em hortaliças folhosas

As plantas estão entre os poucos organismos que podem sintetizar todos os metabólitos necessários a partir de íons inorgânicos, água e CO₂ usando a energia captada do sol, pelo processo fotossintético. A hidroponia é um método de cultivo de plantas que aproveita esse fato fornecendo todos os nutrientes, em sua forma inorgânica, em uma solução líquida com ou sem meio sólido (NGUYEN et al., 2016). Todavia merece destaque a qualidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva e na evapotranspiração das culturas, principalmente

em relação a sua composição química, a fim de se ter uma solução mais homogênea possível (SANTOS et al., 2017). Já em sistemas convencionais, os nutrientes não se encontram prontamente disponíveis, uma vez que as partículas do solo podem mudar sua oferta as plantas.

Segundo Samartzidis et al. (2005), o cultivo hidropônico, fornece uma maior quantidade de água disponível para a planta, o que melhora a absorção de água e nutrientes, acarretando em maior crescimento, além de elevar as taxas fotossintéticas. Essa elevação da fotossíntese pode ser explicada pela maior absorção de água e nutrientes, favorecendo a abertura estomática e assimilação do carbono. O aumento das taxas fotossintéticas, ocorre em razão das condições ambientais do sistema de cultivo, pela elevada disponibilidade de CO₂ e temperaturas ideais (ROSA et al., 2014).

Em cultivos hidropônicos com salinidade, as trocas gasosas são severamente influenciadas, como observado no trabalho de Cavalcante et al. (2019), onde foram avaliados condutividades elétricas de (1,7; 3,7; 5,7; 7,7; 9,7 e 11,7 dS m⁻¹) e duas densidades de plantio, na cultura do pimentão, por meio dos espaçamento de 20 e 30 cm, no perfil hidropônico, evidenciando em seus resultados redução da condutância estomática, como estratégia da planta ao estresse imposto pelo sal, e elevação da transpiração das plantas cultivadas no maior nível salino, com redução da fotossíntese líquida na maior condutividade elétrica. Provavelmente, esses resultados, são em resposta à redução da condutância estomática, da assimilação de CO₂ e elevação da transpiração, estimuladas pelo aumento da salinidade (SILVA et al., 2011).

Mesmo ocorrendo redução na assimilação de CO₂, por influência da salinidade, quando a concentração do CO₂ intercelular é muito baixa, o influxo deste componente na célula do mesófilo é reprimido, assim, a planta utiliza o CO₂ oriundo da respiração para manter um nível mínimo de taxa fotossintética, deixando-a limitada (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Souza et al. (2018), avaliaram o comportamento fisiológico de cultivares de meloeiro, em resposta ao aumento da salinidade em condição de vaso (0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹), constataram redução nas trocas gasosas da cultura, com declínio de 4,46%, para cada incremento unitário da salinidade. Os autores atribuem os resultados a menor taxa de absorção de carbono, pela redução na abertura estomático. A maior abertura dos estômatos contribui para a entrada de CO₂ no mesófilo foliar, aumentando sua concentração interna e consequentemente a fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Silva et al. (2013), também relataram que as plantas fecham seus estômatos para reduzir as perdas de água por meio da transpiração, resultando em menor taxa fotossintética, o que acaba resultando em crescimento reduzido da planta em condição de estresse salino (TRAVASSOS et al., 2011). Submetendo plantas de melão, a uma condutividade máxima de $5,5 \text{ dS m}^{-1}$ da solução nutritiva, Moraes et al. (2018), verificaram redução de 14% na fotossíntese, 8,03% na condutância estomática, e um incremento de 4,7% na concentração interna de CO_2 , à medida que elevaram o nível de salinidade da solução, sendo um indicativo, que o carbono não estava sendo sintetizado durante a fase de carboxilação da fotossíntese.

Em condições de salinidade, com redução da concentração interna de CO_2 , a eficiência instantânea de carboxilação tende a apresentar uma redução com a elevação da condutividade elétrica da água (BEZERRA et al., 2018), além de poder ocasionar redução da eficiência do uso da água pelas plantas, por haver redução da energia livre de água, e consequentemente do gradiente do potencial hídrico, indicando um comprometimento da atividade fisiológica (SANTOS JÚNIOR et al., 2013).

Sobre efeito salino, a pressão osmótica tende a aumentar, podendo atingir níveis em que as plantas não possuem força de sucção suficiente para triunfar sobre o potencial osmótico, reduzindo para níveis críticos a absorção de água, e nutrientes, devido a condição de estresse hídrico (DIAS & BLANCO, 2010).

Quando submetida ao estresse hídrico, com estômatos fechados, a transpiração ocorre apenas via cutícula, aumentando exponencialmente com o aumento da temperatura, devido ao aumento na permeabilidade à água da cutícula. Como resultado de uma combinação de grande influxo de energia absorvível, pode haver um superaquecimento das folhas, levando a uma regulação negativa da fotossíntese, se a condição se prolongar e os “limites letais” forem cruzados, poderão ocorrer lesões permanentes como necroses (CHAVES et al., 2016).

O correto ajuste da temperatura foliar, é realizado pelo fechamento e abertura estomática, fornecendo a planta, condições de temperatura ótimas para a realização de processos metabólicos, incluindo a fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2013), onde a transpiração é o principal mecanismo envolvido na regulação da temperatura foliar, por dissipar o calor latente.

4.5 Componentes do estresse salino em plantas

4.5.1 Componente osmótico

O componente osmótico do estresse salino em uma planta, pode resultar em redução do crescimento da planta, pela elevada concentração de solutos na solução do ambiente de cultivo, provocando um déficit através da redução do potencial hídrico, dependendo do tempo de exposição e da tolerância da planta (WILLADINO & CAMARA, 2010). Em solos salinos, os sais solúveis aumentam as forças de retenção de água, pelo aumento da pressão osmótica, reduzindo a capacidade de absorção de água pela planta, mesmo estando em um solo úmido (DIAS & BLANCO, 2016).

Em uma situação de estresse, as plantas acabam desenvolvendo mecanismos de proteção em resposta às condições adversas. O ajuste osmótico constitui-se como um dos mecanismos fisiológicos mais eficazes para a manutenção da turgescência celular, sob condições de baixo potencial hídrico (MONTEIRO et al., 2014). Plantas incapazes de se ajustar osmoticamente, invariavelmente sofrem mais danos sob estresse salino, que as plantas ajustadas osmoticamente (SAXENA et al., 2013; CABELLO et al., 2014).

Embora a salinidade reduza a disponibilidade de água para as plantas, as culturas respondem de forma distinta aos efeitos negativos dos sais, pois algumas são mais tolerantes que outras e podem extrair água com mais facilidade. Essa tolerância à salinidade depende, sobretudo, do tipo de sal, do método e da frequência de irrigação e das condições climáticas (DIAS & BLANCO, 2016; RHOADES et al., 2000).

O ajuste osmótico se estabelece pelo acúmulo, no vacúolo ou citosol, de solutos compatíveis (prolina, glicina, pinitol, trealose), que contribuem para a manutenção do equilíbrio hídrico e a preservação da integridade de proteínas, enzimas e membranas celulares (MARIJUAN & BOSCH, 2013; ASHRAF et al., 2011), sendo a prolina o soluto compatível com maior sensibilidade de resposta a condições de estresse, podendo aumentar até 100 vezes, em comparação ao observado em plantas sob condições normais (VERBRUGGEN & HERMANS, 2008).

Apesar da sua grande importância, o ajustamento osmótico promove uma tolerância ao estresse por curtos períodos, tendo um gasto energético elevado, frente a uma condição tão adversa para a planta, podendo afetar a produtividade e a eficiência de água (TAIZ & ZEIGER, 2013).

4.5.2 Componente iônico

O efeito iônico refere-se aos íons absorvidos pelas plantas, principalmente o Na^+ e Cl^- , os quais podem provocar desequilíbrios iônicos e efeitos tóxicos ao metabolismo vegetal, esse forte acúmulo de íons, pode ocorrer em vários órgãos da planta, promovendo significativa redução do conteúdo de potássio. Interações competitivas entre os íons Na^+ e K^+ pelo sistema radicular das plantas, na fase de absorção iônica, são atribuídos às similaridades físico-químicas, raio iônico hidratado e carga elétrica dos dois íons (MUNS & TESTER, 2008; ALVES et al., 2008; APSE & BLUMWALD, 2007).

Os efeitos tóxicos desses íons, quando em maiores proporções se manifestam como uma clorose marginal e com surgimento de zonas necróticas. Esses efeitos específicos aparecem, quando a planta é submetida, por vários dias, a elevados níveis de salinidade. A inabilidade das plantas para excluir o NaCl , acarreta em injúrias nas folhas mais velhas, por estarem realizando o processo transpiratório há mais tempo (WILLADINO & CAMARA, 2010).

O excesso desses íons, especialmente o Na^+ , causa grandes alterações sobre a atividade de enzimas e estruturas funcionais de proteínas, podendo ocorrer sérios problemas no transporte de água e de nutrientes minerais, e desbalanço nutricional, especialmente na relação Na^+/K^+ no citosol, podendo levar a morte da planta, reduzindo também a relação N/K^+ (SILVEIRA et al., 2016). Muitos desses efeitos em função do desbalanço na relação Na^+/K^+ , deve-se ao fato do K^+ ser ativador de mais de 50 enzimas do metabolismo vegetal e não pode ser substituído pelo Na^+ nesta função, de modo que uma elevada concentração de Na^+ ou uma alta relação Na^+/K^+ acarretará na interrupção de vários processos metabólicos essenciais, não existindo evidências de adaptação de enzimas a elevadas concentrações de sal (WILLADINO & CAMARA, 2010).

Para minimizar os efeitos do sódio no meio radicular, o aumento da concentração de Ca^{2+} é apontada como uma alternativa para minimizar os efeitos negativos da salinidade sobre o crescimento e desenvolvimento das culturas (MIRANDA et al., 2008). Esse íon, além de reduzir a absorção de Na^+ , favorece a absorção de íons, principalmente o K^+ (WIENEKE & LAUCHLI, 2007). A sinalização ao sinal do estresse salino, ocorre por proteínas quinases dependentes de Ca^{2+} no citosol, por modular a atividade dessas proteínas, o Ca^{2+} é incluído na ligação de transdução do sinal de onde é percebido o estresse, até o local de síntese de proteínas sistematizadas pelos genes de estresse (SILVEIRA et al., 2016).

4.5.3 Componente oxidativo

As espécies reativas de oxigênio, são produzidas pelos processos metabólicos normais da planta, como fotossíntese e respiração. Todavia durante situações de estresse, como o acúmulo de sais, ocorre um desequilíbrio metabólico, que leva a produção em excesso de espécies reativas de oxigênio (EROS) nas células vegetais, como o radical (O_2^-), o radical hidroxila ($OH^\cdot$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o oxigênio singlete (1O_2) (Kumar et al., 2018), levando ao estresse oxidativo, causando danos ao metabolismo das plantas, como oxidação de proteínas, lipídios e ácidos nucleicos, pelo desequilíbrio entre moléculas antioxidantes e oxidantes, ativando a via de morte celular programada e, finalmente, leva a morte da planta (ROSSATTO et al., 2017; SHARMA et al., 2012).

Os EROs são produzidos nos cloroplastos, mitocôndrias, membrana plasmática, peroxissomos, retículo endoplasmático e paredes celulares, sendo sempre formados pelo inevitável vazamento de elétrons do O_2 , das atividades de transporte de elétrons que ocorrem em organelas, ou ainda, como subproduto de várias vias metabólicas localizadas em diferentes compartimentos celulares (SHARMA et al., 2012).

O estresse salino, pode levar ao fechamento estomático, que reduz a disponibilidade de CO_2 nas folhas e inibe a fixação de carbono, que, por sua vez causa a exposição dos cloroplastos a energia de excitação excessiva, e a redução do sistema de transporte de elétrons fotossintéticos, acarretando em uma produção excessiva de EROs, e ao estresse oxidativo induzido (HERNÁNDEZ et al., 2000).

Essas espécies reativas de oxigênio, são eliminadas através do aumento da atividade de enzimas antioxidantes como superóxido dismutase SOD, ascorbato peroxidase APX e catalase CAT, que reduzem a peroxidação lipídica e os níveis de peróxido de hidrogênio (ROSSATTO et al., 2017). Os mecanismos de defesa desenvolvidos pelas plantas, além de evitar danos aos componentes celulares, mantêm certos níveis de EROs, para a transdução do sinal, uma vez que a regulação da expressão de genes codificantes de enzimas antioxidantes, cuja atividade evita ou reduz os danos potenciais causados pelos EROS, faz parte da resposta ao estresse (BARBOSA et al., 2014). Devido às múltiplas funções dos EROs, é necessário que as células controlem firmemente seus níveis, para evitar lesões oxidativas, e não os eliminar completamente (SHARMA et al., 2012).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-TAWAHA, A. R.; AL-KARAKI, G.; AL-TAWAHA, A. R.; SIRAJUDDIN, S. N.; MAKHADMEH, I.; WAHAB, P. E. M.; YOUSSEF, R. A.; SULTAN, W. A.; MASSADEH, A. Effect of water flow rate on quantity and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in nutrient film technique (NFT) under hydroponics conditions. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v.24, n.5, p.793-800, 2018.
- ALVARENGA, C. F. S.; SILVA, E. M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; SILVA, L. A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.1, p.194-205, 2019.
- ALVES, F. A. L.; FERREIRA SILVA, S. L.; SILVEIRA, J. A. G.; PEREIRA, V. L. A. Efeito do Ca^{2+} externo no conteúdo de Na^{+} e K^{+} em cajueiro expostos a salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p. 602-608, 2011.
- ALVES, F. A. L.; FERREIRA-SILVA, S. L.; SILVEIRA, J. A. G.; PEREIRA, V. L. A. 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.
- ANDRADE, F.H.A., ARAUJO, C.S.P., BATISTA, W.F., QUEIROGA NETO, J.A., DANTAS, E.E.M. and ANDRADE, R. Comportamento da cultura do pimentão submetido a diferentes níveis de salinidade. **Biofarm**, v.12, p.1-10, 2016.
- ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1999. 142 p.
- ANGELI, K.P.; DELAZARI, F.T.; NICK, C.; FERREIRA, M.G.; SILVA, D.J.H. Yield components and water use efficiency in coriander under irrigation and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.5, p.415-420, 2016.
- APRÍGIO, A; REZENDE, R; FREITAS, PSL; COSTA, AR; SOUZA, RS. Teor de nitrato em alface hidropônica em função de vazões e períodos de pós-colheita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 946-951, 2012.
- APSE, M.P.; BLUMWALD, E. Na^{+} transport in plants. **FEBS Letters**, v.581, n.12, p.2247-2254, 2007.

ARIZIO, O. and CURIONI, A. Mercado mundial y regional de coriandro (*Coriandrum sativum* L.). **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v.5, n.2, p.263-278, 2011.

ASHRAF, M.; AKRAM, N.A.; ALQURAINY, F.; FOOLAD, M.R. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. **Advances in Agronomy**, v.111, p.249-296, 2011.

BARBOSA, M. R.; ARAÚJO SILVA, M. M.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência rural**, v.44, n.3, p.453-460, 2014.

BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SANTOS, J. B.; FERNANDES, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. **Revista Ambiente e Água**, v.13, n.3, p.2130, 2018.

BHAT, S.; KAUSHAL, P.; SHARMA, H. K. Coriander (*Coriandrum sativum* L.): Processing, nutritional and functional aspects. **African Journal of Plant Science**, v.8, n.1, p.25-33, 2014.

CABELLO, J. V.; LODEVRO A. F.; ZURBRIGGEN, M. D. Novel perspectives for the engineering of abiotic stress tolerance in plants. *Current Opinion in Biotechnology*, v.26, p.62-70, 2014.

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

CHAVES, M. M.; COSTA, J.M.; ZARROUK, O.; PINHEIRO, C.; LOPES, C.M.; PEREIRA, J.S. Controlling stomatal aperture in semi-arid regions – the dilemma of saving water on being cool? **Plant Science**, v.251, n.10, p.54-64, 2016.

DAFLON, DSG; FREITAS, MSM; CARVALHO, AJC; MONNERAT, PH; PRINS, CL. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em coentro. **Horticultura Brasileira** v.32, n.1, p. 28-33. 2014.

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

DEGL'INNOCENTI, E., HAFSI, C., GUIDI, L., NAVARI-IZZO, F. The effect of salinity on photosynthetic activity in potassium-deficient barley species. **Journal of Plant Physiology**, v.166, p.1968-1981, 2009.

DIAS, M. I. M. F. **Caracterização química e molecular de amostras de *Coriandrum sativum* L. obtidas in vivo e in vitro**.123f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Escola Superior Agrária de Bragança, 2011.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2 ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. 2016, p. 129-140.

ECHER, M. M.; ZOZ, T.; ROSSOL, C. D.; STEINER, F. CASTAGNARA, D. D.; LANA, M. C. Plant density and nitrogen fertilization in Swiss chard. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.4, p. 703-707, 2012.

FURTADO, G.F.; CAVALCANTE, A.R.; CHAVES, L.H.G.; SANTOS JÚNIOR, J.A.; GHEYI, H.R. Growth and production of hydroponic pepper under salt stress and plant density. **American Journal of Plant Sciences**, v.8, p. 2255-2267, 2017.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade – INCT sal, 2016, 504p.

HAAG, H. P.; DECHEN, A. R.; ROSOLEN, D. L. **Carência de macronutrientes e de boro em plantas de urucu**. Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, v.45, n.2, p.423-31, 1988.

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

HERNÁNDEZ, J. A.; JIMÉNEZ, A.; MULLINEAUX, P.; SEVILLA, F. Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long-term salt stress is associated with induction of antioxidant defences. **Plant, cell and Environment**, v.23, p.853-862, 2000.

KUMAR, M.; KUMAR, R.; JAIN, V.; Differential behavior of the antioxidant system in response to salinity induced oxidative stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of *Brassica juncea* L. **Biocatalysis and Agricultural biotechnology**, v.13, p.12-19, 2018.

LIMA, J.S.S.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z.; FREITAS, K.K.C.; BARROS JÚNIOR, A.P. Desempenho agroeconômico de coentro em função de espaçamentos e em dois cultivos. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.4, p. 407-413, 2007.

LIU, B.; LIANG, J.; TANG, G.; WANG, X.; LIU, F.; ZHAO, D. Drought stress effects on growth, water use efficiency, gas exchange and chlorophyll fluorescence of Juglans rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v.250, p.230-235, 2019.

LUBLE, A. and VERPOORTE, R. **Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials**. Industrial Crops and Products, v.34, p.785-801, 2011.

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

MAHENDRA, P.; SHRADHA, B. Coriandrum sativum: A daily use spice with great medicinal effect. **Pharmacognosy Journal**, v.3, ed.21, p.84-88, 2011.

MARIJUAN, M.P.; BOSCH, S.M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, v.18, p.660-666, 2013.

MELO, E. A.; MANCINI FILHO, J.; GUERRA, N. B.; MACIEL, G. R. Atividade antioxidante de extratos de (*coriandrum sativum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p.195-199, 2003.

MELO, R.A.; MENEZES, D.; RESENDE, L.V.; WANDERLEY JÚNIOR, L.J.G.; MELO, P.C.T.; SANTOS, V.F. Caracterização morfológica de genótipos de coentro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n3, p.371-376, 2009.

MIRANDA, M.F.A.; PESSOA, L.G.M.; FREIRE, M.B.G.S.; FREIRE, F.J. Correção de solo salino-sódico com soluções de cloreto de cálcio cultivado com sorgo sudanense. **Revista Caatinga**, v.21, n.5, p.18-25, 2008.

MONTEIRO, J.G.; CRUZ, F.J.R.; NARDIN, M.B.; SANTOS, D.M.M. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, n.1, p.18-25, 2014.

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

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

MUNNS, R., Tester, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review Plant Biology**, v.59, p.651-681, 2008.

NADEEM, M.; ANJUM, F. M.; KHAN, M. I.; TEHSEEN, S.; EL-GHORAD, A. and SULTAN, J. I. Nutritional and medicinal aspects of coriander (*Coriandrum sativum* L.) a review. **British Food Journal**, v.115, n.5, p.743-755, 2013.

NAKATA, B. A. ; DONEGÁ, M.A. ; CAMPAGNOL, R. ; MELLO, S.C. . **Relação K:Ca e aplicação de silício na solução nutritiva para o cultivo hidropônico de coentro**. In: 50º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2010, Guarapari-ES. Horticultura Brasileira (Impresso), v.28. p.3897-3906, 2010.

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

NUNES, J. C.; CAVALCANTE, L. F.; LIMA NETO, A. J.; REBEQUI, A. M.; DINIZ, B. L. M. T.; GHEYI, H. R. Comportamento de mudas de nim à salinidade da água em solo não salino com biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.11, p.1152-1158, 2012.

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

OHSE, S; RAMOS, DMR; CARVALHO, SMD; FETT, R; OLIVEIRA, JLB. Composição centesimal e teor de nitrato em cinco cultivares de alface produzidas sob cultivo hidropônico. **Bragantia**, v.68, p. 407-414, 2009.

OLIVEIRA, A.P.; ARAÚJO, L.R.; MENDES, J.E.M.F.; DANTAS JÚNIOR, O.R.; SILVA, M.S. Resposta do coentro à adubação fosfatada em solo com baixo nível de fósforo. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.1, p.87-89, 2004.

OLIVEIRA, E.Q.; BEZERRA NETO, F.B.; NEGREIROS, M.Z.; BARROS JÚNIOR, A.P.; FREITAS, K.K.C.; SILVEIRA, L.M.; LIMA, J.S.S. Produção e valor agroeconômico no consórcio entre cultivares de coentro e de alface. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, p.285-289, 2005.

PEÇANHA, A. L.; SILVA, J. R.; RODRIGUES, W. P.; FERRAZ, T. M.; NETTO, A. T.; LIMA, R. S. N.; LOPES, T. S.; RIBEIRO, M. S.; DEUS, B. C. S.; COUTO, T. R.; SCHAFFER, B.; CAMPOSTRINI, E. Leaf gas exchange and growth of two papaya (*Carica papaya* L.) genotypes are affected by elevated electrical conductivity of the nutrient solution. **Scientia Horticulturae**, v.218, n.5, p.230-239, 2017.

PEREIRA, J.C.A.; SILVA, S.S.; DANTAS, N.J., PAZ, P.J.; AZEVEDO, C.A.V. **Desempenho de cultivares de coentro em função do manejo da irrigação na região semiárida**. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA - CONTECC, Fortaleza, Ceará. 2015.

PLUNKETT, G. M.; SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. Evolutionary patterns in apiaceae: Inferences based on matk sequence data. **Systematic Botany**, v.21, p.477-495, 1996.

PRADO, RM; CECÍLIO FILHO, AB. Nutrição e adubação de hortaliças. Jaboticabal: UNESP. 2016. 600p.

REBOLÇAS, J.R.L.; NETO, M.F.; DIAS, N. S.; NETO, O.N.S.; DINIZ, A.A.; LIRA, R.B. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga**, Botucatu, v.18, n.4, p.624-634, 2013.

REBOUÇAS, A. C. A inserção da água subterrânea no Sistema Nacional de Gerenciamento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.7, n.4, p.39-50, 2002.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep, 2002. 762 p.

ROSA, A.M.; SEÓ, H.L.S.; VOLPATO, M.B.; FOZ, N.V.; SILVA, T.C. da; OLIVEIRA, J.L.B.; PESCADOR, R.; OGLIARI, J.B. Production and photosynthetic activity of Mimosa verde and Mimosa roxa lettuce in two farming systems. **Revista Ceres**, v.61, p.494-501, 2014.

ROSSATTO, T.; AMARAL, M. N.; BENITEZ, L. C.; VIGHI, I. L.; BRAGA, E. J. B.; JÚNIOR, A. M. M.; MAIA, M. A. C.; PINTO, L. S. Gene expression. And activity of antioxidant enzymes in rice plants, cv. BRS AG, under saline stress. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v.4, n.23, p.865-875, 2017.

SALES, M. A. L.; MOREIRA, F. J. C.; ELOI, W. M.; RIBEIRO, F. A. L.; SALES, F. A. L.; MONTEIRO, R. N. F. Germinação e crescimento do coentro em substrato irrigado com água salina. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** v.9, n.3, p.221-227, 2015.

SAMARTZIDIS, C.; AWADA, T.; MALOUPA, E.; RADOGLU, K.; CONSTANTINIDOU, H.I.A. Rose productivity and physiological response to different substrates for soil-less culture. **Scientia Horticulturae**, v.106, p.203-212, 2005.

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

SANTOS, A. C.; SILVA, E. F.; SILVA, G. F.; BEZERRA, R. R.; PEDROSA, E. M. Concentração de nutrientes em tomate cereja sob manejos de aplicações da solução nutritiva com água salobra. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, n.4, p.576-585, 2017.

SAXENA, S. C.; KAUR, H.; VERMA P.; PETLA, B. P.; ANDUGULA, V. R.; MAJEE, M. Osmoprotectants: potential for crop improvement under adverse conditions. In: TUTEJA, N.; GILL, S. S. (eds.) *Plant acclimation to environmental stress*. New York: Springer, 2013. p.197-232.

SHARMA, P. JHA, A. B.; DUBEY, R. S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of botany**, v.2012, p.26, 2012.

SIAP (Sistema de información agroalimentaria y pesquera). Producción agrícola, cíclicos y perennes modalid riego más temporal. 2014.

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

SILVA JÚNIOR, G. S.; SILVA, L. E.; AGUIAR, L. A.; LIMA, A. B. Efeitos do estresse salino sobre o crescimento e equilíbrio nutricional em cultivares de melão. **Revista Cientec**, v.5, n.1, p.63-77, 2013.

SILVA, A. O.; SILVA, D. J. R.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido - PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n.1, p.147-155, 2011.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; SILVA, S. L. F.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agrícola**, v.68, p.62-68, 2011.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H. C.; FERREIRA, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Irriga**, v.18, n.2, p.304-317, 2013.

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

SILVA, V. P. R.; TAVARES, A. L.; SOUSA, I. F. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo simples e dual do coentro. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p.255-259, 2013.

SILVA, V. PR.; SOUZA, I. F.; TAVARES, A. L.; SILVA, T. G. F.; SILVA, B. B.; HOLANDA, R. M.; Evapotranspiration, crop coefficient and water use efficiency of coriander grown in tropical environment. **Horticultura brasileira**, Brasília, v.36, n.4, 2018.

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N. S.; VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2 ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p. 206-197, 2016.

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

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

SOUZA, V. F. O.; COSTA, C. C.; DINIZ, G. L.; SANTOS, J. B.; BONFIM, M. P. Physiological behavior of melon cultivars submitted to soil salinity. **Pesquisa agropecuária tropical**, Goiânia, v.48, n.3, p.271-279, 2018.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 526p.

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; NOBRE, R. G. Crescimento e produção de flores de girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.5, n.2, p.123-133, 2011.

TURKMEN, M.; BAHADIRLI, N. P.; MERT, A. Essential oil components of fresh coriander (*Coriandrum sativum* L.) herbs from different locations in Turkey. **International Conference on Advanced Materials and Systems**. ICAMS 6th, 2016.

VALDIVIA, C. H. G.; OTERO, J. T.; ORENDAY, O. D. Turbulent kinetic energy distribution of nutrient solution flow in NFT hydroponic systems using computational fluid dynamics. **Agriengineering**, v.1, p.283-290, 2019.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids**, v.35, p.753-759, 2008.

WANDERLEY JUNIOR, L.J.G.; NASCIMENTO, W.M. **Produção de sementes de coentro**. In: VI CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS, Goiânia, Brasil. 2006.

WEI, J. A.; LIU, Z. H.; ZHAO, Y. P.; ZHAO, L. L.; XUE, T. K.; LAN, Q. K. Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. **Food Chemistry**, v.286, p.260-267, 2019.

WIENEKE, J.; LAUCHLI, A. Effects of salt stress on distribution of Na⁺ and some other cations in two soybean varieties differing in salt tolerance. **Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde**, v.143, n.1, p.55-67, 2007.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, p.1-23, 2010.

ZEKOVIĆ, V; KAPLAN, M; PAVLÍČ, B; OLGUN, EO; VLADÍČ, J; CANL, O; VIDOVIĆ, S. Chemical characterization of polyphenols and volatile fraction of coriander (*Coriandrum sativum* L.) extracts obtained by subcritical water extraction. **Industrial Crops and Products**, v.87, p. 54-63, 2016.

CAPÍTULO II

Trocas gasosas e pigmentos do coentro em hidroponia NFT, com águas salobras e vazões da solução

CAPÍTULO II – Trocas gasosas e pigmentos do coentro em hidroponia NFT, com águas salobras e vazões da solução

RESUMO

Na região semiárida do Brasil destaca-se o cultivo de hortaliças, especialmente o coentro, onde a maioria dos plantios são conduzidos em pequenas áreas com águas provenientes de poços com elevados teores de sais. Objetivou-se avaliar o efeito da salinidade e das vazões de circulação da solução nutritiva, nas trocas gasosas e nos pigmentos fotossintéticos do coentro, em sistema hidropônico NFT (técnica de fluxo laminar de nutrientes) em ambiente protegido, por meio de três experimentos, um após o outro. Os experimentos foram conduzidos no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (8° 01' 05'' de latitude sul e 34° 56' 48'' de longitude oeste, com altitude média de 6,5 m), entre os meses novembro de 2019 à março de 2020, em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 4 x 4, sendo os fatores: níveis de salinidade da solução nutritiva, acrescida de água salobra (1,7; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹), e vazões de circulação da solução nutritiva (1, 2, 3 e 4 L min⁻¹), com quatro repetições. Foi utilizada a cultivar Verdão, sendo as leituras para coleta das trocas gasosas, realizada aos 30 DAS, com o analisador de gás infravermelho portátil (IRGA, modelo ADC – LCpro – SD da ADC/England). Aos 35 DAS, foram determinados os pigmentos fotossintéticos. De maneira geral, as águas cálcicas e mistas, experimento II e III, causaram maiores danos nas trocas gasosas, e aos pigmentos fotossintéticos, sendo as vazões de 3 e 4 L min⁻¹, as mais prejudiciais a atividade fotossintética da cultura, por terem causado danos iniciais nos componentes do complexo antena da fotossíntese.

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

CHAPTER II - Gas exchanges and coriander pigments in NFT hydroponics, with brackish water and solution flow rates

ABSTRACT

In the semi-arid region of Brazil, the cultivation of vegetables stands out, especially the coriander, where most of the plantations are carried out in small areas with water from wells with high levels of salts. The objective of this study was to evaluate the effect of salinity and circulation flows of the nutrient solution, on gas exchanges and on photosynthetic pigments of coriander, in a hydroponic system NFT (laminar flow technique of nutrients) in a protected environment, through three experiments, one after another. The experiments were carried out at the Agricultural Engineering Department of the Federal Rural University of Pernambuco (8 ° 01 '05' 'south latitude and 34 ° 56' 48 " west longitude, with an average altitude of 6.5 m), months November 2019 to March 2020, in a completely randomized design, 4 x 4 factorial scheme, with the following factors: salinity levels of the nutrient solution, plus brackish water (1.7; 3.0; 4.5 and 6, 0 dS m⁻¹), and flow rates of the nutrient solution (1, 2, 3 and 4 L min⁻¹), with four repetitions. The cultivar Verdão was used, the readings for collecting gas exchanges, performed at 30 DAS, with the portable infrared gas analyzer (IRGA, model ADC - LCpro - SD from ADC / England). At 35 DAS, photosynthetic pigments were determined. In general, the calcium and mixed waters, experiment II and III, caused greater damage to gas exchange, and to photosynthetic pigments, with flows of 3 and 4 L min⁻¹ being the most harmful to the photosynthetic activity of the culture, as they caused initial damage to the components of the photosynthesis antenna complex.

Keywords: Abiotic stress, cultivation without soil, *Coriandrum sativum* L.

1. INTRODUÇÃO

No semiárido Brasileiro há disponibilidade de água com altas concentrações de sal, que são inviáveis para serem usadas na irrigação da maioria das culturas. Entretanto este recurso tem se tornado cada vez mais limitante, sendo a irrigação, com água de alta concentração salina, bastante utilizada pelo agricultor (MEDEIROS et al., 2017; SÁ et al., 2015). A salinidade é um obstáculo à produção agrícola, especialmente quando associado ao manejo inadequado das culturas. O processo de salinização do solo, típico de regiões áridas e semiáridas, geralmente ocorre devido à formação geológica do solo, baixa pluviosidade, alta taxa de evapotranspiração, drenagem ineficiente e manejo agrícola inadequado (PEDROTTI et al., 2015).

Como uma alternativa de uso dessas águas, a hidroponia minimiza os efeitos deletérios do estresse salino nas culturas (SILVA et al., 2020). Problemas de toxicidade surgem quando os íons na água de irrigação se acumulam excessivamente no tecido da planta de tal forma que causam reduções no rendimento, independentemente da concentração total de sais. Este excesso, a princípio, promove um desbalanceamento osmótico celular e, posteriormente, uma toxidez iônica que causa danos ao citoplasma, resultando em danos visíveis principalmente na bordadura e no ápice das folhas mais velhas onde o acúmulo é maior (DIAS et al., 2016).

Melo et al. (2017), observaram redução da fotossíntese líquida, de plantas de pimentão, a partir da salinidade de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, com uma água de irrigação predominantemente sódica, atribuindo o comportamento fisiológico da cultura, ao aumento da toxicidade causada pelos sais e desidratação das membranas celulares, que reduz a permeabilidade para o influxo de CO_2 .

O fechamento dos estômatos, é um efeito primário ao estresse salino, sendo observado como estratégia para aumentar a resistência estomática ao fluxo de vapor de água das folhas para a atmosfera, objetivando a manutenção do potencial de água, resultando em restrição do fluxo de CO_2 (SILVA et al., 2015). Quando o estresse salino, afeta os pigmentos fotossintéticos, pelo estímulo da enzima clorofilase, ou da degradação do β -caroteno, a fotossíntese também é afetada, pois as clorofilas *a*, *b* e os carotenoides, são parte integrante do complexo antena de captação de luz (FREITAS et al., 2013; TAIZ & ZEIGER, 2013).

O presente estudo, teve como objetivo, estudar os prejuízos fisiológicos causados pela salinidade às plantas de coentro, e entender o seu comportamento, quando a vazão de circulação da solução nutritiva é aumentada em demasia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do experimento

A pesquisa foi conduzido em ambiente protegido tipo casa de vegetação, situada no Departamento de Engenharia Agrícola – DEAGRI, da Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE, em Recife, PE (8° 01' 05'' de latitude sul e 34° 56' 48'' de longitude oeste, com altitude média de 6,5 m). De acordo com a classificação de Köppen, o local de estudo possui clima do tipo As', denominado tropical quente e úmido, com chuva de outono-inverno, apresentando uma estação seca ou de estiagem, que se prolonga de setembro a fevereiro, e uma estação chuvosa, de março a agosto (JALES et al., 2012). A precipitação média anual válida para a região é de 2.400 mm ano⁻¹, com valores médios de 300-350 mm, no mês mais chuvoso (junho); com temperaturas máximas e mínimas do ar 26,5 e 21° C, de acordo com a climatologia de referência do período (1981-2010) (INMET, 2019).

2.2 Estrutura experimental

2.2.1 Casa de vegetação

A casa de vegetação onde foram conduzidos os experimentos, possui dimensões de 7 m de largura por 24 m de comprimento e 3 m de pé direito, com cobertura do tipo arco e filme de polietileno de baixa densidade com 150 µm de espessura, com tratamento contra a ação dos raios ultravioletas e com difusor de luz, além de um sombrite de 30%. A parte lateral e frontal, são constituídas de telas de nylon, cor preta, com 50% de sombreamento (Figura 2). O piso encontra-se revestido com uma manta geotêxtil (bidim).



Figura 2. Vista frontal da casa de vegetação localizada no Departamento de Engenharia Agrícola-UFRPE.

Dentro da casa de vegetação, foi instalada uma estação meteorológica automática (Campbell Scientific, modelo CR1000), de onde foram coletados dados meteorológicos para estimativa da (Temperatura do ar; Umidade relativa do ar; Radiação solar global e temperatura média da solução nutritiva), sendo essa última variável, acompanhada por meio da instalação de um fio termopar tipo “T”.

2.2.2 Unidade experimental: sistema hidropônico utilizado

O sistema hidropônico utilizado foi o NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), sendo cada parcela constituída de quatro perfis hidropônicos trapezoidais (75 mm) independentes, de 3 m de comprimento, dispostos em um cavalete, com espaçamento de 0,20 m entre plantas e 0,30 m entre os perfis (Figura 3). A altura média de instalação dos perfis ao solo é de 1,10 m possuindo três pontos de apoio e uma inclinação de 3,33%.

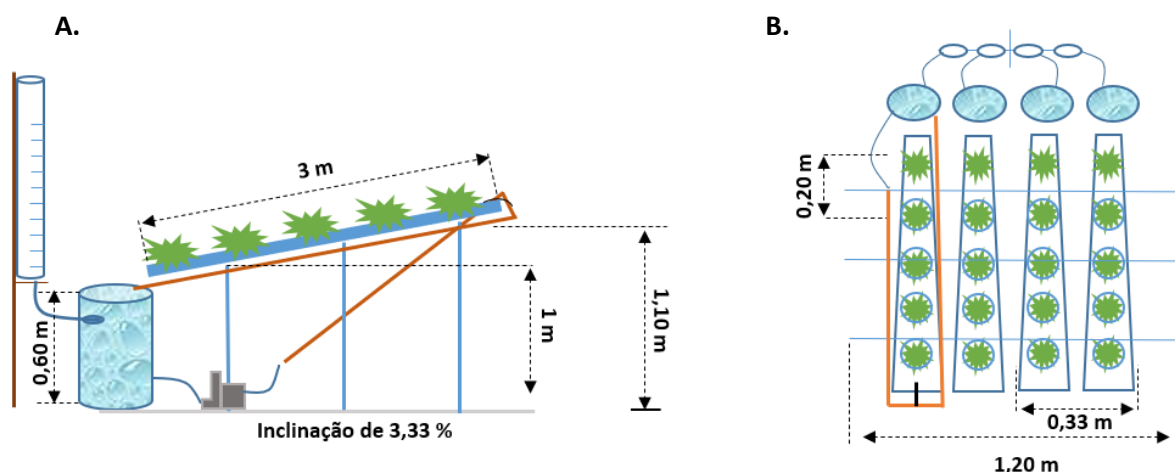


Figura 3. Vista lateral da parcela experimental (A) e medidas de espaçamento utilizadas para a produção hidropônica do coentro (B).

Em cada perfil foi instalado uma eletrobomba de circulação de 220 V, com potência de 34 W e vazão máxima de 14 L min^{-1} (Figura 4 A), um reservatório principal para estoque da solução nutritiva com capacidade de 40 L (Figura 4 B) e um reservatório secundário de 15 L para abastecimento automático e imediato, do principal, que funcionava por gravidade, a fim suprir o volume evapotranspirado (Figura 4 C) (SOARES et al., 2009).

As diferentes vazões que foram usadas, ao longo dos ciclos, foram calibradas, por meio de registros de gaveta de 20 mm, instalados na tubulação que era conduzida a solução

nutritiva, fazendo uso de um reservatório graduado e um cronômetro, todas as parcelas foram devidamente calibradas, no início de cada ciclo, para garantir a correta distribuição dos tratamentos.

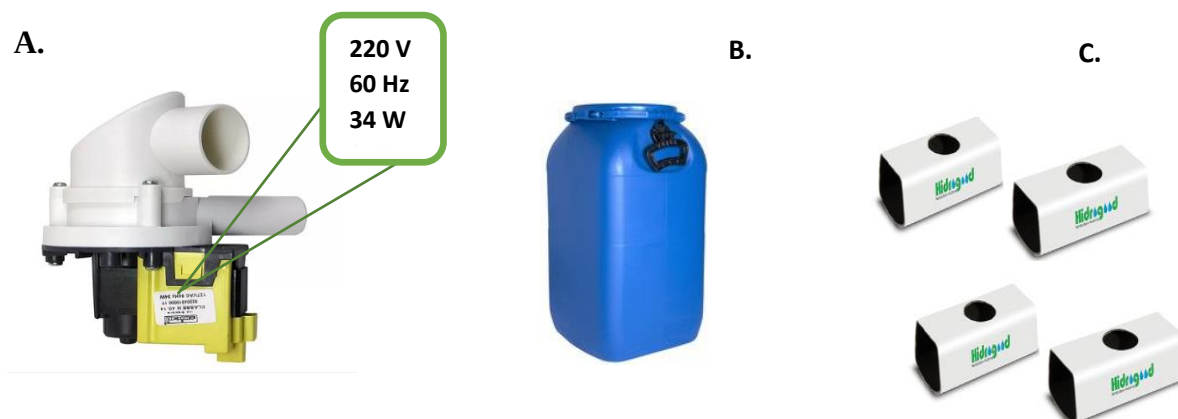


Figura 4. Eletrobomba de circulação (A), reservatório para solução nutritiva (B), perfis hidrogood (C).

2.3 Delineamento experimental e tratamentos

Foram realizados três experimentos, um após o outro e, nestes, foi utilizado o mesmo arranjo experimental. Adotou-se, portanto, o delineamento inteiramente casualizado - DIC, analisado em um esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições, totalizando 64 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram em quatro níveis de condutividade elétrica e quatro vazões de aplicação da solução nutritiva (Figura 5), ou seja, as plantas foram submetidas, a soluções nutritivas preparadas com águas salobras, possuindo quatro diferentes níveis de salinidade, quais sejam: 1,7; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, as quais foram aplicadas em quatro vazões de irrigação (1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 L min⁻¹).

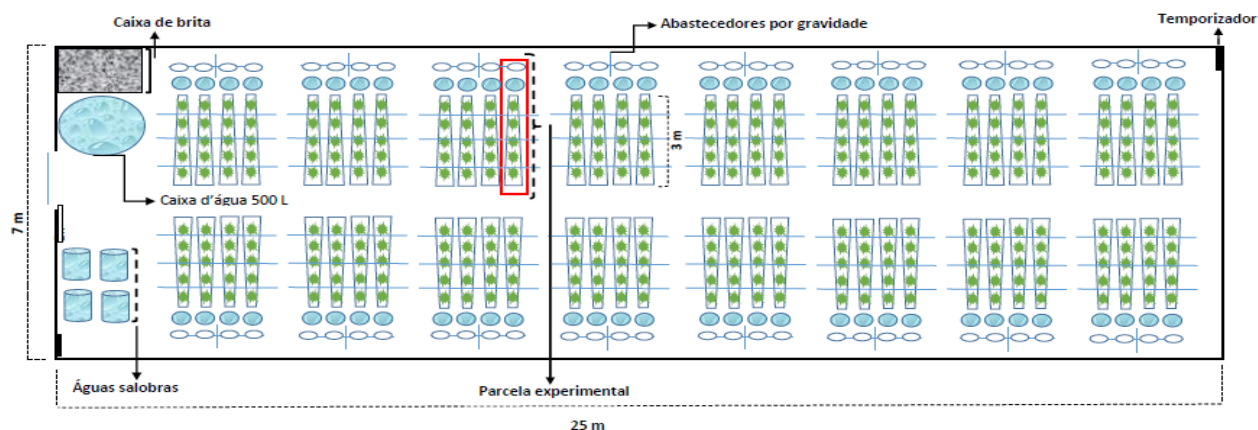


Figura 5. Croqui e vista superior das parcelas experimentais usadas na pesquisa.

Cada ciclo, foi conduzido seguindo a mesma distribuição de tratamentos, sendo feita a limpeza dos perfis hidropônicos, e reservatórios, ao término de cada experimento (Figura 6).



Figura 6. Registro da montagem, condução e higienização da estrutura experimental.

2.4 Preparo e manejo da solução nutritiva

- Experimento I: água sódica

A água com diferentes CE, foram preparadas mediante adição de NaCl na água de abastecimento, baseado na Equação 1, seguida do acréscimo dos macro e micronutrientes para o preparo da solução nutritiva conforme Furlani (1998). Após a homogeneização, foram realizadas leituras de pH e condutividade da solução (CESol) (Tabela 1).

$$\text{Conc. NaCl} = \frac{585 \times (CEd - CEu) \times Vt}{1000} \quad (1)$$

Em que:

Conc. NaCl – concentração de cloreto de sódio (g L^{-1});

CEd – condutividade elétrica desejada ($dS\ m^{-1}$);

CEu – Condutividade elétrica da água de abastecimento ($dS\ m^{-1}$);

Vt – volume total do reservatório (L).

Tabela 1. Concentração de cloreto de sódio (NaCl) e condutividade elétrica (CESol) para os diferentes tratamentos.

Tratamentos	NaCl ($g\ L^{-1}$)	CEa ($dS\ m^{-1}$) NaCl	CESol ($dS\ m^{-1}$) NaCl + Furlani (1998)
T1	0,000	0,2	1,7
T2	0,760	1,5	3,0
T3	1,640	3,0	4,5
T4	2,520	4,5	6,0

*(Oliveira et al., 2018).

- Experimento II: **água cálcica**

A água com diferentes CE, foram preparadas mediante adição de $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ na água de abastecimento, seguida do acréscimo dos macro e micronutrientes para o preparo da solução nutritiva conforme Furlani (1998). Após a homogeneização, foram realizadas leituras de pH e condutividade da solução (CESol) (Tabela 2).

Tabela 2. Concentração de cloreto de cálcio ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$) e condutividade elétrica (CESol) para os diferentes tratamentos.

Tratamentos	$CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ($g\ L^{-1}$)	CEa ($dS\ m^{-1}$) $CaCl_2$	CESol ($dS\ m^{-1}$) $CaCl_2$ + Furlani (1998)
T1	0,000	0,2	1,7
T2	1,442	1,5	3,0
T3	3,107	3,0	4,5
T4	4,772	4,5	6,0

*(Rhoades et al., 2000)

- Experimento III: **água mista**

A água com diferentes CE, foram preparadas mediante adição de NaCl, $CaCl_2$ e $MgCl_2$, apresentando uma relação 2:1:1 (molar), na água de abastecimento, seguida do acréscimo dos

macro e micronutrientes para o preparo da solução nutritiva conforme Furlani (1998) (Tabela 3). Em seguida foram realizadas leituras de pH e condutividade da solução (CEa).

Tabela 3. Concentração de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂) e cloreto de magnésio (MgCl₂) e condutividade elétrica (CEsol) para os diferentes tratamentos.

Tratamentos	NaCl (g L ⁻¹)	CaCl ₂ (g L ⁻¹)	MgCl ₂ (g L ⁻¹)	CEa (dS m ⁻¹) 2:1:1	CEsol (dS m ⁻¹) 2:1:1 + Furlani (1998)
T1	0,000	0,000	0,000	0,2	1,7
T2	0,480	0,240	0,240	1,5	3,0
T3	0,960	0,480	0,480	3,0	4,5
T4	1,440	0,720	0,720	4,5	6,0

*(Rhoades et al., 1992)

2.5 Quantidade de fertilizantes aplicados

O quantitativo de íons adotado foi o proposto por Furlani et al. (1998), específico para hortaliças folhosas, sendo utilizados para o preparo da solução nutritiva o nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato monoamônico (MAP), sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de manganês, ácido bórico, molibdato de sódio e Fe-EDTA-13% (Tabela 4). Para a adição dos micronutrientes e do Fe-EDTA-13%, foi preparado uma solução estoque, na proporção de 1-1000 L, seguindo as recomendações para hortaliças folhosas. Essa medida foi tomada para facilitar o trabalho, no preparo das soluções nutritivas no campo.

A solução nutritiva foi preparada uma única vez, em cada experimento, não havendo a necessidade de troca, pois a condutividade elétrica do tratamento controle, permaneceu em um limiar acima de 1,0 dS m⁻¹.

Tabela 4. Quantidade de fertilizantes e a respectiva concentração de nutrientes para o preparo de 1000 L de solução nutritiva, para o cultivo hidropônico de culturas folhosas.

Fertilizante	g m ⁻³	NH ₄	NO ₃	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Nitrato de cálcio	750,0	7,5	108,8			142,5								
Nitrato de potássio	500,0		65		182,5									
MAP	150,0	16,5		39										
Sulfato de magnésio	400,0						40	52						
Sulfato de cobre	0,15									0,02				
Sulfato de zinco	0,3													0,07
Sulfato de manganês	1,5											0,39		
Ácido bórico	1,8								0,31					
Molibdato de sódio	0,15												0,06	
Fe-EDTA-13% Fe	16,0										2,08			
Recomendação		24	173,8	39	182,5	142,5	40	52	0,31	0,02	2,08	0,39	0,06	0,07

Fonte: Furlani (1998)

2.6 Estratégia de reposição da lâmina evapotranspirada

A solução foi aplicada com auxílio de uma eletrobomba e de um temporizador elétrico, que foi programado para injetar a solução no sistema, entre 06:00 – 18:00 horas, adotando-se intervalos de 15 min⁻¹ de funcionamento e 15 min⁻¹ de descanso, durante o dia; no horário noturno, o temporizador elétrico era programado para injetar a solução a cada 2 horas durante 15 min⁻¹.

A reposição da água evapotranspirada foi realizada com a água salobra do respectivo tratamento; para tanto foram montados sistemas de abastecedores automáticos por gravidade, dotados de uma régua graduada, individualizada para cada unidade experimental, constituído de uma tubulação de PVC de seção contínua e diâmetro de 150 mm, permitindo a transferência da solução nutritiva para o reservatório de 40 L, mediante sistema torneira-boia, possibilitando leituras diárias a fim de determinar o volume evapotranspirado por planta (V_{ETC}) durante o cultivo, conforme Eq 2:

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

em que:

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

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

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

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

Δt – intervalo de tempo entre as leituras, dias;

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

2.7 Monitoramento da solução nutritiva

A solução nutritiva foi acompanhada em dias alternados, registrando-se os valores de pH e condutividade elétrica da solução CE_{sol} , sendo a temperatura da solução, registrada diariamente, por meio da utilização de um sensor termopar tipo “T”, instalado dentro dos reservatórios da solução nutritiva; em todos os ciclos foi necessário a correção do pH, mediante adição de NaOH, objetivando, mantê-lo na faixa de 5,0 a 7,0; a condutividade

elétrica CE_{sol} , também era acompanhada junto com o pH, para quando fossem apresentados valores abaixo de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, no tratamento controle, seria feito a troca da solução nutritiva de todas as parcelas. Em nenhum dos três ciclos, foi necessário a troca da solução nutritiva, uma vez que foram ciclos relativamente curtos, em torno de 21 dias de bancada.

2.8 Mudanças, transplântio e tratamentos culturais

A cultivar de coentro, que foi utilizada nos experimentos I, II e III, foi cv. “verdão”, sendo as mudas produzidas na própria área experimental. O semeio foi realizado, em copos descartáveis de 100 ml, de cor branca, devidamente perfurados, da parte mediana até a base do copo, simulando uma malha copo, para hidroponia. Foi utilizado um substrato inerte “fibra de coco”, devidamente lavado, onde foi feito o semeio dos frutos, sendo utilizado 10 frutos por copo, um total de 20 sementes.

Do semeio até o 6º dia, as plântulas foram irrigadas com água de abastecimento, sendo a partir do 7º dia, irrigadas com solução nutritiva diluída em 50%, momento que ocorria o surgimento da primeira folha verdadeira na maioria das malhas copo. Essa irrigação com solução nutritiva diluída, permaneceu até o 13º DAS, quando ocorreu a uniformização da cultura, momento em que foi feito o desbaste em cada um dos copos, permanecendo 10 plantas em cada um deles, seguindo com o transplântio, para as bancadas, onde teve início a aplicação dos tratamentos, e a cultura foi conduzida, até o momento da colheita.

Cada parcela experimental, comportava 10 malhas copo, sendo 8 destes, área útil, e dois considerados bordaduras, de modo que na estufa tínhamos um total de 640 malhas copo, cada uma com 10 plantas. Os copos foram utilizados, como uma alternativa, para seguir com o uso da vazão de 4 L min^{-1} (Figura 7), uma vez que, o transplântio sem os copos, geraram problemas de arraste de boa parte das plantas, que estavam inseridas no início de cada perfil hidropônico, que recebia o tratamento em questão; vale destacar ainda que, as plantas que não eram carregadas de imediato, passavam a ter contato com a solução nutritiva, na sua área foliar, o que poderia prejudicar os resultados do trabalho, por este também comportar, tratamentos com elevada salinidade.



Figura 7. Vista interna do perfil hidropônico, vazão de 4 L min⁻¹.

Em se tratando do controle de pragas e doenças, o único problema com pragas, foi observado no Experimento I, em que foi realizado o controle do Pulgão (*Toxoptera* spp) e da Mosca branca (*Bemisia tabaci* G.), pelo uso do ingrediente ativo Deltametrina, na dosagem de 30 ml/100 L água, sendo realizado uma única aplicação, na metade do referido ciclo, antes de atingir o nível de dano econômico à cultura.

2.9 Temperatura da solução nutritiva e variáveis meteorológicas

Experimento I – água sódica: a temperatura da solução nutritiva, apresentou valores de temperatura máxima e mínima 39,87 e 23,25 °C na vazão 1 L min⁻¹, 35,76 e 23,98 °C na vazão 2 L min⁻¹, 36,66 e 22,64 °C na vazão 3 L min⁻¹, 38,65 e 22,73 °C na vazão 4 L min⁻¹ (Figura 8 A); Experimento II – água cálcica: a temperatura da solução nutritiva, apresentou valores de temperatura máxima e mínima, respectivamente de: 39,03 e 24,47 °C na vazão 1 L min⁻¹, 40,26 e 24,20 °C na vazão 2 L min⁻¹, 39,66 e 24,32 °C na vazão 3 L min⁻¹, 38,04 e 24,19 °C na vazão 4 L min⁻¹ (Figura 8 B); Experimento III – água mista: a temperatura da solução nutritiva, apresentou valores de temperatura máxima e mínima, respectivamente de: 36,86 e 24,37 °C na vazão 1 L min⁻¹, 38,21 e 23,37 °C na vazão 2 L min⁻¹, 36,38 e 24,39 °C na vazão 3 L min⁻¹ e 36,26 e 24,31 °C na vazão 4 L min⁻¹ (Figura 8 C).

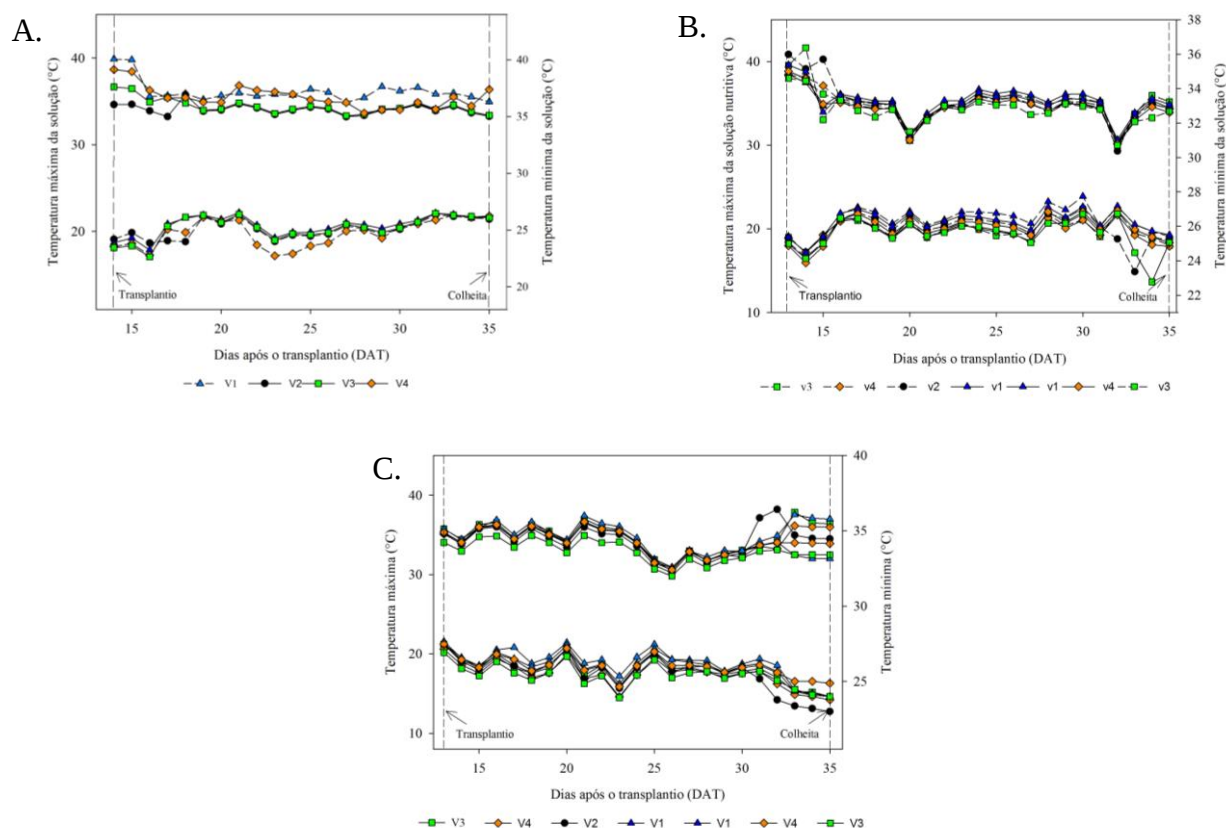


Figura 8. Temperatura máxima e mínima da solução nutritiva, experimento I (A); experimento II (B) e experimento III (C), nas diferentes vazões da solução.

As variáveis meteorológicas, também foram coletadas na estação meteorológica automática (Campbell Scientific, modelo CR1000), por meio de tabelas de registro diário. No experimento I (08 de novembro – 13 de dezembro, 2019), a temperatura média do ar foi 28,42 °C, com máxima e mínima 36,22 e 23,28 °C, respectivamente. A umidade relativa média do ar foi de 71,43%, com valores médios da máxima e mínima de 94,49 e 48,37%. A radiação solar global atingiu valor máximo de 5,54 MJ m² dia⁻¹ com média de 4,89 MJ m² dia⁻¹ (Figura 9 A).

Experimento II (13 de janeiro – 18 de fevereiro, 2020), temperatura média do ar foi 29,12 °C, com a máxima e mínima 36,94 e 24,16 °C, respectivamente. A umidade relativa média do ar, foi de 74,35%, com valores médios da máxima e mínima de 96,78 e 51,91%. A radiação solar global atingiu valor máximo de 5,53 MJ m² dia⁻¹ com média de 4,43 MJ m² dia⁻¹ (Figura 9 B).

Experimento III (16 de fevereiro – 21 de março, 2020), temperatura média do ar foi 29,20 °C, com máxima e mínima 37,53 e 24,17 °C, respectivamente. A umidade relativa média do

ar, foi de 74,54%, com valores médios da máxima e mínima de 97,29 e 51,79%. A radiação solar global atingiu valor máximo de 5,38 MJ m² dia⁻¹ com média de 4,14 MJ m² dia⁻¹ (Figura 9 C).

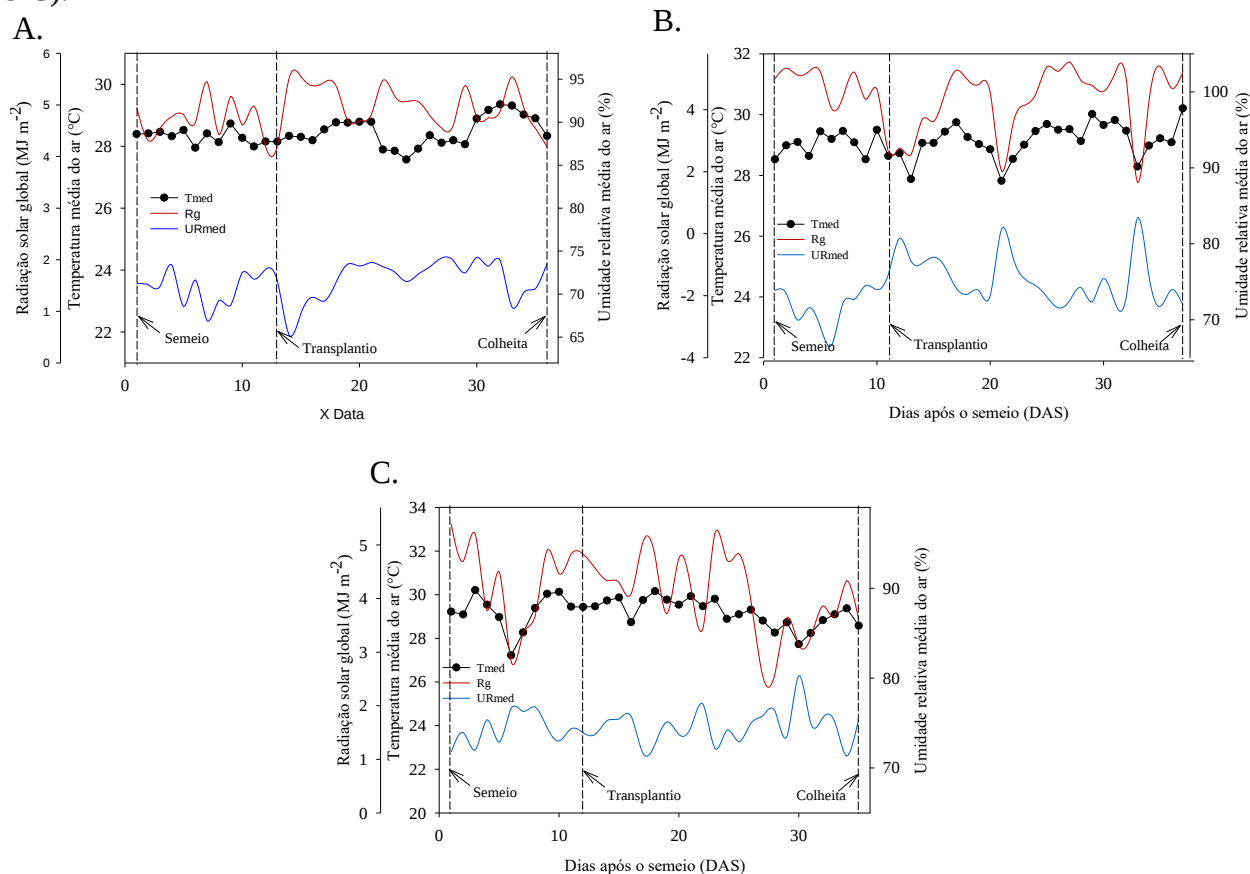


Figura 9. Variáveis meteorológicas ao longo de cada ciclo de cultivo, experimento I (A); experimento II (B) e experimento III (C).

3. Variáveis analisadas

As medidas de trocas gasosas, foram realizadas aos 30 DAS, sendo determinado, a concentração interna de CO₂ (C_i – $\mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática (g_s – $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa transpiratória (E – $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A – expressa em $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{m}^{-1}$) e eficiência instantânea de carboxilação (EC_i – mmol/mmol). Essas variáveis foram avaliadas na porção mediana do limbo da folha +3, utilizando-se de um analisador a gás infravermelho portátil (IRGA, modelo ADC – LCpro – SD da ADC/England) (Figura 10), com acoplamento de uma fonte luminosa externa, ajustada em 1200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de intensidade de radiação fotossinteticamente ativa. As medições foram realizadas no horário da

manhã entre as 8 h 30 min⁻¹ e 10 h e 30 min⁻¹, em um único momento ao longo da condução de cada um dos ciclos.



Figura 10. IRGA - Analisador de gás infravermelho portátil, com fonte luminosa externa.

Os pigmentos fotossintéticos, foram determinados aos 35 DAS, a partir de sete folhas simples completamente expandidas do quarto nó abaixo do ápice das plantas, retiradas de sete plantas por tratamento, tomadas ao acaso na parcela. No momento da coleta, as folhas foram acondicionadas em papel alumínio com duas etiquetas, uma de cada lado do papel, para identificação dos tratamentos. Após a coleta, as folhas foram submersas em nitrogênio líquido com o auxílio de uma pinça e de uma garrafa, sendo em seguida colocadas em um isopor com gelo para manter o congelamento. Esse processo foi fundamental, para que a folha tivesse paralisação de suas atividades bioquímicas, garantindo a não degradação de nenhum componente celular. O armazenamento foi realizado em ultra freezer, em uma temperatura de -80 °C, até o momento da leitura em laboratório. A extração e quantificação das clorofilas *a*, *b*, *total* e carotenoide (mg g⁻¹ MF), foi realizada por meio de leituras em espectrofotômetro (modelo 640 B), seguindo as equações e metodologias de (LICHTENTHALER & WELLBURN, 1983), usando como solvente extrator, o álcool 95% PA (Figura 11).

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

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

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

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

209

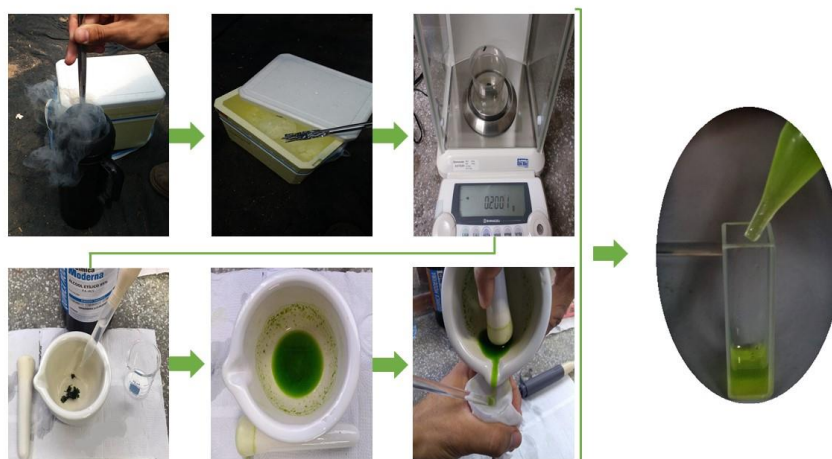


Figura 11. Coleta do material vegetal, imersão em nitrogênio líquido; armazenamento; pesagem; extração e determinação dos pigmentos fotossintéticos.

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e, quando verificado efeito significativo para os níveis de salinidade, estes foram comparados mediante análise de regressão, já quando houve significância apenas entre as vazões de aplicação da solução nutritiva, a comparação foi feita, mediante teste de média, pelo teste Tukey (5% de probabilidade).

Quando constatado efeito significativo da interação entre as salinidades das águas utilizadas no preparo da solução nutritiva, e as vazões de aplicação desta solução, foi realizado o desdobramento dos níveis de salinidade dentro de cada vazão de aplicação da solução e das vazões de aplicação dentro de cada nível de salinidade. Para todas as análises foi utilizado o software estatístico SISVAR versão 5.2 (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figura 12 (Experimento I), 13 (Experimento II) e 14 (Experimento III), encontram-se os valores de condutividade elétrica (CE), e pH da solução nutritiva, durante a condução da cultura no sistema NFT, correspondendo a um período de 21 (DAT), em função dos níveis de salinidade das águas salobras utilizadas para o preparo da solução nutritiva, e das vazões de aplicação da solução (1, 2, 3 e 4 L min⁻¹).

Pode-se observar que independente da vazão de aplicação da solução nutritiva, a (CEsol) aumentou ao longo dos ciclos, nos tratamentos em que a reposição da lâmina evapotranspirada foi feita com água salobra correspondente ao tratamento, todavia no

tratamento controle verificou-se uma redução na (CEsol); não obstante, o preparo inicial da solução nutritiva, bem como a reposição da lâmina evapotranspirada, do referido tratamento, foi feito com água de abastecimento ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$), de modo que é possível observar o efeito graficamente, no experimento I (Figura 12 A, 12 B, 12 C, 12 D), experimento II (Figura 13 A, 13 B, 13 C, 13 D) e no experimento III (Figura 14 A, 14 B, 14 C, 14 D).

Essa pequena redução na condutividade elétrica do tratamento controle, ocorre em virtude do desenvolvimento da cultura, que passa a demandar de mais nutrientes à medida que vai se desenvolvendo, consumindo os macronutrientes e micronutrientes essenciais. Resultados semelhantes foram encontrados por Soares et al. (2019), que atribuem essa redução, a reposição com água de baixa salinidade, e a remoção de nutrientes por parte das plantas.

Os valores de pH da solução nutritiva, mantiveram-se na faixa ideal em que a maioria dos nutrientes são disponibilizados às plantas, experimento I (Figura 12 E, 12 F, 12 G, 12 H), experimento II (Figura 13 E, 13 F, 13 G, 13 H) e no experimento III (Figura 14 E, 14 F, 14 G, 14 H).

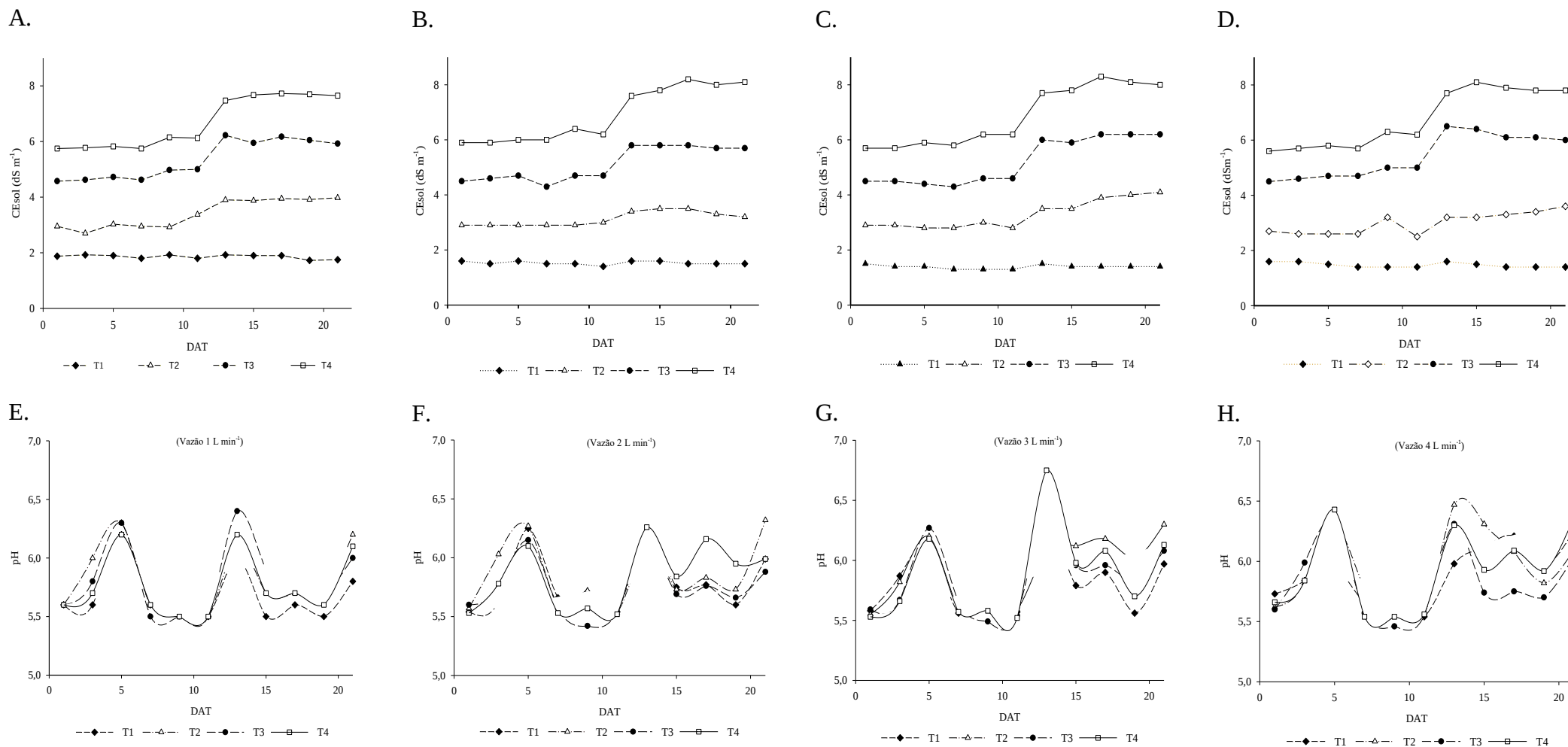


Figura 12. Valores médios de CEsol (A) e de pH (E) da solução nutritiva na vazão de 1 L min^{-1} ; CEsol (B) e de pH (F) na vazão de 2 L min^{-1} ; CEsol (C) e de pH (G) na vazão 3 L min^{-1} ; CEsol (D) e de pH (H) na vazão 4 L min^{-1} ao longo do ciclo de cultivo do Coentro, cultivar “verdão”, experimento I, água sódica.

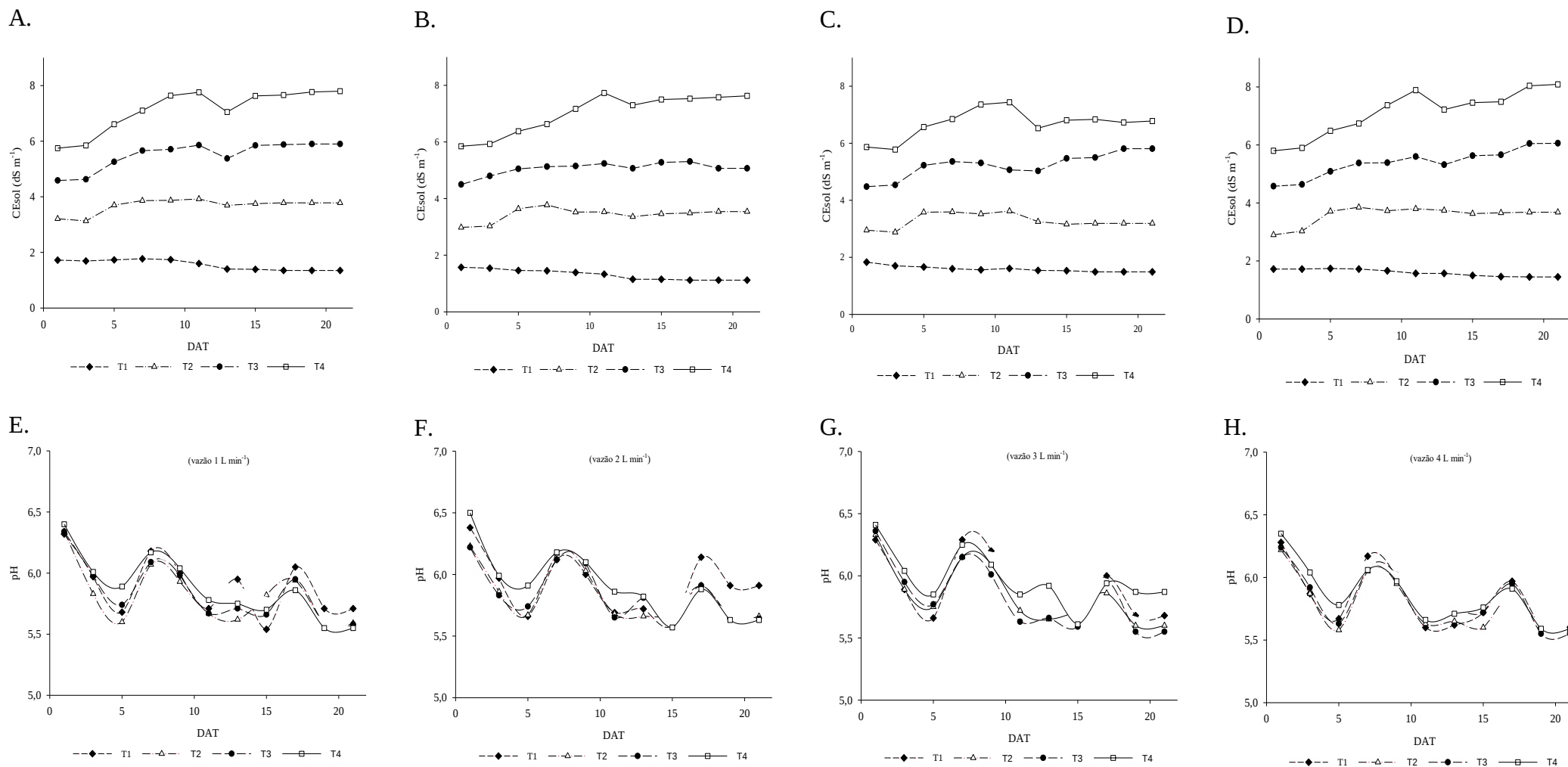


Figura 13. Valores médios de CEsol (A) e de pH (E) da solução nutritiva na vazão de 1 L min⁻¹ ; CEsol (B) e de pH (F) na vazão de 2 L min⁻¹ ; CEsol (C) e de pH (G) na vazão 3 L min⁻¹; CEsol (D) e de pH (H) na vazão 4 L min⁻¹ ao longo do ciclo de cultivo do Coentro, cultivar “verdão”, experimento II, água cálcica.

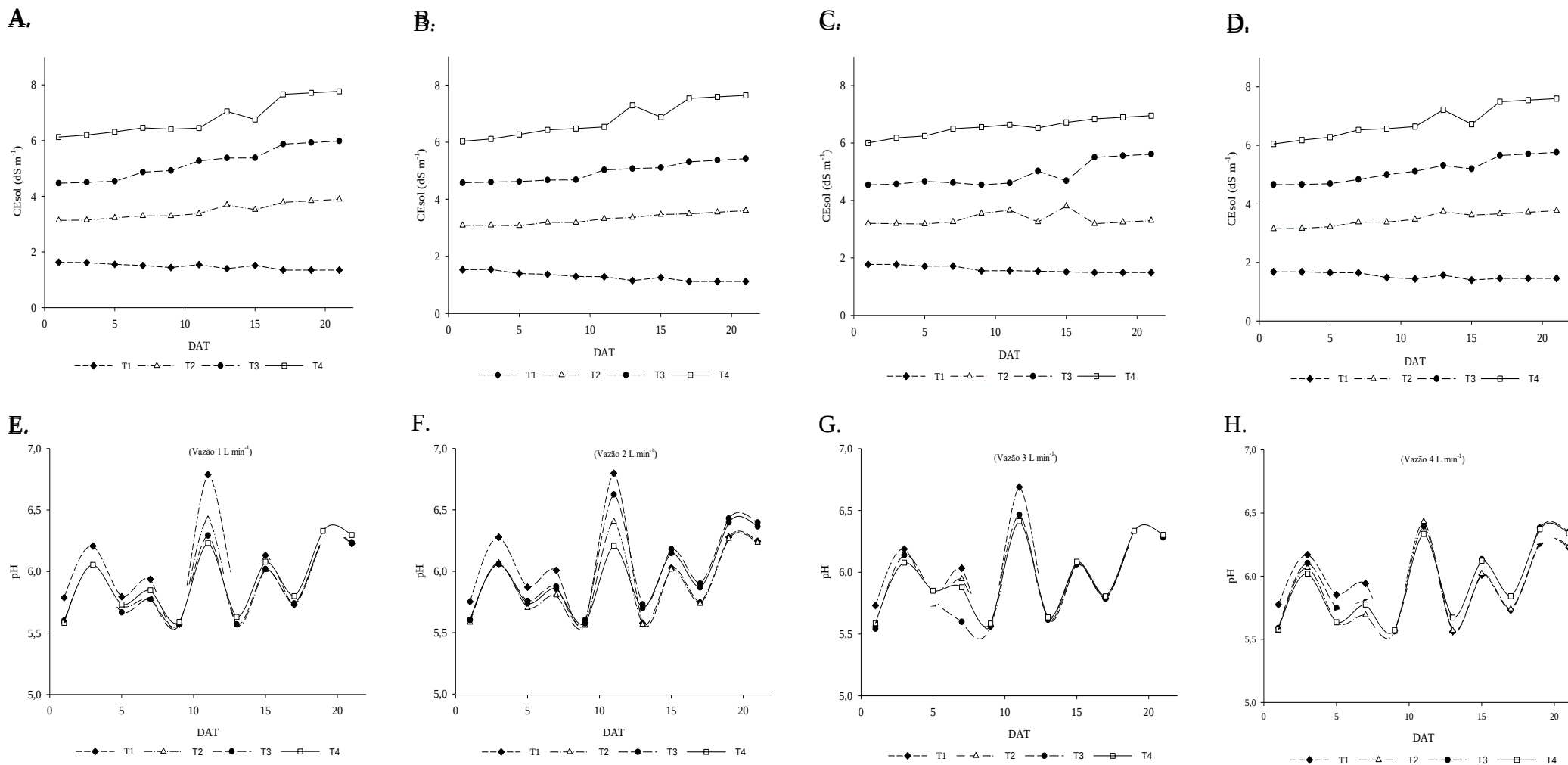


Figura 14. Valores médios de CEsol (A) e de pH (E) da solução nutritiva na vazão de 1 L min^{-1} ; CEsol (B) e de pH (F) na vazão de 2 L min^{-1} ; CEsol (C) e de pH (G) na vazão 3 L min^{-1} ; CEsol (D) e de pH (H) na vazão 4 L min^{-1} ao longo do ciclo de cultivo do Coentro, cultivar “verdão”, experimento III, água mista.

4.1 Trocas Gasosas e Fotossíntese

Pelo resumo da análise de variância, para as trocas gasosas da cultura do coentro, avaliada em ambos os experimentos, aos 30 DAS, verifica-se que no Experimento I, houve efeito da interação salinidade e vazões da solução nutritiva, para as variáveis fotossíntese (A) e concentração interna de CO_2 (C_i) ($p < 0,05$). Para a condutância estomática (G_{sw}) e eficiência de carboxilação (EC_i), houve efeito significativo ($p < 0,01$) para o efeito isolado (salinidade), não sendo observado efeito significativo, para a transpiração (E) (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância das variáveis fotossíntese ($A \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração ($E \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática ($G_{sw} \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 ($C_i \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e eficiência de carboxilação ($EC_i \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ ppm CO}_2^{-1}$), de plantas de coentro (cultivar verdão), expostas a diferentes níveis de salinidade e vazões de aplicação da solução nutritiva aos 30 DAS, em Recife – PE.

FV	GL	Quadrado médio				
		<i>A</i>	<i>E</i>	<i>Ci</i>	<i>gs</i>	<i>A/Ci</i>
Experimento I - NaCl						
CEsol (CE)	3	210,4950**	0,1456 ^{ns}	11691,7239**	0,0130**	0,0029**
Vazão (V)	3	14,0617**	0,3754 ^{ns}	3089,1822**	0,0011 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
CE X V	9	5,0688*	0,2628 ^{ns}	480,3628*	0,0013 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Resíduo	48	2,3236	0,3321	223,5781	0,0007	0,0003
CV (%)	-	8,42	12,05	8,7	12,2	17,18
Experimento II - CaCl ₂ .2H ₂ O						
CEsol (CE)	3	231,4384**	0,0731 ^{ns}	26437,2200**	0,0057**	0,0024**
Vazão (V)	3	15,0571**	0,9221**	323,0100 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
CE X V	9	6,3025 ^{ns}	0,0817 ^{ns}	1153,2600 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Resíduo	48	3,5329	0,1871	778,2100	0,0005	0,0003
CV (%)	-	12,92	9,17	21,26	11,18	16,42
Experimento III - 2:1:1 (NaCl : CaCl ₂ .2H ₂ O : MgCl ₂ .6H ₂ O)						
CEsol (CE)	3	189,6271**	57,2441**	15981,0522**	0,0279**	0,0013**
Vazão (V)	3	2,5258**	28,5238**	7006,2502**	0,0010 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
CE X V	9	0,8536 ^{ns}	3,1264 ^{ns}	1976,1985**	0,0035 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Resíduo	48	0,5960	2,1132	527,7120	0,0026	0,0002
CV (%)	-	6,87	15,52	14,73	16,39	23,01

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

No experimento II, verifica-se que não houve efeito significativo da interação salinidade e vazões da solução nutritiva, para nenhuma das variáveis analisadas. Sendo observado efeito isolado da salinidade, para as variáveis fotossíntese (A), concentração interna de CO_2 (C_i), condutância estomática (G_{sw}) e eficiência de carboxilação (EC_i) ($p < 0,01$). O efeito isolado das vazões da solução nutritiva, foi observado na fotossíntese (A) e transpiração (E) ($p < 0,01$) (Tabela 5).

No experimento III, verifica-se efeito significativo da interação salinidade e vazões da solução nutritiva, para a concentração interna de CO_2 (C_i) ($p < 0,01$). O efeito isolado salinidade, foi observado na fotossíntese (A), condutância estomática (G_{sw}), transpiração e eficiência de carboxilação (A/C_i) ($p < 0,01$), sendo o efeito isolado das vazões da solução nutritiva, observado, apenas para a fotossíntese (A) e transpiração (E) ($p < 0,01$) (Tabela 5).

4.1.1 Condutância estomática (g_s)

Na Figura 15 A, referente ao experimento I, observa-se efeito isolado do fator salinidade, com comportamento linear decrescente ($p < 0,05$), para cada incremento unitário na salinidade, verifica-se uma redução de $0,014 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na (g_s). Na comparação do tratamento controle, com o maior nível de condutividade de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, verifica-se uma perda relativa de 26,21%, com valores médios da ordem de 0,26 e $0,19 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente.

A redução da condutância, é uma estratégia da planta, para reduzir a perda de água, pela situação de estresse imposta; como consequência, a eficiência do uso da água aumenta, uma vez que o uso de moléculas de água, se torna mais eficiente (CAMPOS et al., 2014). Submetendo plantas de pimentão, até o a condutividade de $9,0 \text{ dS m}^{-1}$, Melo et al. (2017), observaram uma redução de 105,55%, na condutância estomática, aos 15 após o início dos tratamentos.

Na Figura 15 B, referente ao experimento II, também foi observado efeito isolado do fator salinidade, com comportamento linear decrescente ($p < 0,01$), para cada incremento unitário na salinidade, verifica-se uma redução de $0,010 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na (g_s). Os valores verificados no tratamento controle, em comparação com a condutividade elétrica de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, apresentaram uma perda relativa de 18,82%, com valores médios da ordem de 0,23 e $0,19 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente.

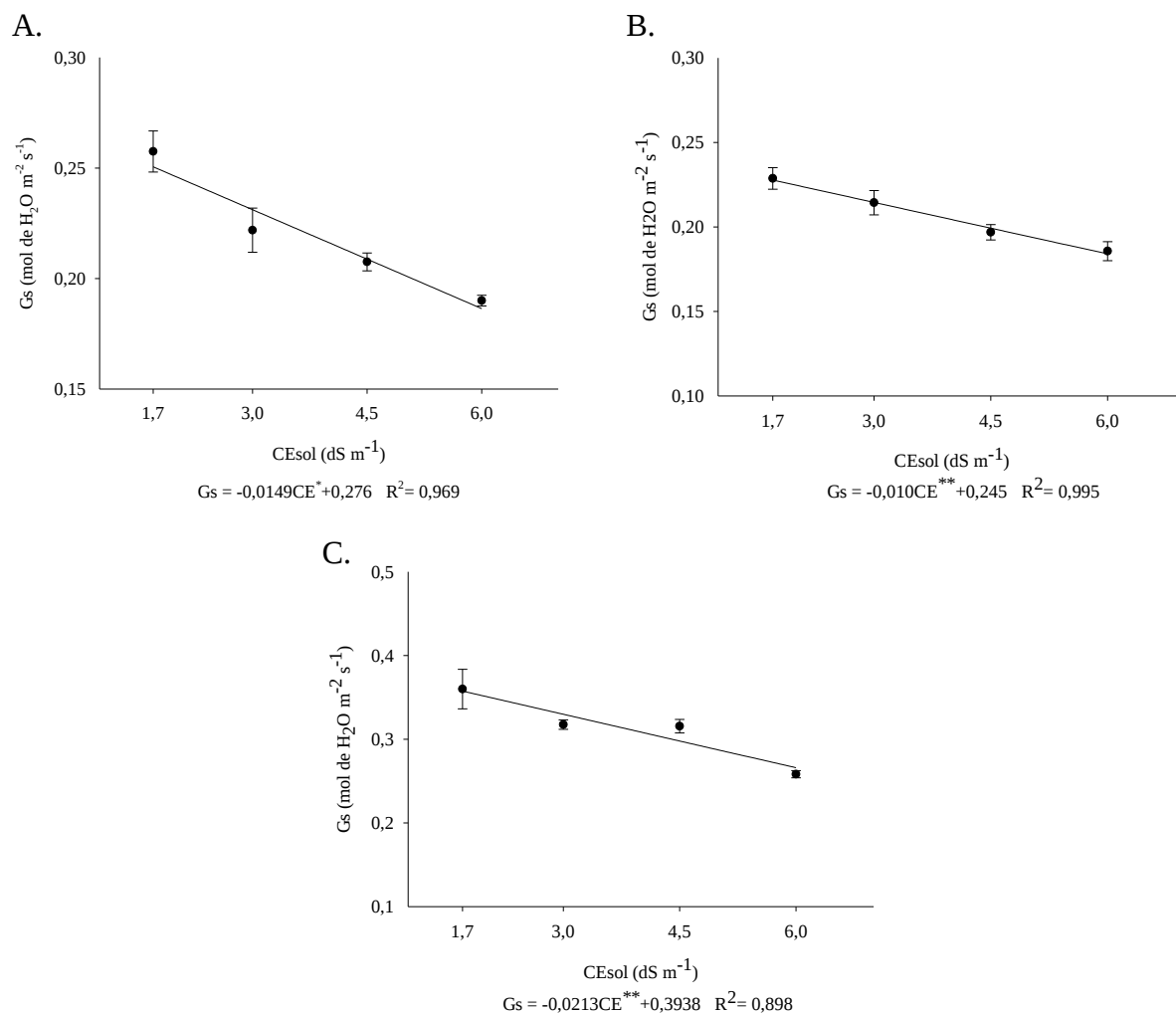


Figura 15. Condutância estomática do coentro cultivar Verdão, submetido a diferentes níveis de salinidade e vazões da solução nutritiva, preparada em águas salinizadas com NaCl (A), $CaCl_2$ (B) e uma mistura de sais na proporção 2:1:1 ($NaCl : CaCl_2 \cdot 2H_2O : MgCl_2 \cdot 6H_2O$) (C), em Recife-PE, *: regressão significativa a 5% de probabilidade; **: regressão significativa a 1% de probabilidade.

Pelo efeito linear observado na fotossíntese líquida (Figura 17 B), para o mesmo experimento, e a substancial redução, também linear, para a condutância, demonstra um comportamento reflexo, do fechamento estomático, em virtude do aumento da concentração salina da solução, levando a uma redução na difusão de CO_2 para os sítios de carboxilação.

Na Figura 15 C, referente ao experimento III, verifica-se efeito isolado do fator salinidade, com comportamento linear decrescente ($p < 0,01$), e uma redução de $0,0213 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, para cada incremento unitário na condutividade elétrica da solução nutritiva. Os valores médios observados para o tratamento controle, e a condutividade de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, apresentam uma perda relativa de 28,29%, com valores médios da ordem de 0,36 e $0,26 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente.

A redução da (g_s) acima de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$, pode ser justificada porque o aumento na quantidade de sais da solução nutritiva, reduziu a disponibilidade de água, causando redução no potencial de água das folhas, levando a perda de turgor e redução da condutância e assimilação de CO_2 , pela redução da abertura estomática (Freire et al., 2014).

O fechamento estomático, pode causar uma redução na produção de fotoassimilados, afetando o crescimento e produtividade, sendo em muitas plantas, um efeito irreversível (FEIJÃO et al., 2011).

4.1.2 Concentração interna de CO_2 (C_i)

Na Figura 16 A, sob água sódica, experimento I, observa-se interação entre o fator salinidade e as vazões da solução nutritiva, com efeito significativo ($p < 0,05$) e comportamento linear, para as vazões 1, 3 e 4 L min^{-1} , e um comportamento quadrático para a vazão de 2 L min^{-1} . A (C_i), apresentou um decréscimo de 15,44; 12,24 e $19,62 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$, para cada aumento unitário na salinidade, nas vazões 1, 3 e 4 L min^{-1} .

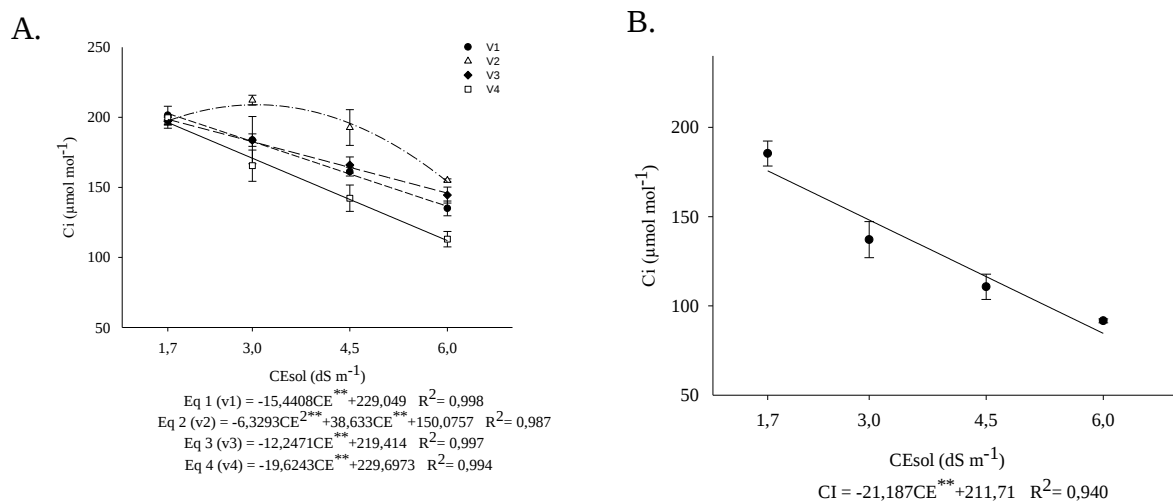
O valor máximo estimado para a concentração interna de CO_2 , na vazão 2 L min^{-1} , foi determinado pela equação 2 (Figura 16 A), com valor da ordem de $209,68 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$, na condutividade elétrica de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, indicando que o CO_2 estava sendo utilizado efetivamente, para a síntese de açúcares pelo processo fotossintético, até o nível de salinidade indicado, conforme observado na taxa fotossintética, para o mesmo experimento (Figura 17 A), que também apresenta um comportamento quadrático, na vazão de 2 L min^{-1} , com valor máximo estimado, na condutividade $3,2 \text{ dS m}^{-1}$.

Entretanto, o incremento nos níveis de salinidade da solução nutritiva, a partir dessa concentração salina, reduziu a concentração interna de CO_2 , por uma pressão do efeito osmótico, sobre o ajustamento osmótico, que por consequência, reduziu as taxas fotossintéticas nas maiores condutividades. Além da pressão osmótica, o alto nível de salinidade da solução, em contato com o sistema radicular, pode reduzir a condutividade

hidráulica das raízes, pelo aumento da lignificação dos tecidos vasculares, culminando em reduções da (*gw*) e da (*Ci*) (LIMA et al., 2014).

Na Figura 16 B, sob água cálcica, referente ao experimento II, observa-se efeito isolado do fator salinidade, com resposta linear decrescente ($p < 0,01$), para cada incremento unitário na condutividade elétrica, verifica-se uma redução $21,18 \mu\text{mol mol}^{-1}$ na concentração interna de CO_2 . Os valores médios observados, na comparação do tratamento controle, com o maior nível de condutividade elétrica da solução, evidenciam uma redução total de 50,7%, com valores médio observado da ordem de 185,3 e $91,6 \mu\text{mol mol}^{-1}$, respectivamente.

Os resultados corroboram, com os encontrados com Sousa et al. (2018), que evidenciam em seus resultados, uma redução da *Ci* de 5,15%, entre a menor e a maior concentração salina, destacando que é uma variável crucial, para o rendimento comercial da cultura. Em seus estudos com pimentão irrigado com água salina, Melo et al. (2017), encontraram redução de 6,59% na concentração interna de CO_2 , submetendo as plantas a um nível máximo de 9 dS m^{-1} em comparação com o tratamento controle.



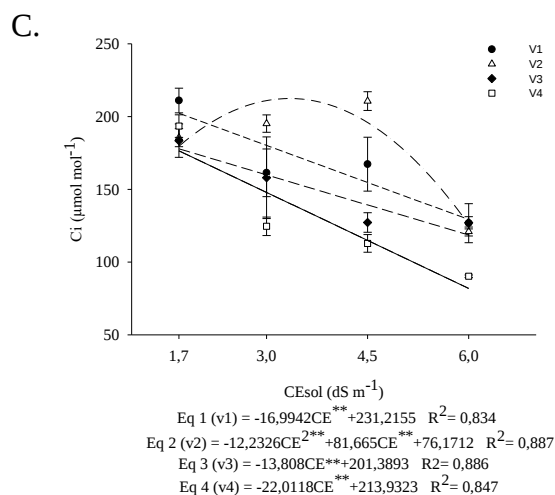


Figura 16. Concentração interna de CO_2 do coentro cultivar Verdão, submetido a diferentes níveis de salinidade e vazões da solução nutritiva, preparada em águas salinizadas com NaCl (A), CaCl_2 (B) e uma mistura de sais na proporção 2:1:1 (NaCl : $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (C), em Recife-PE, *: regressão significativa a 5% de probabilidade; **: regressão significativa a 1% de probabilidade.

Reduções lineares, da ordem de 32,27%, entre o menor ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), e o maior nível de salinidade ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$), também foram observadas, aos 25 dias após o semeio, em plantas de melão por (SOUSA et al., 2019), sendo atribuído, a redução da abertura estomática, frente ao estresse salino. Isso leva a alterações no estado das membranas dos tilacóides de cloroplastos, que causam alterações nas características dos sinais de fluorescência e consequentemente redução no crescimento e produção das plantas (SÁ et al., 2018; LIMA et al., 2018).

Na Figura 16 C, sob água mista, referente ao experimento III, verifica-se efeito interativo da salinidade com as vazões da solução nutritiva, com comportamento linear decrescente, para as vazões 1, 3 e 4 L min^{-1} , sendo verificadas reduções de 16,99; 13,80 e $22,01 \mu\text{mol mol}^{-1}$, na (C_i) para cada incremento unitário na salinidade. A vazão de 2 L min^{-1} , apresentou um comportamento quadrático, com ponto de máxima, estimado pela equação 2 (Figura 16 C), na condutividade de $3,3 \text{ dS m}^{-1}$, e valor médio da ordem de $212,4 \mu\text{mol mol}^{-1}$. Os maiores níveis de concentração interna de CO_2 , até o segundo nível de salinidade, associados com a queda na fotossíntese, no experimento III, podem estar relacionados, com a redução da atividade da Ribulose-1,5-Bifosfato Carboxilase (Rubisco), pelo seu papel na redução do carbono, por meio do ciclo de Calvin-Benson (SILVA et al., 2014; WALTER et al., 2015; GUIMARÃES et al., 2019).

Também é verificado, comportamento diferente das vazões, em cada nível de salinidade, não existindo diferença significativa entre essas, no tratamento controle, e na maior concentração salina. No tratamento 3,0 e 4,5 dS m⁻¹, as vazões de 1, 2 e 3 L min⁻¹, mostraram-se superiores à vazão de 4 L min⁻¹.

Segundo Morais et al. (2018), quando a concentração interna de CO₂ aumenta e a fotossíntese diminui, pode ser um indicativo, que o carbono não foi sintetizado, durante a fase de carboxilação da fotossíntese. Os referidos autores, constataram esse comportamento, quando submeteram plantas de melão, a salinidade máxima de 5,5 dS m⁻¹ da solução nutritiva, observando redução de 14% na fotossíntese, 8,03% na condutância estomática, e um incremento de 4,7% na concentração interna de CO₂, à medida que elevaram o nível de salinidade da solução.

4.1.3 Fotossíntese (A)

Na Figura 17 A, referente ao Experimento I, com água salinizada, com sódio, observa-se a interação entre o fator salinidade e as vazões da solução nutritiva, com efeito significativo ($p < 0,05$), e comportamento quadrático, para as quatro vazões da solução 1, 2, 3 e 4 L min⁻¹. O ponto de máxima, para os valores de fotossíntese, foi estimado por meio da equação 1 (Figura 17 A), com valor de 24,35 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, no nível de salinidade de 3,5 dS m⁻¹, que em comparação com os valores máximos estimados nas equações 2, 3 e 4 (Figura 17 A), referentes as vazões 2, 3 e 4 L min⁻¹, verifica-se uma redução de 15,2; 14,2 e 16,7% com valores médios de 20,63; 20,90 e 20,28 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. Nos níveis de salinidade 3,0 e 4,5 dS m⁻¹, a vazão de 1 L min⁻¹, destaca-se pelo melhor rendimento fotossintético das plantas, frente a salinidade.

Esse comportamento pode ser justificado, como uma adaptação da planta a condição adversa, expressando seu potencial genético até certo limiar de concentração salina, garantindo uma taxa positiva, de assimilação de CO₂, com o mínimo de perda de água (TAIZ & ZEIGER, 2013). A tendência verificada para a fotossíntese, pode ser atribuída ao ajustamento osmótico, da cultura, até o nível médio de condutividade elétrica 3,5 dS m⁻¹, essa tolerância, depende, sobretudo, do tipo de sal, do método e da frequência de irrigação, além das condições climáticas (DIAS & BLANCO, 2016; RHOADES et al., 2000).

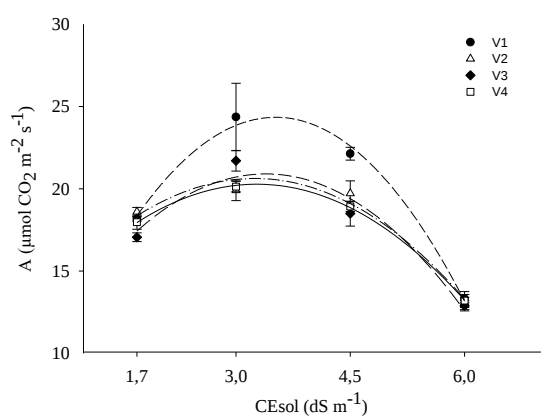
Além de respostas a curto prazo, vistas por limitações estomáticas, esse fator abiótico, pode comprometer a fotossíntese a longo prazo, devido ao tempo de exposição ao estresse,

acarretando em diminuição das concentrações de clorofila e carotenoides (ACOSTA-MOTOS et al., 2017).

A exposição prolongada a elevadas concentrações de sais da solução, podem causar toxicidade iônica, levando a alterações em uma grande variedade de reações, provocando distúrbios fisiológicos e redução da fotossíntese (SILVA et al., 2010; SOUZA et al., 2011).

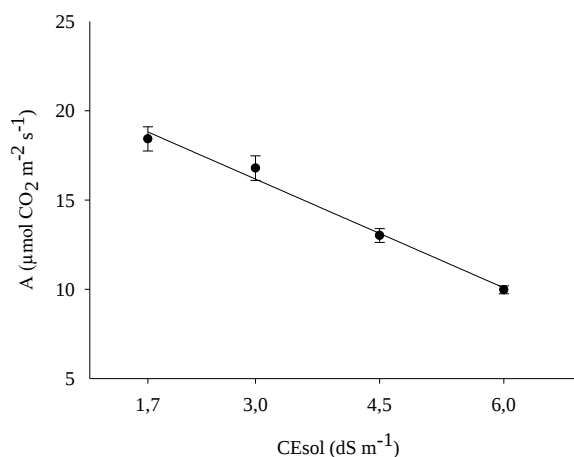
Na Figura 17 B, referente ao experimento II, com água cálcica, observa-se um efeito isolado para a salinidade, com resposta linear decrescente ($p < 0,01$), e um decréscimo de $2,031 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, para cada incremento unitário na salinidade, além de uma perda relativa de 45%, na comparação do tratamento controle $1,7 \text{ dS m}^{-1}$, com valor estimado da ordem de $18,43 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, com o maior nível de condutividade elétrica da solução nutritiva $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, com valor estimado da ordem de $9,97 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

A.



$$\begin{aligned} \text{Eq 1 (v1)} &= -1,8147\text{CE}^{2**} + 12,7691\text{CE}^{**} + 1,8876 \quad R^2 = 0,996 \\ \text{Eq 2 (v2)} &= -0,9633\text{CE}^{2**} + 6,2428\text{CE}^{**} + 10,5186 \quad R^2 = 0,969 \\ \text{Eq 3 (v3)} &= -1,2209\text{CE}^{2**} + 8,2771\text{CE}^{**} + 6,8796 \quad R^2 = 0,949 \\ \text{Eq 4 (v4)} &= -0,9477\text{CE}^{2*} + 6,2011\text{CE}^{*} + 10,1364 \quad R^2 = 0,998 \end{aligned}$$

B.



$$A = -2,0315\text{CE}^{**} + 22,2694 \quad R^2 = 0,993$$

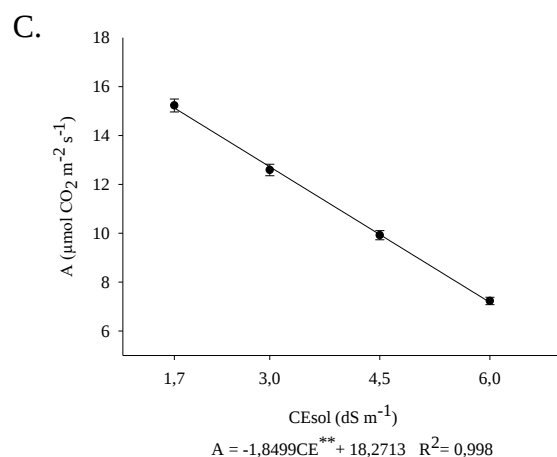


Figura 17. Fotossíntese líquida do coentro cv. Verdão, submetido a diferentes níveis de salinidade e vazões da solução nutritiva, preparada em águas salinizadas com NaCl (A), CaCl₂ (B) e uma mistura de sais na proporção 2:1:1 (NaCl : CaCl₂.2H₂O : MgCl₂.6H₂O) (C), em Recife-PE, *: regressão significativa a 5% de probabilidade; **: regressão significativa a 1% de probabilidade.

Na Figura 17 C, referente ao experimento III, com água mista, também é observado um efeito isolado, para o fator salinidade, com comportamento linear decrescente ($p < 0,01$), com decréscimo de $1,849 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, na fotossíntese, para cada aumento unitário na salinidade, e uma perda relativa de 52,5%, na comparação com o tratamento controle $15,23 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e o maior nível de condutividade elétrica, com valor estimado de $7,23 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Essas reduções na taxa fotossintética, provavelmente estão relacionadas ao aumento da toxicidade causada pelos sais, além da desidratação das membranas celulares, o que reduz a permeabilidade, para a entrada de CO₂ (MELO et al., 2017). Vale salientar, que as diminuições da assimilação de CO₂, associadas a diminuição da concentração interna de CO₂ (C_i) e a condutância estomática (G_{sw}) (Figura 16 e 15), se devem ao fechamento estomático (SILVA et al., 2010).

Guimarães et al., (2019), atribuem a redução da fotossíntese, como uma reação não estomática, pela condutância não ter sido influenciada pela salinidade, mesmo submetendo as plantas a uma condutividade elétrica de $7,6 \text{ dS m}^{-1}$. Nessas condições, as diminuições da fotossíntese, podem estar relacionadas a danos fotoquímicos (fotoinibição e/ou foto-oxidação).

Os resultados da pesquisa, se assemelham aos encontrados por Cavalcante et al. (2019), ao observarem um comportamento linear decrescente, da fotossíntese líquida, trabalhando com níveis de salinidade de 1,7 a 11,7 dS m⁻¹ na cultura do pimentão em sistema hidropônico. Os autores atribuem, em uma de suas análises, que essa redução está relacionada, ao aumento da toxicidade, causada pelos sais.

Na (Figura 18 A), verifica-se que as maiores taxas de fotossíntese líquida, foram encontradas nas menores vazões de circulação da solução nutritiva 1 e 2 L min⁻¹, com redução de 12,5%, na comparação, com os valores verificados, nas vazões de 3 e 4 L min⁻¹, pela maior absorção de CO₂, elevando a assimilação de carbono, com valores superiores para as taxas fotossintéticas. Na Figura 18 B, referente ao experimento III, verifica-se maiores taxas de fotossíntese, nas vazões 1, 2 e 3 L min⁻¹, apresentando redução de até 6,8% na comparação com o valor observado na vazão de 4 L min⁻¹.

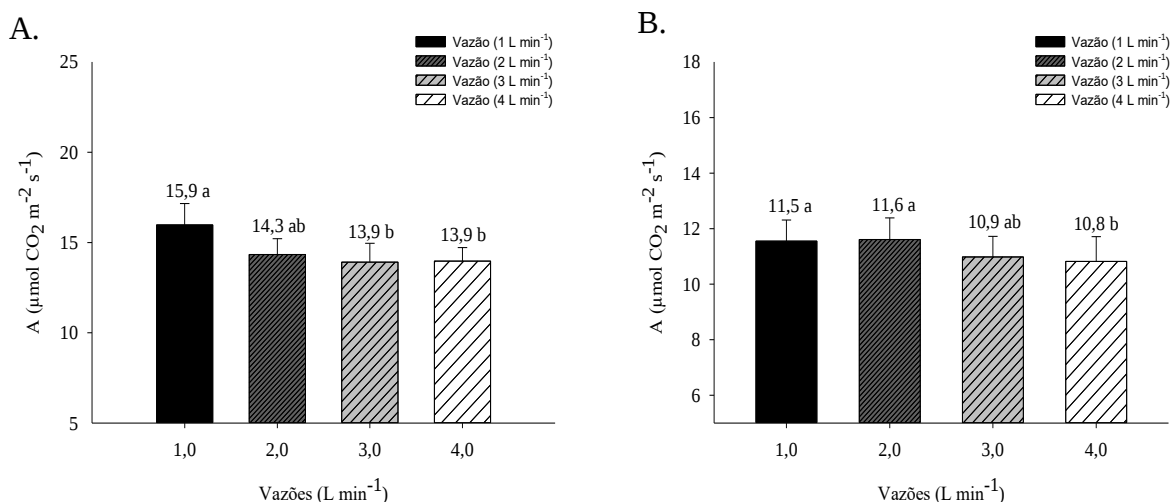


Figura 18. Fotossíntese do coentro cultivar Verdão, submetido a diferentes vazões da solução nutritiva, aos 30 DAS, no experimento II (A), experimento III (B), em Recife-PE, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Segundo Dalastra et al. (2020), o incremento no fluxo de circulação da solução nutritiva, promove maior atrito da solução com as raízes, o efeito desse atrito, pode acarretar em danos ao sistema radicular, que podem reduzir a absorção de nutrientes, levando a um desequilíbrio, com reflexo direto na fisiologia da cultura.

4.1.4 Transpiração (E)

Na Figura 19 A, referente ao experimento II, com água cálcica, verifica-se que a cultura apresentou os maiores valores de transpiração, nas menores vazões de circulação da solução

nutritiva de 1 e 2 L min⁻¹, com valores observados da ordem de 4,95 e 4,88 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹, apresentando uma redução, nas vazões de 3 e 4 L min⁻¹ de 8,75 e 9,24%, para os valores médios de 4,52 e 4,49 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹.

Possivelmente, o incremento na vazão de circulação da solução nutritiva, para 3 e 4 L min⁻¹, reduz a capacidade da planta, em absorver os nutrientes presentes na lâmina de descanso da solução nutritiva, diminuindo a assimilação de carbono, sendo um efeito negativo para a fotossíntese, como observado na (Figura 17 A). Acredita-se que o maior atrito com o sistema radicular, possa ter dificultado o desenvolvimento da planta.

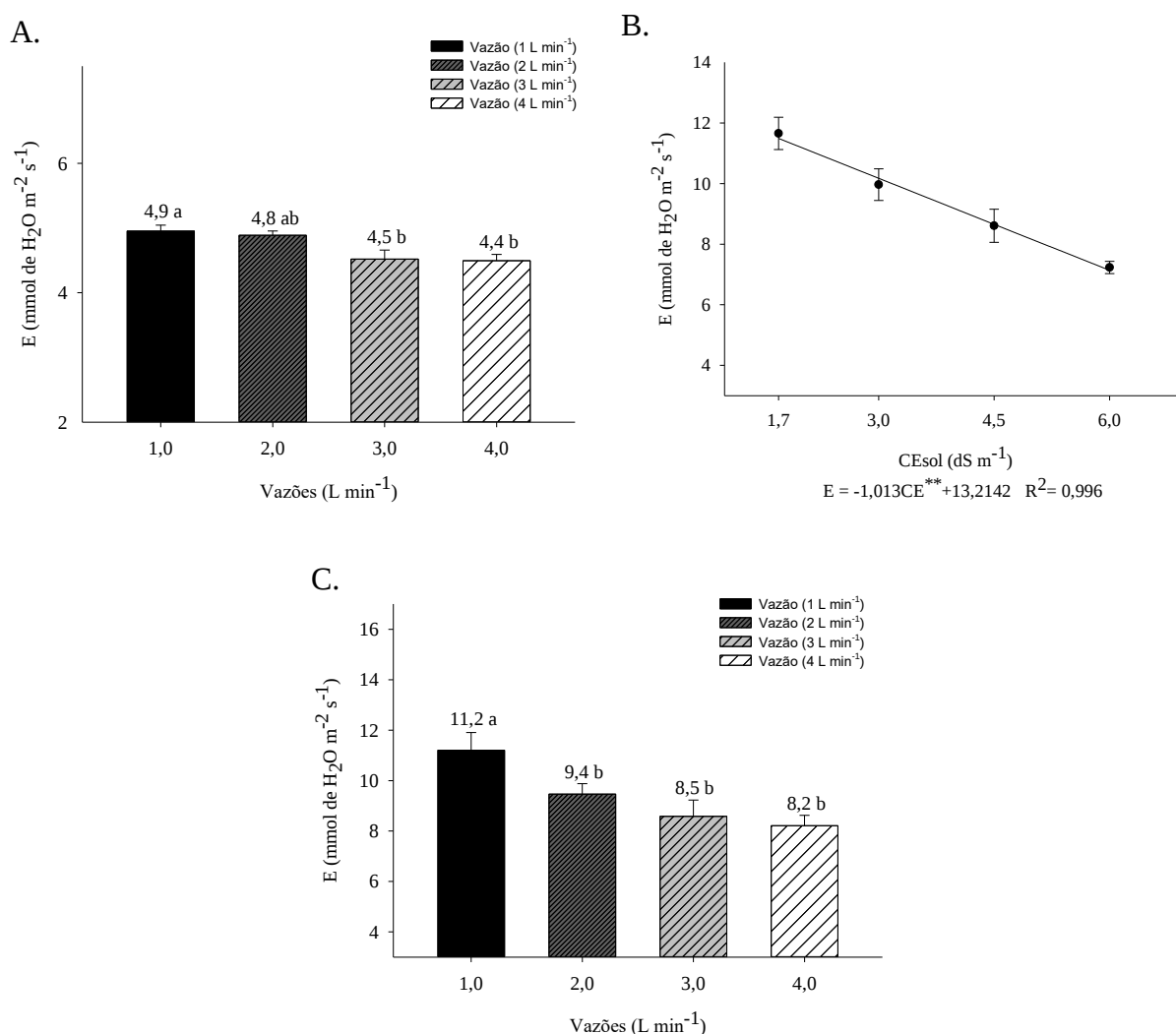


Figura 19. Transpiração do coentro cultivar Verdão, aos 30 DAS, submetido a diferentes níveis de salinidade e vazões da solução nutritiva, preparada em águas salinizadas com CaCl₂ (A) e uma mistura de sais na proporção 2:1:1 (NaCl : CaCl₂.2H₂O : MgCl₂.6H₂O) (B e C), em Recife-PE, *: regressão significativa a 5% de probabilidade; **: regressão significativa a 1% de probabilidade.

Na Figura 19 B, referente ao experimento III, com água mista, observa-se efeito isolado do fator salinidade, com comportamento linear decrescente ($p < 0,01$). Na comparação do valor estimados no tratamento controle 11,66 mmol de $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, com o maior nível de salinidade 7,23 mmol de $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, verifica-se uma redução de 37% na transpiração. Para cada aumento unitário na salinidade, ocorre uma redução de 1,013 mmol de $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, na transpiração.

A redução da transpiração, se deve ao estresse sofrido pela cultura, em decorrência do tempo de exposição a solução nutritiva salina. Assim sendo, a transpiração diminui, em decorrência do estresse hídrico induzido, ocasionado pelo estresse osmótico, com consequente redução da taxa fotossintética (GUIMARÃES et al., 2019).

Na Figura 19 C, referente ao experimento III, também é possível observar efeito isolado para o fator vazão da solução nutritiva, verificando-se maior transpiração, na menor vazão 1 L min^{-1} , com valor da ordem de 11,21 mmol de $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Com o aumento da vazão, ocorreu um fechamento estomático, verificando-se uma redução na transpiração de 15,5; 23,4 e 26,7%, nas vazões de 2, 3 e 4 L min^{-1} , respectivamente.

Quando as plantas são submetidas ao estresse salino, o efeito primário observado é o fechamento dos estômatos, como estratégia para aumentar a resistência estomática ao fluxo de vapor de água das folhas para a atmosfera, objetivando a manutenção do potencial de água nas folhas, evitando a desidratação das células guardas, resultando em restrição do fluxo de CO_2 (SILVA et al., 2015).

A limitação estomática é conhecida como a primeira causa de inibição da transpiração e da fotossíntese, entretanto a redução da (E), induzida pela (g_s), tem sido relatada como um mecanismo de tolerância ao sal, para diminuir o consumo de água e retardar o acúmulo de sais nas brotações (SILVA et al., 2014; RODRIGUES et al., 2014).

Os resultados, corroboram com os encontrados por Guimarães et al. (2019), trabalhando com cultivares de alface crespa, em cultivo hidropônico, com reduções na transpiração observadas aos 14 e 21 dias após o transplante, com os maiores valores, verificados na menor condutividade elétrica, na ordem de 4,8 e 6,2 mmol de $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

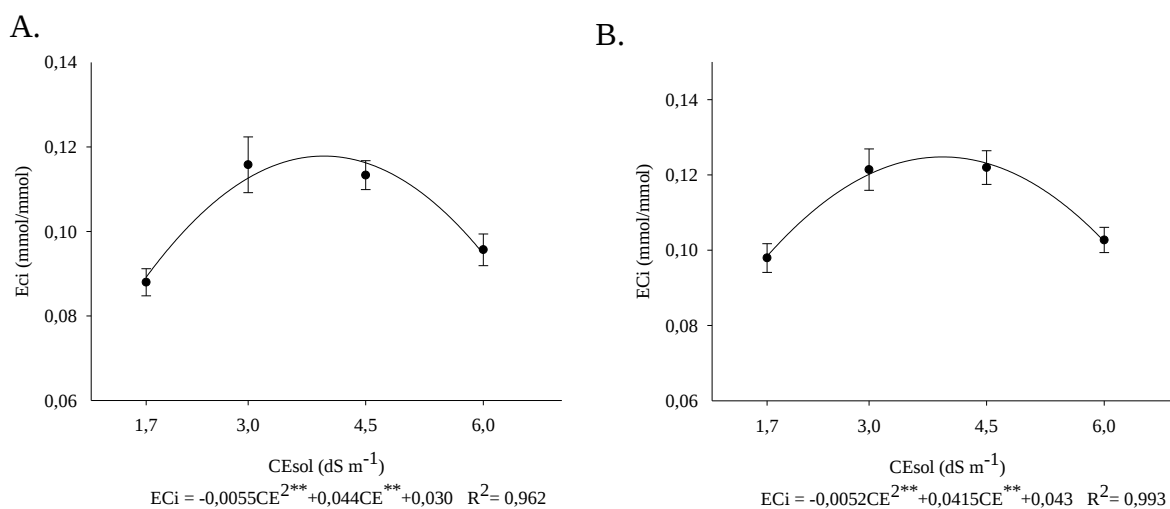
4.1.5 Eficiência de carboxilação (E_{ci})

Na Figura 20 A, referente ao experimento I, observa-se efeito isolado do fator salinidade, com comportamento quadrático ($p < 0,01$), com ponto de máxima, estimado na condutividade

de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, com valor da ordem de $0,118 \text{ mmol/mmol}$. Esse comportamento da (ECi), deve-se a estreita relação existente entre a fotossíntese líquida e a concentração interna do CO_2 (Melo et al., 2017), onde verifica-se um comportamento semelhante com as taxas fotossintéticas, para o mesmo experimento (Figura 17 A).

Na Figura 20 B, referente ao experimento II, também é verificado efeito isolado do fator salinidade, com comportamento quadrático ($p < 0,01$), e ponto de máxima, estimado na condutividade de $3,9 \text{ dS m}^{-1}$, pela equação da (Figura 20 B), com valor médio da ordem de $0,126 \text{ mmol/mmol}$. O comportamento observado, indica que não houve restrições metabólicas, sendo o carbono usado na fase de carboxilação das células do mesofilo (LIMA et al., 2017).

Submetendo o pimentão a irrigação com água de elevada salinidade, Melo et al. (2017), verificaram redução da (ECi) de 39,45%, na comparação do tratamento controle, com o maior nível de salinidade de 9 dS m^{-1} . A redução da (ECi), é acompanhada de uma redução na taxa fotossintética e da concentração interna de CO_2 , de 48,86 e 6,59%, respectivamente.



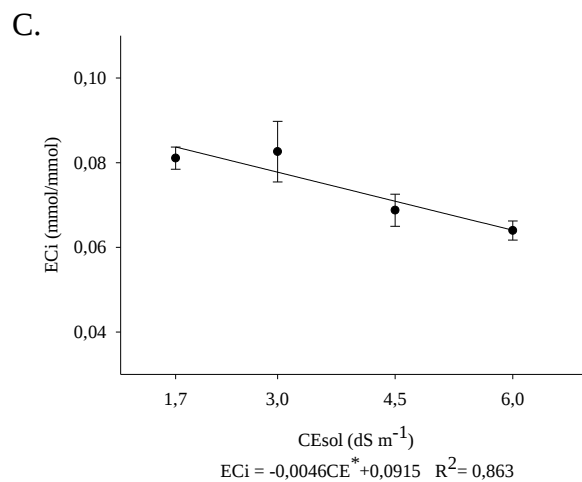


Figura 20. Eficiência instantânea de carboxilação (EC_i) do coentro cultivar Verdão, submetido a diferentes níveis de salinidade e vazões da solução nutritiva, preparada em águas salinizadas com NaCl (A), CaCl_2 (B) e uma mistura de sais na proporção 2:1:1 (NaCl : $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (C), em Recife-PE, *: regressão significativa a 5% de probabilidade; **: regressão significativa a 1% de probabilidade.

Na Figura 20 C, referente ao experimento III, verifica-se o efeito isolado do fator salinidade, com comportamento linear decrescente ($p < 0,01$), e redução de 0,0046 mmol/mmol, para cada incremento unitário na condutividade elétrica, da solução nutritiva. Na comparação do tratamento controle, com o maior nível de salinidade, verifica-se uma perda relativa de 21,1%, com valores da ordem de 0,081 e 0,064 mmol/mmol. O resultado reflete as menores taxas fotossintéticas observadas no experimento III, com comportamento também linear (Figura 17 C).

Valores baixos na concentração interna de CO_2 , associados com redução da (g_s), indicam um decréscimo na eficiência instantânea de carboxilação, pela redução da disponibilidade de ATP e NADPH, além do substrato para a rubisco. Quando as concentrações de CO_2 intercelular são muito baixas, o influxo deste componente no mesófilo, acaba sendo restringido; nessa situação a planta utiliza o CO_2 proveniente da respiração, para manter um nível mínimo de taxa fotossintética, tornando-a limitada (TAIZ & ZEIGER, 2013).

4.2 Pigmentos fotossintéticos

4.2.1 clorofila *a*

Na Tabela 6, verifica-se um comportamento quadrático, para o efeito isolado do fator salinidade ($p < 0,05$), sob água sódica, com valor máximo estimado, na condutividade de $3,7 \text{ dS m}^{-1}$, e valor médio de $1,76 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$. Na comparação com o maior nível de salinidade, ocorreu uma redução de 5,2% no conteúdo da clorofila *a*, com valor da ordem de $1,43 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$. Esse comportamento, tem uma relação direta, sobre o rendimento fotossintético da planta, observado na (Figura 15 A), uma vez que, clorofilas e carotenoides são parte integrante do complexo antena de captação de luz para o processo fotossintético (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Essa redução a partir da salinidade de $3,7 \text{ dS m}^{-1}$, pode ter ocorrido devido ao estímulo da atividade da enzimática clorofilase, que degrada as moléculas desse pigmento fotossintético (FREIRE et al., 2013), ou ainda, pode ser uma estratégia para economizar energia e absorver menos energia luminosa e, conseqüentemente, diminuir o fluxo de elétrons para a cadeia de transferência, evitando eventuais tensões foto-oxidativas (SILVA et al., 2016).

Verifica-se ainda, efeito isolado do fator vazão de aplicação da solução nutritiva, sob água sódica, com as maiores concentrações de clorofila *a* encontradas, nas vazões de 1 e 2 L min^{-1} , com valores de $1,751$ e $1,629 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$. Com o incremento na vazão de circulação da solução nutritiva, a concentração da clorofila *a*, apresentou uma redução de 14,31 e 13,97%, com valores da ordem de $1,5$ e $1,506 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$, nas vazões de 3 e 4 L min^{-1} (Tabela 6).

Tabela 6. Clorofila *a* das plantas de coentro cv. “Verdão”, aos 35 DAT, expostas a condutividade elétrica e vazões de aplicação da solução nutritiva.

Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)						
	1,7	3,0	4,5	6,0	equações	R ²
Experimento I - NaCl						
CEsol: p<0,01; Vz: p<0,05; CEsol vs Vz: ns; (CV: 15,19)						
Clorofila <i>a</i>	1,50	1,71	1,73	1,43	Y = -0,0624CE ^{2*} +0,4638CE [*] +0,897	0,998
	Vazões (L min ⁻¹)				-	-
	1,0	2,0	3,0	4,0	-	-
Clorofila <i>a</i>	1,75a	1,62ab	1,51b	1,50b	-	-
Experimento II - CaCl ₂ .2H ₂ O						
Clorofila <i>a</i>	CEsol: p<0,01; Vz: p<0,01; CEsol vs Vz: p<0,05; CV: 7,04					
Vazão 1	2,00a	2,23a	2,23a	2,04a	Y = -0,0538CE ^{2**} +0,420CE ^{**} +1,4478	0,992
Vazão 2	1,92a	2,22a	2,01a	1,74b	Y = -0,0685CE ^{2**} +0,4731CE ^{**} +1,3495	0,897
Vazão 3	1,99a	2,23a	1,98a	1,68b	Y = -0,0628CE ^{2**} +0,3989CE ^{**} +1,5302	0,922
Vazão 4	1,80a	2,28a	2,10a	1,60b	Y = -0,1197CE ^{2**} +0,8640CE ^{**} +0,7076	0,967
Experimento III - 2:1:1 (NaCl : CaCl ₂ .2H ₂ O : MgCl ₂ .6H ₂ O)						
CEsol: p<0,01; Vz: p<0,01; CEsol vs Vz: ns; (CV: 9,15)						
Clorofila <i>a</i>	1,86	2,06	2,10	1,90	Y = -0,0493CE ^{2*} +0,388CE ^{**} +1,349	0,998
	Vazões (L min ⁻¹)				-	-
	1,0	2,0	3,0	4,0	-	-
Clorofila <i>a</i>	2,18a	1,95b	1,93b	1,56b	-	-

Letras diferentes na coluna, indicam diferenças significativas entre as vazões, em cada um dos níveis de salinidade; diferentes na linha, indicam diferenças significativas entre as vazões, em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de média Tukey.

Sob água cálcica, verifica-se efeito interativo, entre a salinidade e as vazões de aplicação da solução nutritiva, com comportamento quadrático, para as quatro vazões de circulação da solução nutritiva (Tabela 6). Na comparação entre as vazões, para o maior nível de salinidade, a vazão de 1 L min⁻¹, mostra-se superior as demais vazões, sendo observado, reduções de 14,3; 17,2 e 21,3%, na comparação com as vazões, com menor rendimento, observado na vazão 4 L min⁻¹.

Para a vazão de 4 L min⁻¹, os incrementos dos níveis de salinidade, fizeram com que as plantas reduzissem a concentração de clorofila *a* consideravelmente, apresentando uma redução de 24% na comparação dos valores observados na condutividade de 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, com valores da ordem de 2,11 e 1,60 mg g⁻¹ MF.

Sob água mista, verifica-se um comportamento quadrático, com efeito isolado do fator salinidade ($p < 0,05$), com valor máximo estimado na condutividade de 3,9 dS m⁻¹, e valor médio de 2,112 mg g⁻¹ MF (Tabela 6). Os resultados se assemelham aos encontrados por Melo et al. (2017), que verificaram um comportamento linear decrescente para a clorofila *a*, porém relatam uma maior sensibilidade do pimentão, ao estresse salino, verificando reduções de 50%, na comparação do tratamento controle, com o maior nível de salinidade (9 dS m⁻¹).

Para Houimili et al. (2008), as reduções da clorofila *a*, pelo estresse salino, pode ser um indicativo, da instabilidade dos complexos proteicos ou modificações das atividades metabólicas, que podem reduzir a biossíntese da clorofila *a*. Para Tatagiba et al. (2014), as reduções da clorofila *a*, tem reflexo sobre as taxas fotossintéticas, sendo evidenciado em seus resultados uma redução de 59% na fotossíntese, atrelado a uma redução de 34% na clorofila *a*, quando as plantas de tomate, foram submetidas a uma concentração de 150 mmol L⁻¹ de NaCl.

O efeito isolado das vazões, sob água mista, resultou em maiores concentrações de clorofila *a*, na vazão de 1 L min⁻¹, com valor de 2,183 mg g⁻¹ MF. Nesse caso, o incremento na vazão de circulação da solução nutritiva, também reduziu a clorofila, apresentando decréscimo de 10,51; 11,33 e 14,53 para as vazões de 2, 3 e 4 L min⁻¹, com valores observados de 1,953; 1,935 e 1,866 mg g⁻¹ MF.

Esse comportamento, é fruto de uma menor capacidade da planta de absorver os nutrientes presentes na solução nutritiva, pelo menor tempo de contato com o sistema radicular, ou ainda pela própria composição das águas salobras de cada experimento, devendo-se levar em consideração, as deficiências nutricionais de Mg²⁺ verificadas no

experimento II com maior intensidade, e no experimento III, nas maiores concentrações salinas e nas maiores vazões (Figura 21).

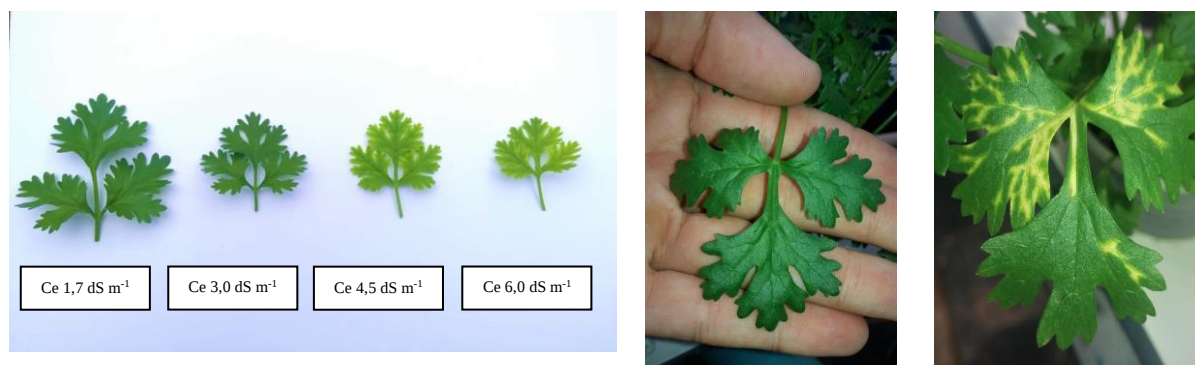


Figura 21. Deficiência de magnésio, observada nas maiores salinidades do experimento II e III, e nas maiores vazões de 3 e 4 L min⁻¹.

O magnésio é um componente estrutural da molécula de clorofila e sua deficiência compromete sua função (FARHAT et al., 2016). Portanto, o Mg²⁺ está associado ao amarelecimento das folhas na forma de clorose entre as nervuras foliares, além de possuir um papel específico, na ativação de enzimas envolvidas na respiração, na fotossíntese e síntese de RNA e DNA (TAIZ & ZEIGER, 2017). Essa deficiência de Mg²⁺ pode desenvolver um dano celular programado relacionado ao dano oxidativo nos cloroplastos (TARGINO et al., 2017).

4.2.2 clorofila *b*

Na tabela 7, sob água sódica, verifica-se efeito isolado do fator salinidade, com comportamento quadrático ($p < 0,05$), e ponto de máxima estimado, pela equação de regressão, na condutividade elétrica de 3,7 dS m⁻¹, com valor observado de 1,502 mg g⁻¹ MF. Esse comportamento de aumento da clorofila *b*, até a condutividade de 3,7 dS m⁻¹, é reflexo de uma resposta adaptativa, para a situação de estresse, que a planta está submetida, além de refletir em uma faixa positiva de captação da luz, por ser o pigmento responsável por ampliar a faixa de absorção, e sua posterior transferência para a clorofila *a*, que atua efetivamente nas reações fotoquímicas da fotossíntese (LIMA et al., 2011).

Ainda sob água sódica, também foi verificado efeito isolado do fator vazão de circulação da solução (Tabela 7), com a maior concentração de clorofila *b*, verificada na vazão de 1 L min⁻¹. De forma semelhante ao ocorrido na concentração de clorofila *a*, para o mesmo experimento, o incremento na vazão de circulação da solução nutritiva, reduziu as

concentrações de clorofila, sendo registrado um decréscimo 16,1; 14,2 e 20,3% na comparação com as vazões de 2, 3 e 4 L min⁻¹.

Tabela 7. Clorofila *b* das plantas de coentro cv. “Verdão”, aos 35 DAT, expostas a condutividade elétrica e vazões de aplicação da solução nutritiva.

Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)						
	1,7	3,0	4,5	6,0	equações	R ²
Experimento I - NaCl						
CEsol: p<0,01; Vz: p<0,01; CESol vs Vz: ns; (CV: 12,50)						
Clorofila <i>b</i>	1,22	1,48	1,44	1,15	Y = -0,0672CE ^{2*} +0,5004CE ^{ns} +0,570	0,996
Vazões (L min ⁻¹)						
	1,0	2,0	3,0	4,0	-	-
Clorofila <i>b</i>	1,51a	1,27b	1,30b	1,21b	-	-
Experimento II - CaCl ₂ .2H ₂ O						
CEsol: p<0,01; Vz: ns; CESol vs Vz: ns; CV: 7,21						
Clorofila <i>b</i>	2,03	2,04	2,04	1,52	Y = -0,0638CE ^{2**} +0,3855CE ^{**} +1,537	0,941
Experimento III - 2:1:1 (NaCl : CaCl ₂ .2H ₂ O : MgCl ₂ .6H ₂ O)						
CEsol: p<0,01; Vz: ns; CESol vs Vz: ns; (CV: 10,7)						
Clorofila <i>b</i>	1,97	1,90	1,57	1,44	Y = -0,1347CE [*] +2,236	0,977

Letras, diferentes na linha indicam diferenças significativas entre as vazões, em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de média Tukey

Sob efeito da água cálcica, a clorofila *b* foi influenciada pelo fator isolado salinidade, com comportamento quadrático (p<0,01), e ponto de máxima, estimado pela equação de regressão, na condutividade de 3,0 dS m⁻¹, com valor médio de 2,119 mg g⁻¹ MF (Tabela 7).

Para Paulus et al. (2010), o teor de clorofila, pode se comportar de maneira diferente, pela maior ou menor tolerância das plantas a salinidade. Quando os autores submeteram as cultivares de alface Verônica e Pira roxa, a um nível máximo de salinidade de 7,4 dS m⁻¹, no sistema NFT, obtiveram uma resposta linear crescente para a clorofila *b*.

Sob água mista, a clorofila *b*, também foi influenciada pelo fator isolado salinidade, com comportamento linear decrescente (p<0,05), e redução de 0,134 mg g⁻¹ MF, para cada aumento unitário na salinidade. Na comparação do tratamento controle (1,7 dS m⁻¹), com a maior condutividade elétrica da solução nutritiva (6,0 dS m⁻¹), verifica-se uma perda relativa de 27,1%, com valores médios observados de 1,977 e 1,441 mg g⁻¹ MF, respectivamente (Tabela 7). Melo et al. (2017), verificaram uma redução de 43,2%, na comparação do tratamento controle, com a maior concentração salina, com valores da ordem de 0,490 e 0,278 mg g⁻¹ MF.

4.2.3 Carotenoides

Sob água sódica, verifica-se o efeito isolado do fator salinidade, com um comportamento linear decrescente ($p < 0,05$), com redução $0,016 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$ no conteúdo de carotenoides, para cada aumento unitário na salinidade. Na comparação entre o tratamento controle ($1,7 \text{ dS m}^{-1}$), com o tratamento de maior condutividade elétrica ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$), verifica-se uma perda relativa de 28,6%, com valores observados de $0,22$ e $0,16 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$, respectivamente (Tabela 8).

Além de serem classificados como pigmentos acessórios, os carotenoides exercem função de fotoproteção, dissipando na forma de calor, as clorofilas excitadas pela energia absorvida, protegendo as células da foto-oxidação (TAIZ & ZEIGER, 2017). Desse modo, é provável que as plantas, ora submetidas a elevados níveis de salinidade, tiverem menor proteção contra a foto-oxidação e, conseqüentemente, maiores danos às membranas fotossintéticas.

Sob água cálcica, verifica-se um efeito interativo da salinidade com as vazões de circulação da solução nutritiva, e comportamento linear decrescente, para as vazões de 1 e 2 L min^{-1} , com reduções de $0,032$ e $0,013 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$ no conteúdo de carotenoides, para cada aumento unitário na salinidade (Tabela 8). Na comparação do tratamento controle ($1,7 \text{ dS m}^{-1}$), com a maior condutividade elétrica ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$), verifica-se uma perda relativa de 84,1% na vazão de 1 L min^{-1} e 54,5%, para a vazão de 2 L min^{-1} . Para as vazões de 3 e 4 L min^{-1} , observa-se um comportamento quadrático, com valor máximo estimado, pela equação de regressão da vazão 3 e 4 L min^{-1} , de $0,125$ e $0,114 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$, respectivamente (Tabela 7).

Diminuições dos teores de carotenoide podem ser atribuída, entre outras causas, ao fato do estresse salino levar a uma redução na produção de pigmentos fotossintéticos, induzindo a degradação do β -caroteno, causando uma diminuição no teor de carotenoides, que são componentes integrados das membranas dos tilacóides, atuando na absorção e transferência da luz para a clorofila (SILVA et al., 2016).

Sob água mista, o conteúdo de carotenoides, foi influenciada pelos fatores isolados salinidade e vazões da solução nutritiva (Tabela 8). Sobre efeito da salinidade, houve um decréscimo, no conteúdo de carotenoides de $0,015 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$, para cada incremento unitário na condutividade elétrica, e uma perda relativa de 38,5% nos valores médios $0,168$ e $0,103 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$, correspondentes aos níveis de salinidade de $1,7$ e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Tabela 8. Carotenoides das plantas de coentro cv. “Verdão”, aos 35 DAT, expostas a condutividade elétrica e vazões de aplicação da solução nutritiva.

Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)						
	1,7	3,0	4,5	6,0	equações	R ²
Experimento I - NaCl						
CEsol: p<0,01; Vz: ns; CESol vs Vz: ns; CV: 16,35						
Carotenoides	0,22	0,21	0,16	0,15	Y = -0,0161CE*+0,249	0,964
Experimento II - CaCl ₂ .2H ₂ O						
Carotenoides	CEsol: p<0,01; Vz: p<0,01; CESol vs Vz: p<0,01; CV: 11,62					
Vazão 1	0,17a	0,13a	0,10a	0,03b	Y = -0,0323CE**+0,2324	0,978
Vazão 2	0,12b	0,08c	0,08b	0,05a	Y = -0,0133CE**+0,1377	0,873
Vazão 3	0,08c	0,11b	0,09ab	0,05a	Y = -0,0095CE ^{2**} +0,0672CE ^{2**} -0,006	0,983
Vazão 4	0,07c	0,11b	0,10a	0,05a	Y = -0,0109CE ^{2**} +0,08CE ^{2**} -0,0324	0,999
Experimento III - 2:1:1 (NaCl : CaCl ₂ .2H ₂ O : MgCl ₂ .6H ₂ O)						
CEsol: p<0,01; Vz: p<0,01; CESol vs Vz: ns; CV: 15,23						
Carotenoides	0,17	0,16	0,13	0,10	Y = -0,0153CE*+0,2015	0,962
Vazões (L min ⁻¹)					-	-
	1,0	2,0	3,0	4,0	-	-
Carotenoides	0,21a	0,11b	0,13b	0,12b	-	-

Letras diferentes na coluna, indicam diferenças significativas entre as vazões, em cada um dos níveis de salinidade; diferentes na linha, indicam diferenças significativas entre as vazões, em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de média Tukey.

Para as vazões, houve um decréscimo dos carotenoides, em função do aumento da vazão da solução nutritiva, com valor médio de 0,212 mg g⁻¹ MF, na vazão de 1 L min⁻¹, 42,5% superior, ao observado na maior vazão, com valor médio de 0,121 mg g⁻¹ MF.

Os resultados se assemelham, em termos de resposta ao estresse salino, aos obtidos por Tatagiba et al. (2014), que encontraram uma redução de 41% do conteúdo de carotenoides, em folhas de tomate, submetidas a uma concentração de 150 mmol L⁻¹ de NaCl. Para Sousa et al. (2017), reduções do conteúdo de carotenoides, podem implicar em aumento da sensibilidade das clorofilas, ao estresse salino.

4.2.4 Clorofila total

O conteúdo de clorofila *total*, foi influenciado pelos fatores isolados, salinidade e vazões da solução nutritiva, sob água sódica (Tabela 9), de forma semelhante ao ocorrido na clorofila *a* e *b*. Sob efeito da salinidade, verifica-se um comportamento quadrático (p<0,05), com valor máximo, estimado pela equação de regressão, na condutividade de 2,9 dS m⁻¹, e valor médio

de 3,079 mg g⁻¹ MF. Com o aumento da concentração salina da solução, houve um decréscimo de 14,5%, na comparação do valor máximo estimado, com o maior nível de salinidade, com valor médio de 2,631 mg g⁻¹ MF.

Tabela 9. Carotenoides das plantas de coentro cv. “Verdão”, aos 35 DAT, expostas a condutividade elétrica e vazões de aplicação da solução nutritiva.

Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)						
	1,7	3,0	4,5	6,0	equações	R ²
Experimento I - NaCl						
CEsol: p<0,01; Vz: p<0,01; CEsol vs Vz: ns; CV: 12,75						
Clorofila <i>total</i>	3,00	3,09	2,94	2,63	Y = -0,0478CE ^{2*} +0,278CE _{ns} +2,675	0,998
Vazões (L min ⁻¹)						
	1,0	2,0	3,0	4,0	-	-
Clorofila <i>total</i>	3,21a	2,89b	2,79b	2,77b	-	-
Experimento II - CaCl ₂ .2H ₂ O						
CEsol: p<0,05; Vz: ns; CEsol vs Vz: ns; CV: 11,72						
Clorofila <i>total</i>	4,19	4,08	3,95	3,72	Y = -0,1081CE [*] +4,399	0,988
Experimento III - 2:1:1 (NaCl : CaCl ₂ .2H ₂ O : MgCl ₂ .6H ₂ O)						
CEsol: p<0,01; Vz: ns; CEsol vs Vz: ns; CV: 12,63						
Clorofila <i>total</i>	3,97	3,91	3,76	3,29	Y = -0,1535CE ^{**} +4,319	0,932

Letras, diferentes na linha indicam diferenças significativas entre as vazões, em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de média Tukey

Para Sousa et al. (2017), o acúmulo de íons tóxicos, como sódio e cloreto, pode levar a degradação dos cloroplastos, reduzindo a concentração das clorofilas. Os efeitos da salinidade, podem ser mitigados, pelo uso de uma cultivar mais precoce, a fim de diminuir o tempo de exposição aos sais em hidroponia, reduzindo os efeitos deletérios da salinidade sobre a planta (PAULUS et al., 2010).

Sobre efeito das vazões, sob água sódica, o maior conteúdo de clorofila *total*, foi verificado na menor vazão (1 L min⁻¹), com valor médio de 3,216 mg g⁻¹ MF. Com o aumento da vazão de circulação da solução nutritiva, ocorreu um decréscimo do conteúdo de clorofila *total*, de 9,9; 13,8 e 13,1% para as vazões de 2, 3 e 4 Lmin⁻¹, respectivamente.

Com o uso da água cálcica, verifica-se o efeito isolado do fator salinidade, com comportamento linear decrescente (p<0,05), e redução de 0,108 mg g⁻¹ MF, para cada aumento unitário na condutividade elétrica. Com o aumento da salinidade, houve uma perda

relativa de 11,2%, entre os valores médios de 4,195 e 3,722 mg g⁻¹ MF, correspondendo as condutividades de 1,7 e 6,0 dS m⁻¹ (Tabela 9).

Como discutido anteriormente, as significativas reduções no conteúdo dos carotenoides, acabam expondo as clorofilas ao efeito foto-oxidativo, que reduz seu conteúdo nas folhas, prejudicando o funcionamento da fotossíntese.

O conteúdo de clorofila *total*, também apresentou um decréscimo linear ($p < 0,01$), sob água mista, com redução da clorofila *total* de 0,153 mg g⁻¹ MF, para cada aumento unitário na condutividade elétrica, e uma perda relativa de 17,1% entre os valores médios de 3,978 e 3,297 mg g⁻¹ MF, para os tratamentos de 1,7 e 6,0 dS m⁻¹ (Tabela 9).

Os resultados corroboram com os encontrados por Vasconcelos et al. (2014), submetendo o coentro a uma condutividade máxima de 3,0 dS m⁻¹, variando a solução nutritiva. Os autores observaram uma redução da clorofila *total*, a partir da condutividade de 1,5 dS m⁻¹, apresentando uma maior sensibilidade a solução nutritiva de Castellane, pelo menor conteúdo de magnésio, em comparação com a solução nutritiva de Furlani.

Oliveira et al. (2012), verificaram acréscimo do índice de clorofila, em duas cultivares de rúcula, submetidas a uma concentração máxima de 4,5 dS m⁻¹, podendo ser justificado, pela maior tolerância da cultura ao estresse salino.

CONCLUSÃO

A fotossíntese líquida foi mais influenciada pelo fator salinidade da solução nutritiva, quando as plantas foram conduzidas em água salinizada com CaCl₂ e água mista 2:1:1 NaCl : CaCl₂.2H₂O : MgCl₂.6H₂O.

A clorofila *a* e *b*, foram influenciados negativamente pela salinidade, a partir de 3,0 dS m⁻¹, sendo os carotenoides os mais sensíveis ao aumento da salinidade da solução nutritiva.

A vazão de 2 L min⁻¹, mitigou o dano salino na concentração interna de CO₂.

Recomenda-se o uso das vazões de 1 e 2 L min⁻¹, pelo melhor rendimento fisiológico da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA-MOTOS, J. R.; ORTUÑO, M. F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P., Sánchez-Blanco, M.J., Hernández, J.A. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. **Agronomy**, v.7, n.18. 2017.
- CAMPOS, H.; TREJO, C.; PEÑA-VALDIVIA, C. B.; GARCÍA-NAVA, R.; CONDE-MARTÍNEZ, F. V.; CRUZ-ORTEGA, M. R. Stomatal and non-stomatal limitations of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plants under water stress and re-watering: Delayed restoration of photosynthesis during recovery. **Environmental and Experimental Botany**, v.98, p.56-64, 2014.
- CAVALCANTE, A. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; FURTADO, G. F.; CHAVES, L. H. G. Gas exchanges and photochemical efficiency of hydroponic bell pepper under salinity and plant density. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.1, p.3-8, 2019.
- DALASTRA, C.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; SILVA, M. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; FERNANDES, G. C. Head lettuce production and nutrition in relation to nutrient solution flow. **Horticultura Brasileira**, v.38, n.1, p.21-26, 2020.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeito dos sais no solo e na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C.F; GOMES FILHO, E. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e Aplicados. 2ed. Fortaleza: INCTSal, 2016, Cap.11, p.151-161.
- FARHAT, N.; ELKHOUNI, A.; ZORRIG, W.; SMAOUI, A.; ABDELLY, C.; RABHI, M. Effects of magnesium deficiency on photosynthesis and carbohydrate partitioning. **Acta Physiol Plant**, v.38, n.6, p.145, 2016.
- FEIJÃO, A. R.; SILVA, J. C. B.; MARQUES, E. C.; PRISCO, J. T.; GOMES- FILHO, E. Efeito da nutrição de nitrato na tolerância de plantas de sorgo sudão à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.675-683, 2011.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, R.; REBEQUI, A. M. Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro irrigado com águas salinas e biofertilizante. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 57-70, 2013.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de olerícolas de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. 1. ed. IAC, 1998. 30p. Boletim técnico.

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

HOUIMILI, S.I.M; DENDEN, M.; HADJ, S.B.E. Induction of salt tolerance in pepper (*Capsicu annuum*) by 24-epibrassinolide. **EurAsia J BioSci**, v.10, n.2, p.83–89, 2008.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Climatologia de referência 1981-2010**. Disponível em: Acesso em: 01/03/2019.

JALES, M.C.; FEITOSA, F.A.N.; KOENING, M.L.; BASTOS, R.B.; MACHADO, R.C.A. O Ecossistema recifal de Serrambi (nordeste do Brasil): Biomassa Fitoplanctônica e Parâmetros Hidrológicos. **Atlântica**, v.34, n.2, p. 87-102, 2012.

LICHTENTHALER, H.; WELLBURN, A. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, n.603, p.591-592, 1983.

LIMA, G. S.; DIAS, A. S.; SOUZA, L. P.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A. Effects of saline water and potassium fertilization on photosynthetic pigments, growth and production of West Indian cherry. **Revista Ambiente & Água**, v.13, n.3, p.1-12, 2018.

LIMA, G. S.; DIAS, A.; SOARES, L. A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. A. A. Growth and yield of colored-fiber cotton grown under salt stress and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 6, p. 415-420, 2017.

- LIMA, G. S.; FERNANDES, C. G. J.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Gas Exchange chloroplast pigments and growth of passion fruit cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v.33, n.1, p.184-194, 2020.
- LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. O. Physiology, growth and yield of castor bean under salt stress and nitrogen doses in phenophases. **Idesia (Chile)**, v.32, n.3, p.91-99, 2014.
- LIMA, M. C.; AMARANTE, L.; MARIOT, M. P.; SERPA, R. Crescimento e produção de pigmentos fotossintéticos em *Achillea millefolium* L. cultivada sob diferentes níveis de sombreamento e doses de nitrogênio. **Ciência rural**, v.41, n.1, p.45-50, 2011.
- MEDEIROS, J. F., NETO, C. P. C. T., SILVA DIAS, N., GHEYI, H. R., SILVA, M. V. T., LOIOLA, A. T. Salinidade e pH de um argissolo irrigado com água salina sob estratégias de manejo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n. 3, p. 1407-1419, 2017.
- MELO, H. F.; SOUZA, E. R.; DUARTE, H. H. F.; CUNHA, J. C.; SANTOS, H. R. B. Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.1, p.38-43, 2017.
- MORAIS, P. L. D.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUSA NETO, O. N.; SARMENTO, J. D. A.; GONZAGA, M. I. S. Effects of nutrient solution salinity on the physiological performance of melon cultivated in coconut fiber. **Revista Caatinga**, v.31, n.3, p.713-718, 2018.
- OLIVEIRA DE SOUSA, V. F.; COSTA, C. C.; DINIZ, G. L.; SANTOS, J. B.; BOMFIM, M. P. Physiological behavior of melon cultivars submitted to soil salinity. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n.3, p.271-279, 2018.
- OLIVEIRA, F. A.; SILVA, R. T.; NETA, A. A. T.; MEDEIROS, R. C. A.; PAIVA, E. P. Índice de clorofila na cultura da rúcula submetida diferentes salinidades na solução nutritiva. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, n.3, p.90-94, 2012.
- OLIVEIRA, H.; NASCIMENTO, R.; SILVA, S.; CARDOSO, J. A. F.; GUIMARÃES. R. F. B.; NASCIMENTO. E. C. S. Initial Growth and Gas Exchanges of Plants of Colored Cotton Submitted to Saline Stress. **Agricultural Sciences**, v. 9, n. 12, p. 1652, 2018.

PAULUS, D.; NETO, D. D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.1, p.28-29, 2010.

PEDROTTI, A., CHAGAS, R.M., RAMOS, V.C., PRATA, A.P.N., LUCAS, A.A.T., SANTOS, P.B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Rev. Eletrônica Gest. Educ. Tecnol. Ambiente**, v.19, n.2, p.1308–1324, 2015.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas Salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 48). 2000. 117 p.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. The use of saline waters for crop production. **Food and agriculture organization of the united nations**, Rome, 1992.

RODRIGUES, C. R. F.; SILVA, E. N.; MOURA, R. M.; ANJOS, D. C.; HERNANDEZ, F. F. F.; VIÉGAS, R. A. Physiological adjustment to salt stress in *R. communis* seedlings is associated with a probable mechanism of osmotic adjustment and a reduction in water lost by transpiration. **Industrial Crops and Products**, v.54, p.233-239, 2014.

SÁ, F. V. S., BRITO, M. E. B., ANDRADE SILVA, L., MOREIRA, R. C. L., FERNANDES, P. D., FIGUEIREDO, L. C. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira "Sunki Comum" sob solução hidropônica salinizada. **Comunicata Scientiae**, v.6, n. 4, p. 463-470, 2015.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A. Water salinity, nitrogen and phosphorus on photochemical efficiency and growth of west indian cherry. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.3, p.158-163, 2018.

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

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. **Journal of Arid Environments**, v.74, p.1130-1137, 2010.

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. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V.; MOREIRA, R. C. L.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, (suplemento), p.S1-S7, 2014.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; COSTA, I. P.; VASCONCELOS, R. S. 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.

SOARES, H. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, E. F. F.; ROLIM, M. M.; SILVA, G. F. Water and physiological relationships of lettuce cultivated in hydroponics with brackish Waters. **Revista Ciências Agronômicas**, v.50, n.2, p.216-222, 2019.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; OLIVEIRA, A. S. Experimental structure for evaluation of saline water use in lettuce hydroponic production. **Irriga**, v.14, n.1, p.102-114. 2009.

SOUSA, J. R. M.; GHEYI, H. R.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, F. A. da S.; LIMA, G. S. Dano na membrana celular e pigmentos clorofilianos de citros sob águas salinas e adubação nitrogenada. **Irriga**, v.22, n.2, p.353-368, 2017.

SOUSA, V. F. O.; COSTA, C. C.; DINIZ, G. L.; SANTOS, J. B.; BOMFIM, M. P.; LOPES, K. P. Growth and gas changes of melon seedlings submitted to water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.2, p.90-96, 2019.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.6, p.586-592, 2011.

SOUZA, V. F. O.; COSTA, C. C.; DINIZ, G. L.; SANTOS, J. B.; BOMFIM, M. P. Physiological behavior of melon cultivars submitted to soil salinity. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.48, n.3, p. 271-279, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6. ed., 2017. 888p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 5. ed., 2013. 954p.

TARGINO, H. C. O.; SILVA, J. A. B.; SILVA, E. P.; AMORIM, M. N.; SEABRA, T. X. Soil salinization and its effects on morpho-physiological characteristics of sugarcane varieties. **Revista Geama**, v.3, n.4, p.184-190, 2017.

TATAGIBA, S. D.; KLING MORAES, G. A. B.; NASCIMENTO, K. J. T.; PELOSO, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescente concentrações salinas. **Engenharia na Agricultura**, v.22, n.2, p. 138-149, 2014.

VASCONCELOS, L. S. B.; NETO, E. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; BARRETO, L. P. Desenvolvimento de plantas de coentro em função da força iônica da solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.1, p.11-19, 2014.

WALTER, L. C.; ROSA, H. T.; STRECK, N. A. Mecanismos de aclimação das plantas à elevada concentração de CO₂. **Ciência Rural**, v.45, n. 9, p. 1564-1571, 2015.

CAPÍTULO III

Crescimento do coentro cv. Verdão em hidroponia NFT utilizando águas salobras

CAPÍTULO III: Crescimento do coentro cv Verdão em hidroponia NFT utilizando águas salobras

RESUMO

As vazões de circulação da solução, devem ser ajustadas de modo a evitar a carência mineral e de oxigênio na hidroponia; além dessa, a salinidade é um fator limitante para o meio agrícola, pela sua interferência nos aspectos fisiológicos e funções bioquímicas das plantas. Objetivou-se avaliar o efeito da salinidade e das vazões de circulação da solução nutritiva, nos componentes de crescimento da cultura do coentro, em sistema hidropônico NFT (técnica de fluxo laminar de nutrientes) em ambiente protegido, por meio da condução de três experimentos. Os experimentos foram conduzidos no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (8° 01' 05'' de latitude sul e 34° 56' 48'' de longitude oeste, com altitude média de 6,5 m), entre os meses novembro de 2019 à março de 2020, em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 4 x 4, sendo os fatores, níveis de salinidade (1,7; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹), e vazões de circulação da solução nutritiva (1, 2, 3 e 4 L min⁻¹), com quatro repetições. Foi utilizada a cultivar Verdão, sendo avaliada a análise de crescimento, aos 1, 6, 10, 14, 18 e 21 DAT, e produção de biomassa aos 35 DAS. As taxas de crescimento, mostraram-se mais sensíveis ao aumento da salinidade da solução nutritiva, com TCA da salinidade controle, apresentando taxa 12,55%, superior ao segundo nível de salinidade. Sob efeito das vazões, as taxas mostraram-se melhores, quando a cultura foi conduzida nas vazões de 1 e 2 L min⁻¹, as mesmas onde a cultura, apresentou melhores parâmetros de crescimento, chegando a apresentar reduções de 9,4% na MFPA, das plantas expostas as vazões de 3 e 4 L min⁻¹.

Palavras-chave: taxas de crescimento, vazão de aplicação, *Coriandrum sativum* L.

CHAPTER III: Growth of coriander cv Verdão in hydroponics NFT using brackish waters

ABSTRACT

The flow rates of the solution must be adjusted in order to avoid mineral and oxygen deficiency in hydroponics; in addition to this, salinity is a limiting factor for the agricultural environment, due to its interference in the physiological aspects and biochemical functions of plants. The objective was to evaluate the effect of salinity and circulation flows of the nutrient solution, on the growth components of the coriander culture, in a hydroponic system NFT (laminar flow technique of nutrients) in a protected environment, by conducting three experiments. The experiments were carried out at the Agricultural Engineering Department of the Federal Rural University of Pernambuco (8 ° 01 '05' 'south latitude and 34 ° 56' 48 " west longitude, with an average altitude of 6.5 m), months from November 2019 to March 2020, in a completely randomized design, factorial scheme 4 x 4, with the factors being levels of salinity (1.7; 3.0; 4.5 and 6.0 dS m⁻¹), and flow rates of the nutrient solution (1, 2, 3 and 4 L min⁻¹), with four repetitions. The cultivar Verdão was used, and growth analysis was evaluated at 1, 6, 10, 14, 18 and 21 DAT, and biomass production at 35 DAS. The growth rates were more sensitive to the increase in the salinity of the nutrient solution, with TCA of the control salinity, presenting a rate of 12.55%, higher than the second level of salinity. Under the effect of the flows, the rates were better when the culture was carried out at flows of 1 and 2 L min⁻¹, the same ones where the culture presented better growth parameters, reaching a reduction of 9.4% in MFPA, of the plants exposed to flows of 3 and 4 L min⁻¹.

Keywords: growth rates, application flow, *Coriandrum sativum* L.

1. INTRODUÇÃO

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma das ervas aromáticas que ocupa posição de destaque em todo o mundo, acrescentando sabor a vários alimentos (RASHED & DARWESH, 2015). Além do uso na culinária, é usado nas indústrias alimentícias e farmacêutica, devido às suas propriedades medicinais (SZEMPLINSKI et al., 2018; UITTERHAEGEN et al., 2018).

No Brasil, mais especificamente na região nordeste, o coentro é cultivado por pequenos e médios agricultores, principalmente para a produção de matéria verde (SILVA et al., 2020), assumindo uma posição estratégica na região, pelo preço atrativo e pela sua adaptabilidade, tolerando temperaturas mais altas, em comparação com outras hortaliças (SILVA et al., 2016).

Nessa região, as águas subterrâneas, que em muitos casos, são a única fonte hídrica disponível para a agricultura, é caracterizada por um elevado teor de sal (MEDEIROS et al., 2017; MONTENEGROS et al., 2013), sendo um fator limitante para o meio agrícola, pela interferência da salinidade nos aspectos fisiológicos e funções bioquímicas das plantas, causando redução da produção e rendimento comercial das culturas (TORRES et al., 2014; GIUFFRIDA et al., 2016).

Para satisfazer as necessidades do mercado, é necessário a aplicação de diferentes técnicas de produção, sendo o cultivo hidropônico, uma alternativa viável, para se produzir com águas de qualidade inferior, aumentando a renda do agricultor nessas regiões (GONDIM et al., 2018).

No sistema hidropônico NFT, as vazões de circulação da solução, constituem uma importante variável, devendo ser ajustada de modo a evitar a carência mineral e de oxigênio (DALASTRA et al., 2020), uma vez que, em detrimento da vazão, pode-se manejar o volume de solução em circulação nos perfis, os níveis de oxigênio dissolvido, bem como a temperatura dessa solução, para evitar danos físicos ao sistema radicular (RODRIGUES, 2002).

É necessário estudar, o efeito conjunto da salinidade e das vazões de circulação da solução na hidroponia, pela carência de informações sobre a relação dessas variáveis, principalmente, sobre uma cultura que vem ganhando espaço no cultivo hidropônico NFT. Portanto, o objetivo desse estudo, foi verificar a influência da salinidade e das vazões, no sistema hidropônico NFT, sobre os componentes de crescimento da cultura do coentro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco em ambiente protegido tipo casa de vegetação, possuindo dimensões de 7 m de largura por 24 m de comprimento e 3 m de pé direito, com cobertura do tipo arco e filme de polietileno de baixa densidade, situada sob as coordenadas geográficas 8° 01' 05'' de latitude sul e 34° 56' 48'' de longitude oeste, com altitude média de 6,5 m.

Por meio da instalação de uma estação meteorológica automática (Campbell Scientific, modelo CR1000), no interior do ambiente protegido, foram coletados dados meteorológicos para estimativa da temperatura e umidade relativa do ar, indicando temperatura máxima de 37,53 °C e mínima de 23,28 °C, e umidade relativa do máxima do ar de 97,29% e mínima de 48,37%. A temperatura da solução nutritiva, foi acompanhada pela instalação de um sensor termopar tipo “T”, instalado dentro dos reservatórios da solução nutritiva, com temperatura máxima de 40,26 °C na vazão de 2 L min⁻¹, e temperatura mínima de 22,64 °C na vazão de 3 L min⁻¹.

O sistema hidropônico utilizado foi o NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), sendo cada parcela constituída de perfis hidropônicos independentes, de 3 m de comprimento, dispostos em cavalete com 4 perfis, com espaçamento de 0,20 m entre plantas e 0,30 m entre os perfis trapezoidais de 75 mm (Figura 1). A altura média de instalação dos perfis ao solo é de 1,10 m possuindo três pontos de apoio e uma inclinação de 3,33%.

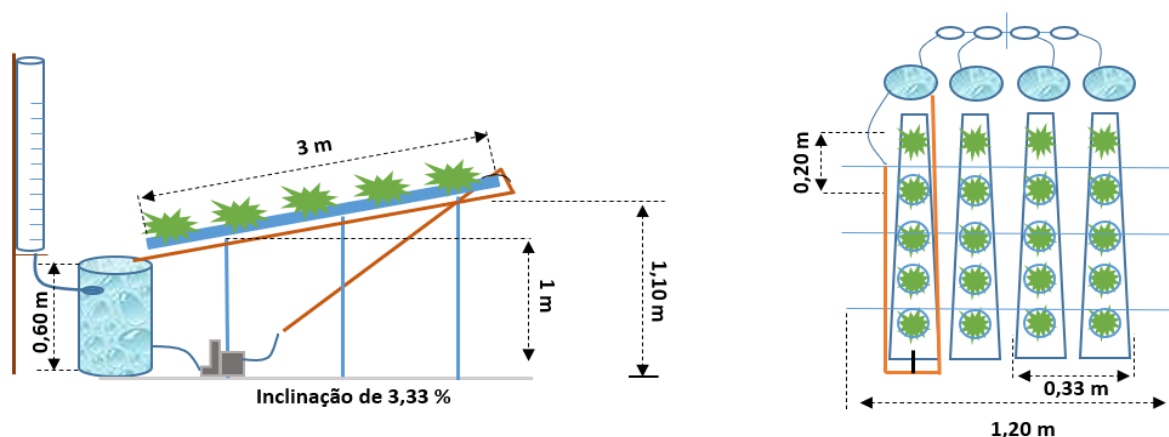


Figura 1. Vista lateral da parcela experimental e espaçamentos utilizados a condução da pesquisa.

Cada parcela possuía uma eletrobomba de circulação de 220 V, com potência de 34 W, um reservatório para solução nutritiva com capacidade de 40 L e um reservatório de

abastecimento por gravidade automático e imediato, com volume de 15 L, para reposição da lâmina evapotranspirada (SOARES et al., 2009).

A cultura utilizada foi o coentro, cv. “Verdão”, sendo as mudas produzidas na própria área experimental, por meio do semeio em copos descartáveis de 100 ml, devidamente furados, da parte mediana até a base do copo, simulando uma malha copo, para hidroponia. Foi utilizado um substrato inerte “fibra de coco”, devidamente lavado, onde foi feito o semeio de 10 frutos por copo.

Do semeio até o 6º dia, as plântulas eram irrigadas com água de abastecimento, sendo a partir do 7º dia, irrigadas com solução nutritiva indicada por Furlani et al. (1998), diluída em 50%, até o 13º DAS, onde foi feito o desbaste em cada um dos copos, permanecendo 10 plantas em cada um deles, seguindo com o transplântio, para as unidades experimentais e iniciou-se os tratamentos.

Nos três experimentos, o delineamento experimental foi o DIC (delineamento inteiramente casualizado) em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro níveis de salinidade, quais sejam: 1,7; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, e quatro vazões de aplicação da solução nutritiva, de 1; 2; 3 e 4 L min⁻¹, com quatro repetições, totalizando 64 unidades experimentais. No experimento I – água sódica, as águas foram preparadas mediante adição de NaCl (OLIVEIRA et al., 2018), à água de abastecimento da UFRPE (CEa = 0,2 dS m⁻¹), acrescidas da solução nutritiva de Furlani (1998).

No experimento II – água cálcica, as águas foram preparadas mediante adição de CaCl₂.2H₂O a água de abastecimento (Rhoades et al., 2000), e no experimento III – água mista, as águas foram preparadas mediante adição de NaCl, CaCl₂ e MgCl₂, em uma relação 2:1:1 (molar), à água de abastecimento (RHOADES et al., 1992).

Em cada um dos experimentos, as águas foram preparadas em uma caixa d’água de 500 L, mediante adição do quantitativo de íons propostos por Furlani et al. (1999), para hortaliças folhosas (Tabela 1). Para a adição dos micronutrientes e do Fe-EDTA-13%, na caixa d’água, foi preparado uma solução estoque, na proporção de 1-1000 L, seguindo as mesmas recomendações, sempre medindo-se a (CEa) e o pH, este último foi ajustado nos três experimentos, mediante adição de NaOH, objetivando mantê-lo na faixa de 5,0 a 7,0.

Tabela 1. Quantitativo de íons utilizado na solução nutritiva.

Fertilizantes	g 1.000 L⁻¹
Nitrato de cálcio (15%N; 20%Ca)	750,000
Nitrato de potássio	500,000
MAP	150,000
Sulfato de magnésio (9,5%Mg; 12%S)	400,000
Sulfato de Cobre	0,150
Sulfato de Zinco	0,300
Sulfato de Manganês	1,500
Ácido Bórico	1,800
Molibdato de sódio	0,150
Fe-EDTA-13%	16,000

A solução foi aplicada com auxílio de uma eletrobomba e de um temporizador elétrico, que era programado para liberar a solução no sistema, entre 06:00 – 18:00 horas, adotando-se intervalos de 15 min⁻¹ de funcionamento e 15 min⁻¹ de descanso, durante o dia; no horário noturno, o temporizador elétrico era programado para liberar a solução a cada 2 horas durante 15 min⁻¹.

Quanto às variáveis analisadas, foram realizadas leituras de pH e CE_{sol}, em dias alternados, durante todo o ciclo nos três experimentos. A avaliação do crescimento, foi feita, por meio da determinação da altura das plantas, nos dias 1, 6, 10, 14, 18 e 21, após o transplântio – DAT, usadas para a determinação das taxa de crescimento absoluto (TCA cm dia⁻¹) e taxa de crescimento relativo (TCR cm cm⁻¹ dia⁻¹).

A TCA e TCR, foram obtidas por meio da variação ou incremento da altura das plantas entre duas amostragens, equações 1 e 2:

$$TCA = \frac{P2 - p1}{t2 - t1} \quad (1)$$

Em que: p = altura de planta; t = tempo em dias; 1 e 2 = amostras sucessivas.

$$TCR = \frac{\ln (P2) - \ln (P1)}{t2 - t1} \quad (2)$$

Em que: p = altura de planta; t = tempo em dias; 1 e 2 = amostras sucessivas; Ln = logaritmo neperiano.

Aos 35 DAS, foi realizada a leitura do número de folhas, e a colheita dos três experimentos, onde foi determinada a massa fresca de parte aérea (MFPA), e massa fresca de

parte radicular (MFRA), usando uma balança de precisão. Após a pesagem inicial, o material vegetal foi colocado em uma estufa de circulação de ar, durante 72 horas, em uma temperatura de 65 °C, até atingir peso constante, para determinação da massa seca de parte aérea (MSPA), e massa seca da parte radicular (MSRA).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando verificado efeito significativo foi aplicada análise de regressão aos fatores quantitativos (níveis de salinidade), e o teste de comparação de médias, por meio do teste Tukey a 5% de probabilidade, aos fatores qualitativos (vazões de aplicação da solução nutritiva).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Altura e taxas de crescimento

O uso da solução nutritiva, preparada em água salinizada, com adição de NaCl, no experimento I, resultou em reduções da altura das plantas, com efeito significativo para o fator isolado salinidade ($p < 0,01$), com comportamento linear decrescente, com reduções de 0,31; 0,52 e 0,96 cm, para cada aumento unitário na salinidade da solução nutritiva aos 6, 10 e 14 dias após o transplântio (DAT), e uma perda relativa de 13,88; 16,34 e 21,9%, na comparação do tratamento controle, com a maior condutividade elétrica (Tabela 2).

Aos 18 e 21 DAT, verifica-se efeito interativo, dos fatores salinidade e vazões de aplicação da solução nutritiva, apresentando aos 18 DAT, um comportamento linear decrescente para todas as vazões, com reduções de 1,111; 2,104; 1,668 e 1,567 cm, para cada aumento unitário na salinidade, relacionado às vazões de 1, 2, 3 e 4 L min⁻¹, respectivamente, com depreciação da qualidade visual do coentro, no tratamento 4,5 e 6,0 dS m⁻¹. Na condutividade elétrica de 3,0 dS m⁻¹, as vazões de 1, 2 e 3 L min⁻¹, promoveram uma maior altura de planta, e na condutividade de 4,5 dS m⁻¹, as vazões de 1 e 2 L min⁻¹, permaneceram superiores, não sendo observado, sensibilidade das plantas, as vazões, na maior concentração salina (Tabela 2).

O aumento da altura das plantas, nas menores vazões, pode ter ocorrido, por um maior tempo de contato da solução nutritiva, com o sistema radicular, disponibilizando mais nutrientes, ocasionado pelo fluxo de massa na região da rizosfera (GENUNCIO et al., 2011).

Tabela 2. Altura das plantas de coentro cv. “Verdão”, aos 6, 10, 14, 18 e 21 DAT, expostas a condutividade elétrica e vazões de aplicação da solução nutritiva, experimento I – água sódica.

Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)						
	1,7	3,0	4,5	6,0	equações	R ²
CEsol: p<0,01; Vz: ns; CEsol vs Vz: ns; (CV 2: 9,86; CV 3: 9,12; CV 4: 9,72)						
Altura 6	10,31	9,46	9,14	8,87	Y = -0,317CE***+10,65	0,901
Altura 10	14,03	13,02	12,37	11,74	Y = -0,520CE***+14,77	0,976
Altura 14	19,76	18,26	17,38	15,42	Y = -0,964CE***+21,37	0,980
Altura 18 CEsol: p<0,01; Vz: p<0,01; CEsol vs Vz: p<0,05; CV: 6,56						
Vazão 1	25,26a	22,47ab	21,50a	20,20a	Y = -1,111CE***+26,58	0,927
Vazão 2	26,53a	24,96a	20,87ab	17,83a	Y = -2,104CE***+30,54	0,983
Vazão 3	24,90a	23,11ab	18,56bc	18,30a	Y = -1,688CE***+27,63	0,904
Vazão 4	24,57a	21,06b	17,98c	18,00a	Y = -1,567CE***+26,36	0,865
Altura 21 CEsol: p<0,01; Vz: ns; CEsol vs Vz: p<0,05; CV: 6,54						
Vazão 1	30,87ab	26,25a	22,50a	24,25a	Y = 0,836CE ² ** -8,07CE***+42,38	0,983
Vazão 2	32,12a	25,50a	24,62a	22,50a	Y = -2,035CE***+33,92	0,831
Vazão 3	30,50ab	25,35a	24,25a	21,25a	Y = -1,985CE***+32,88	0,918
Vazão 4	27,75b	25,25a	24,50a	21,50a	Y = -1,351CE***+29,88	0,953

Letras diferentes na coluna, indicam diferenças significativas entre as vazões, em cada um dos níveis de salinidade, em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de média Tukey.

Apesar do efeito interativo, aos 21 DAT (p<0,01), a sensibilidade das plantas, entre as vazões, só ocorreu na condutividade de 1,7 dS m⁻¹, com superioridade das vazões 1, 2 e 3 L. Pelo comportamento quadrático, observado na vazão 1 L min⁻¹, estima-se valor máximo de 22,90 cm, na condutividade elétrica de 4,8 dS m⁻¹; pelo comportamento linear, verificado nas demais vazões, verifica-se um decréscimo de 2,035; 1,985 e 1,351 cm na altura, para cada incremento unitário na salinidade da solução nutritiva (Tabela 2).

Silva et al. (2018), também trabalhando com a cv. Verdão, no sistema DFT, submetendo as plantas até a condutividade elétrica de 7,0 dS m⁻¹, com água sódica, verificaram uma redução da altura das plantas de 2,95%, para cada aumento unitário na condutividade, não sendo observado, depreciação da qualidade visual do produto. Para os autores, as respostas a salinidade no cultivo hidropônico, depende muito do tipo de estratégia utilizada, para manejar essas águas, na condução da cultura.

No trabalho de Silva et al. (2015), as águas salobras, pela adição de NaCl, foram usadas apenas para reposição do volume evapotranspirado, sendo empregada água de baixa salinidade para o preparo da solução nutritiva inicial, não sendo observado efeito significativo, para as alturas do coentro, nas avaliações feitas aos 7, 14, 21 e 24 dias, sendo uma boa alternativa de manejo, para mitigar os efeitos da salinidade sobre a cultura. Corroborando com os resultados encontrados na pesquisa Cazuzu Neto et al. (2014), encontraram uma redução de 4,37%, para cada aumento unitário de condutividade, no sistema NFT, submetendo as plantas a uma condutividade máxima de 7,73 dS m⁻¹, usando as águas salobras, predominantemente sódica, no preparo e reposição da solução nutritiva.

Com relação às taxas de crescimento da cultura, foram observadas maiores taxas de crescimento absoluto (TCA), e taxa de crescimento relativo (TCR), para a condutividade elétrica de 1,7 dS m⁻¹ (Figura 2 A e B). Em relação a TCA, a condutividade elétrica de 3,0 dS m⁻¹, apresentou valores mais próximos do tratamento controle, atingindo valores de 1,38 cm dia⁻¹, aos 21 dias após o transplântio (DAT). Ainda assim, esse valor é 12,55% menor que a TCA, observada no tratamento controle, com valor da ordem de 1,57 cm dia⁻¹, para o mesmo DAT. O TCA do tratamento controle, foi 20,95 e 26,83% superior, ao TCA da condutividade 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, com valores de 1,24 e 1,15 cm dia⁻¹ (Figura 2 A).

Esse desenvolvimento, no tratamento controle, pode ter ocorrido, pela solução nutritiva está bem balanceada, seguindo a recomendação da solução de (Furlani, 1999), fato que não ocorre, à medida que a quantidade de NaCl é aumentada, para alcançar os níveis de salinidade desejados, podendo acarretar em deficiência de cálcio. Resultados semelhantes, foram encontrados por Lira et al. (2019), submetendo o agrião, a diferentes tipos de águas salobras, verificando um maior crescimento absoluto, com o uso da água de abastecimento público, de baixa salinidade, no preparo da solução nutritiva.

Quanto a taxa de crescimento relativo – TCR, que expressa o incremento de crescimento, em relação ao pré-existente (MAIA JUNIOR et al., 2013), verifica-se um maior TCR, no tratamento controle, aos 14 DAT, com valor de 0,095 cm cm⁻¹ dia⁻¹, seguido da condutividade 3,0 dS m⁻¹ (0,094 cm cm⁻¹ dia⁻¹) cerca de 8,4 e 19% maior que o observado, para as condutividades de 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, para o mesmo DAT (Figura 2 B). Após os 14 DAT, ocorre uma redução da TCR, até o momento da colheita, podendo está relacionada, a uma possível redução da fotossíntese líquida (LOPES et al., 2011).

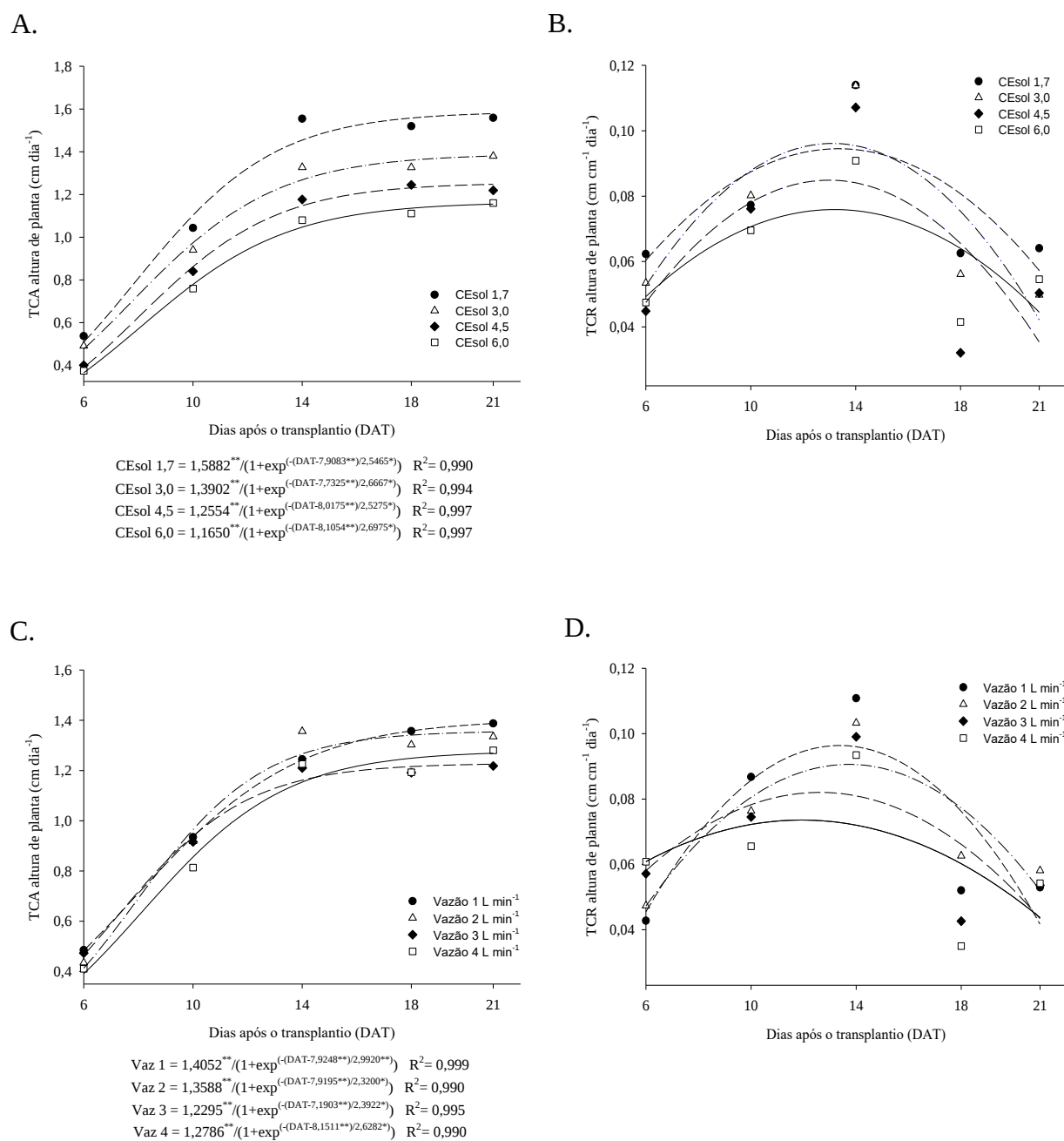


Figura 2. Taxa de crescimento absoluto – TCA (A); Taxa de crescimento relativo – TCR (B), da altura das plantas para o tratamento condutividade elétrica; TCA, da altura das plantas (C), e TCR, da altura das plantas (D), para o tratamento vazão de aplicação da solução nutritiva, experimento I – água sódica.

A taxa de crescimento absoluto – TCA, em função das vazões de aplicação da solução nutritiva, apresenta uma diferenciação, a partir dos 14 DAT, que segue até os 21 DAT, com as

maiores TCA, obtidas nas vazões de 1 e 2 L min⁻¹, com valores de 1,38 e 1,35 cm dia⁻¹. Na comparação com a vazão de 1 L min⁻¹, ocorreu uma redução de 11,67 e 8,54%, em relação às vazões de 3 e 4 L min⁻¹, para o mesmo DAT, com valores observados de 1,22 e 1,26 cm dia⁻¹ (Figura 2 C).

De forma semelhante ao ocorrido na TCR em função das condutividades, o efeito das vazões sobre a TCR da altura das plantas, foi crescente, até os 14 DAT, com posterior decréscimo, para todas as vazões (Figura 2 D). O melhor resultado para a TCR aos 14 DAT, foi obtido nas vazões de 1 e 2 L min⁻¹ (0,098 e 0,092 cm cm⁻¹ dia⁻¹) seguido das vazões de 3 e 4 L min⁻¹ (0,082 e 0,073 cm cm⁻¹ dia⁻¹).

O uso da solução nutritiva, preparada em água salinizada com CaCl₂, no experimento II, reduziu a altura das plantas, com efeito significativo, para o fator isolado salinidade (p<0,01), com comportamento linear decrescente, e reduções de 0,54; 0,73 e 0,98 cm, para cada aumento unitário na salinidade, aos 6, 10 e 14 DAT, respectivamente. Esse comportamento, evidencia uma maior sensibilidade das plantas, a água cálcica, sendo observado uma perda relativa de, 22,2; 21,2 e 24,1%, na comparação do tratamento controle, com a maior salinidade, no mesmo período de avaliação (Tabela 3).

Segundo Santos et al. (2012), a planta pode se comportar de forma diferente, pela natureza catiônica, que é exposta, alocando uma maior quantidade de energia para o acúmulo de açúcares, ácidos orgânicos e íons no vacúolo, energia que poderia ser usada, para o seu crescimento. Os resultados são semelhantes aos encontrados por Soares et al. (2020), que utilizaram no preparo da solução nutritiva águas simulando, as características químicas e físicas das águas salobras do semiárido pernambucano, verificando assim, reduções da altura das plantas de couve-flor, em águas ricas em cloreto de cálcio e águas ricas em cloreto de sódio, com valores bem próximos, para a altura da planta.

A elevada salinidade, afeta a absorção de água por parte da planta, reduzindo a pressão de turgência das células, afetando os processos de divisão e alongação celular, principalmente nos tecidos meristemáticos, comprometendo o crescimento da planta (ALVARENGA et al., 2019; SILVA JÚNIOR et al., 2013).

Aos 18 e 21 DAT, verifica-se efeito interativo, dos fatores salinidade e vazões de aplicação da solução nutritiva, e um comportamento linear decrescente para todas as vazões, com depreciação da qualidade do coentro, nas condutividades 4,5 e 6,0 dS m⁻¹. Aos 18 DAT, ocorreram reduções em altura de 1,22; 0,96; 2,26 e 1,15 cm, para cada aumento unitário na

condutividade elétrica da solução, relacionada às vazões de 1, 2, 3 e 4 L min⁻¹, com melhor desenvolvimento das plantas nas vazões de 1 e 3 L min⁻¹, no tratamento controle 1,7 dS m⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 3. Altura das plantas de coentro cv. “Verdão”, aos 6, 10, 14, 18 e 21 DAT, expostas a condutividade elétrica e vazões de aplicação da solução nutritiva, experimento II – água cálcica.

Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)						
	1,7	3,0	4,5	6,0	equações	R ²
CESol: p<0,01; Vz: ns; CESol vs Vz: ns; (CV: 9,77; CV: 8,18; CV: 7,79)						
Altura 6	10,43	10,22	9,40	8,11	Y = -0,544CE**+11,61	0,928
Altura 10	14,75	13,70	12,45	11,62	Y = -0,736CE***+15,93	0,992
Altura 14	18,55	16,93	15,51	14,30	Y = -0,981CE***+20,05	0,991
Altura 18		CESol: p<0,01; Vz: p<0,05; CESol vs Vz: p<0,01; CV: 6,88				
Vazão 1	23,82ab	21,22a	19,77a	18,37ab	Y = -1,227CE**+25,46	0,962
Vazão 2	23,05bc	20,35a	19,02a	18,80a	Y = -0,964CE**+23,96	0,843
Vazão 3	25,72a	21,15a	18,85a	15,56c	Y = -2,263CE**+28,92	0,973
Vazão 4	21,15c	21,47a	19,50a	16bc	Y = -1,150CE**+23,65	0,873
Altura 21		CESol: p<0,01; Vz: p<0,05; CESol vs Vz: p<0,01; CV: 5,27				
Vazão 1	28,36ab	25,15a	22,50a	20,77a	Y = -1,755CE**+30,87	0,974
Vazão 2	26,98ab	23,86a	22,85a	20,90a	Y = -1,327CE**+28,69	0,945
Vazão 3	28,93a	24,02a	21,32a	17,75b	Y = -2,50CE**+32,52	0,977
Vazão 4	26,46b	23,80a	22,82a	18,35b	Y = -1,759CE**+29,54	0,939

Letras diferentes na coluna, indicam diferenças significativas entre as vazões, em cada um dos níveis de salinidade, em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de média Tukey.

Quando as plantas foram expostas ao maior nível de salinidade, aos 18 DAT, foram encontrados valores superiores de altura, quando as plantas, foram conduzidas nas vazões de 1 e 2 L min⁻¹, com valores da ordem de 18,3 e 18,8 cm, sendo 12,9 e 14,8% maior, que o observado na vazão de 4 L min⁻¹, com valor de 16 cm. Possivelmente a capacidade de bioacumulação, de compostos e íons do coentro, na vazão de 3 e 4 L min⁻¹, seja menor, e o aumento da vazão da solução nutritiva, na maior condutividade, em um perfil de 3 m, prejudique o fluxo de massa, pelo excesso de sais na solução, o que pode ter formado um gradiente de potencial hídrico, desfavorável para a absorção de água e nutrientes.

Aos 21 DAT, verifica-se efeito interativo, entre as vazões e a salinidade da solução nutritiva, com redução de 1,75; 1,32; 2,5 e 1,75 cm, para cada aumento unitário na salinidade, com comportamento semelhante ao ocorrido aos 18 DAT, com efeito variável da vazão, em função do nível de salinidade da solução nutritiva. O melhor crescimento das plantas, correu nas vazões de 1 e 2 L min⁻¹, na maior concentração de sais, com valores de 20,7 e 20,9 cm, sendo 11,6 e 12,2% maior, que o observado na vazão de 4 L min⁻¹, com valor de 18,35 cm.

As maiores taxas de crescimento absoluto (TCA) e crescimento relativo (TCR), em função da salinidade, foram obtidas no tratamento controle, com um valor máximo, da TCA, de 1,27 cm⁻¹ dia, aos 21 DAT, seguidos das condutividades de 3,0 e 4,5 dS m⁻¹, com valores de 1,08 e 1,04 cm⁻¹ dia (Figura 3 A). De maneira geral, a TCA do período 6-10 DAT, apresentou valores próximos, entre os níveis de salinidade, com uma diferenciação, observada no período 14-21 DAT, e uma menor TCA, no maior nível de salinidade 6,0 dS m⁻¹ (0,84 cm⁻¹ dia), 33,4% menor que a observado no tratamento controle (Figura 3 A).

Soares et al. (2015), encontraram reduções na taxa de crescimento absoluto (TCA), submetendo as plantas de alface a um nível máximo de 5,2 dS m⁻¹. De forma semelhante ao encontrado no estudo, as melhores taxas de crescimento absoluto da couve-chinesa, foram obtidas com o uso da água de abastecimento, por Lira et al. (2019).

A TCR apresentou um comportamento crescente, no intervalo 6-10 DAT, com o tratamento controle, apresentado a maior TCR, com valor de 0,084 cm cm⁻¹ dia⁻¹, seguida das condutividades de 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, demonstrando reduções da ordem de 14,6; 14,4 e 19%, na comparação com o tratamento controle. No intervalo 14-21 DAT, a TCR apresentou um declínio, para todas as condutividades elétricas (Figura 3 B).

Possivelmente, essa redução da TCR, no experimento II, tenha relação com a redução da fotossíntese da planta, pela exposição prolongada, a partir dos 14 DAT, a elevada concentração de sais, levando a alterações em uma grande variedade de reações, provocando distúrbios fisiológicos (SILVA et al., 2010; SOUZA et al., 2011), que podem resultar em redução da capacidade da planta, em produzir células novas, nos órgãos meristemáticos.

Bione et al. (2014), submetendo o manjerição a uma condutividade elétrica máxima de 8,48 dS m⁻¹, no sistema NFT, concluíram que a taxa de crescimento relativo, não é um parâmetro sensível para detectar o efeito da salinidade, pelo manjerição ter mobilizado energia para os ramos laterais, levando a uma redução da TCR para a altura.

A TCA foi influenciada negativamente, pelo aumento das vazões de aplicação da solução nutritiva. No intervalo 6-10 DAT, a TCA apresentava valores próximos entre as vazões, mostrando diferenças a partir dos 14 DAT, onde estima-se a maior taxa de crescimento sob a vazão de 2 L min⁻¹ (1,03 cm⁻¹ dia), enquanto que sob as vazões de 3 e 4 L min⁻¹, observou-se uma TCA de 0,90 e 0,93 cm⁻¹ dia.

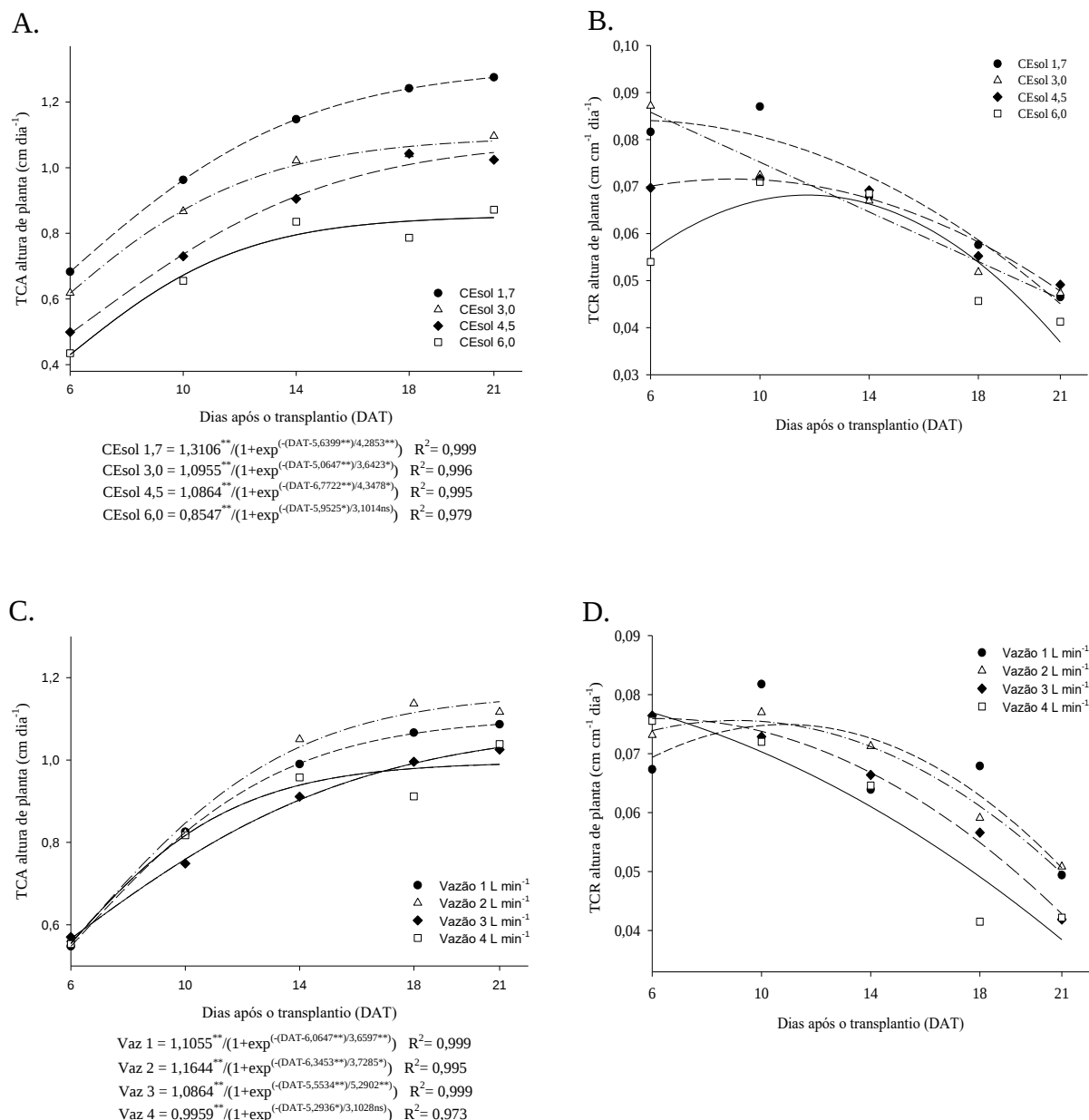


Figura 3. Taxa de crescimento absoluto – TCA (A); Taxa de crescimento relativo – TCR (B), da altura das plantas para o tratamento condutividade elétrica; TCA, da altura das plantas (C), e TCR, da altura das plantas (D), para o tratamento vazão de aplicação da solução nutritiva, experimento II – água cálcica.

A TCR apresentou as melhores taxas aos 10 DAT, nas vazões de 1 e 2 L min⁻¹ (0,081 e 0,077 cm cm⁻¹ dia⁻¹), apresentando uma redução a partir dos intervalos 10-21 DAT. De maneira geral, a TCR apresentou uma redução total de 10, 38 e 17%, aos 14, 18 e 21 DAT, respectivamente. Possivelmente a redução da TCR, a partir dos 10 DAT, diferindo do comportamento observado no experimento I – água sódica, deva-se a deficiência nutricional, imposta pela característica salina da solução nutritiva, rica em CaCl₂, reduzindo a absorção de Mg²⁺, pelo fluxo de massa, acarretando em redução do crescimento das plantas, por estar envolvido em funções estruturais dos vegetais.

O uso da solução nutritiva, pela adição de NaCl, CaCl₂ e MgCl₂ – água mista, reduziu a altura das plantas, com efeito significativo, para o fator isolado salinidade (p<0,01), com comportamento linear decrescente, e reduções de 0,31; 0,50 e 1,24 cm, para cada aumento unitário na condutividade elétrica, aos 6, 10 e 14 dias após o transplântio (DAT) (Tabela 4).

Tabela 4. Altura das plantas de coentro cv. “Verdão”, aos 6, 10, 14, 18 e 21 DAT, expostas a condutividade elétrica e vazões de aplicação da solução nutritiva, experimento II – água mista.

Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)						
	1,7	3,0	4,5	6,0	equações	R ²
CEsol: p<0,01; Vz: ns; CEsol vs Vz: ns; (CV: 8,46; CV: 9,59; CV: 8,91)						
Altura 6	10,03	9,52	9,02	8,67	Y = -0,317CE ^{***} +10,52	0,986
Altura 10	13,44	12,43	11,78	11,22	Y = -0,506CE ^{***} +14,14	0,970
Altura 14	20,72	18,22	16,68	15,25	Y = -1,240CE ^{***} +22,43	0,970
CEsol: p<0,01; Vz: p<0,01; CEsol vs Vz: ns; (CV: 7,23; CV: 6,97)						
Altura 18	23,84	21,70	19,56	18,36	Y = -1,285CE ^{***} +25,75	0,978
Altura 21	28,20	25,82	23,52	21,63	Y = -1,524CE ^{***} +30,58	0,993
Vazões						
	1	2	3	4	-	-
Altura 18	21,23ab	21,97a	20,33b	19,94b	-	-
Altura 21	25,57a	26,10a	23,86b	23,63b	-	-

Letras diferentes na linha, indicam diferenças significativas entre as vazões, em cada um dos níveis de salinidade, em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de média Tukey.

Aos 18 e 21 DAT, foi observado efeito significativo para os fatores isolados salinidade e vazões de aplicação da solução nutritiva (p<0,01). Sob efeito da salinidade, verifica-se um comportamento linear decrescente, com reduções de 1,28 e 1,52 cm, para cada aumento

unitário na condutividade elétrica, com uma perda relativa de 22,9 e 23,3%, na comparação do tratamento controle, com o maior nível salino.

Os resultados corroboram, com os encontrados por Gondim Filho et al. (2018), submetendo três cultivares de manjeriço, até um nível máximo de 12,27 dS m⁻¹, obtiveram reduções de 3,34 e 3,72%, na altura das plantas dos cultivares "Toscano Folha de Alface" e 'Alfavaca Basilicão'. A redução na altura das plantas, quando expostas ao estresse salino, deve-se a um desvio de energia, que seria usada no crescimento, direcionando-o para o mecanismo de tolerância ao estresse (MUNNS & GILLIHAM, 2015).

Reduções de 36; 15; 18 e 11%, na altura da beterraba cultivar Itapuã, foram observadas por Silva et al. (2015), aos 20, 30, 40 e 50 DAT, submetendo as plantas, a um nível máximo de 12 dS m⁻¹.

O aumento da velocidade da vazão da solução nutritiva, também reduziu a altura das plantas, com melhor desenvolvimento da planta, verificada nas vazões de 1 e 2 L min⁻¹, tanto aos 18, quanto aos 19 DAT. As reduções na altura, pelo aumento demasiado da vazão até 4 L min⁻¹, resultou em uma perda relativa de 9,24% e 9,43%, quando comparada a vazão de melhor rendimento da planta, aos 18 e 19 DAT, respectivamente (Tabela 4).

As maiores taxas de crescimento absoluto (TCA) e crescimento relativo (TCR), sob efeito da salinidade, foram verificadas no tratamento controle (Figura 4 A e B). A maior TCA, foi verificada entre o intervalo 10-14 DAT, na condutividade 1,7 dS m⁻¹ (1,46 cm dia⁻¹), cerca de 13,2; 18,6 e 28,7% superior, ao observado nas condutividades de 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, respectivamente. No intervalo 14-21 DAT, a TCA, apresentou uma leve redução, com a menor TCA, verificada no maior nível de salinidade 6,0 dS m⁻¹ (0,96 cm dia⁻¹) (Figura 4 A).

A TCR apresentou um comportamento crescente no intervalo 6-14 DAT, como observado no experimento I, com a maior TCR, verificada na condutividade de 1,7 dS m⁻¹ (0,14 cm cm⁻¹ dia⁻¹), sendo verificado uma redução de 11,3; 19,5 e 28,4%, para as condutividades de 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, para o mesmo DAT (Figura 4 B). Após os 14 DAT, a TCR apresentou uma redução, para todos os tratamentos, até os 21 DAT.

Os resultados se equivalem, aos encontrados por Gondim filho et al. (2018), que verificam reduções de 7,0 e 6,45% na taxa de crescimento absoluto (TCA), por incremento de salinidade na cultura do manjeriço, para os cultivares "Toscano Folha de Alface" e 'Alfavaca Basilicão', e uma redução de 6,68% na TCR, evidenciando o efeito da salinidade sobre as taxas de crescimento.

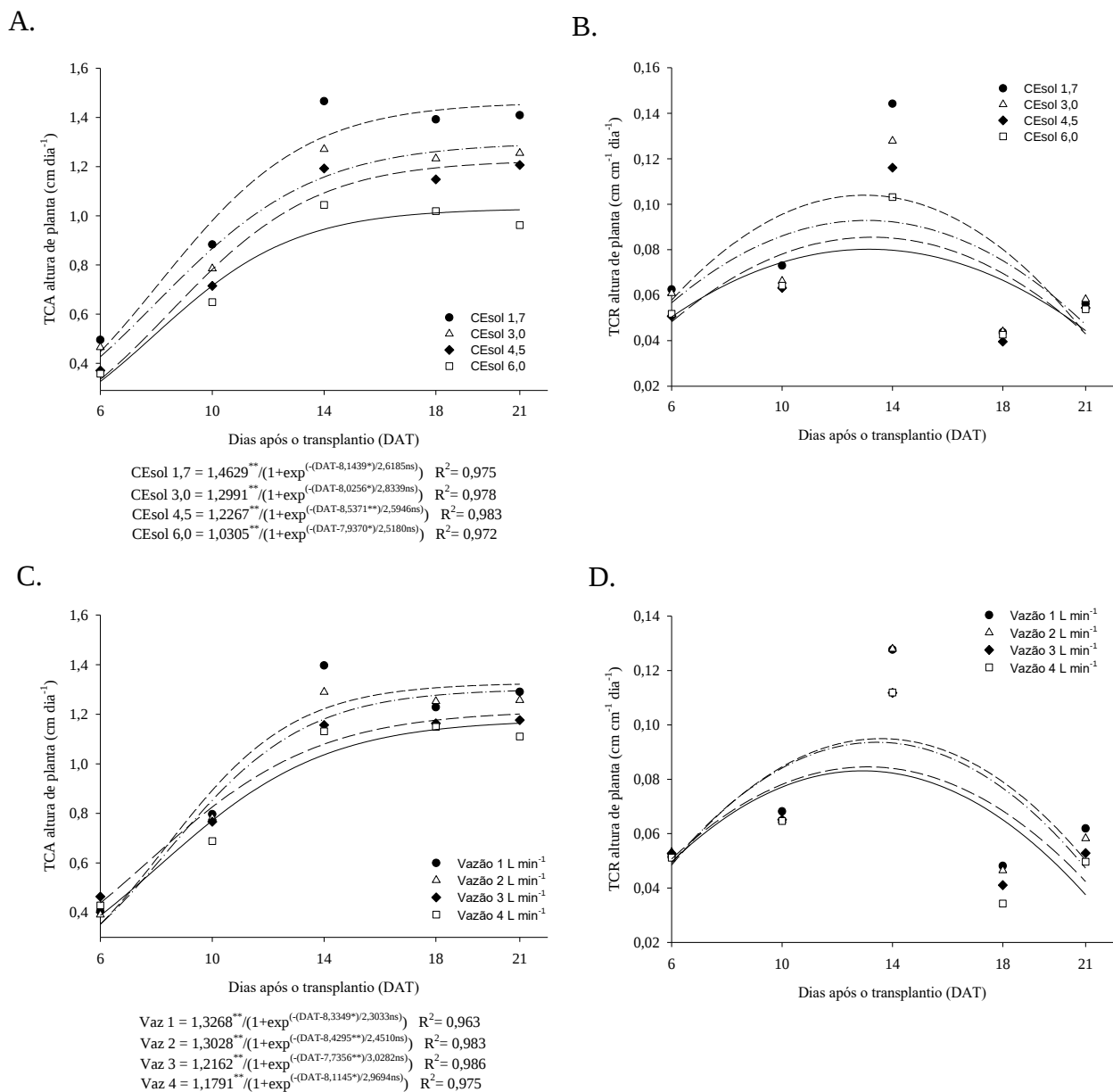


Figura 4. Taxa de crescimento absoluto – TCA (A); Taxa de crescimento relativo – TCR (B), da altura das plantas para o tratamento condutividade elétrica; TCA, da altura das plantas (C), e TCR, da altura das plantas (D), para o tratamento vazão de aplicação da solução nutritiva, experimento III – água mista.

Sob efeito das vazões de aplicação da solução nutritiva, a TCA apresentou valores próximos entre as vazões, no intervalo 6-10 DAT, sendo verificado superioridade das vazões de 1 e 2 L min⁻¹ aos 14 DAT, com valores da ordem de 1,39 e 1,28 cm dia⁻¹, e uma perda relativa de 19,0%, na comparação da melhor taxa, com o valor verificado na vazão de 4 L

min^{-1} ($1,13 \text{ cm dia}^{-1}$) (Figura 4 C). No intervalo 14-21 DAT, a vazões de 1 e 2 L min^{-1} , permaneceram superiores, com uma perda relativa menor, em torno de 13,9%.

A TCR apresentou um comportamento crescente no intervalo 6-14 DAT, com melhor taxa nas vazões de 1 e 2 L min^{-1} ($0,127$ e $0,127 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), e uma perda relativa de 12,4%, na comparação com a menor TCR na vazão de 4 L min^{-1} ($0,111 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). A partir dos 14 DAT, foi verificado uma redução da TCR, até os 21 DAT (Figura 4 D).

Declínios da TCR geralmente são esperados, pois conforme a planta vai atingindo a maturidade, ocorre um aumento da necessidade de fotoassimilados para manutenção das estruturas já formadas, o que diminui a quantidade de fotoassimilados disponíveis para o crescimento (FERREIRA et al., 2008).

3.2 Número de folhas e massas de parte aérea e radicular

Na Tabela 5, referente ao experimento I, observa-se o resumo da análise de variância para os parâmetros de crescimento do coentro cv. ‘Verdão’, avaliado aos 35 DAS. Pelo resumo da análise de variância, verifica-se efeito interativo do fator condutividade elétrica e vazões de aplicação da solução nutritiva, para o número de folhas (NF) e massa fresca da parte aérea (MF PA) ($p < 0,01$), bem como para a massa seca da parte aérea (MS PA) ($p < 0,05$). Para a massa fresca e seca da raiz (MF RA e MS RA), houve efeito isolado dos fatores salinidade e vazões de aplicação da solução nutritiva ($p < 0,01$).

No experimento II, pelo resumo da análise de variância, verifica-se efeito interativo do fator condutividade elétrica e vazões de aplicação da solução nutritiva, para o número de folhas (NF), massa fresca de parte aérea (MF PA), massa seca de parte aérea (MS PA) ($p < 0,05$). Para a massa fresca e seca da raiz (MF RA e MS RA), houve efeito isolado dos fatores salinidade e vazões de aplicação da solução nutritiva ($p < 0,01$).

No experimento III, pelo resumo da análise de variância, verifica-se efeito isolado para os fatores salinidade e vazões de aplicação da solução nutritiva, para todos as variáveis de crescimento ($p < 0,01$), não sendo verificado efeito interativo dos referidos fatores, para nenhuma das variáveis (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância, para o número de folhas (NF), massa fresca e seca de parte aérea (MF PA e MS PA), massa fresca e seca de raiz (MF RA e MS RA), aos 35 DAS, recife-PE.

FV	GL	Quadrado médio				
		NF	MF PA	MS PA	MF RA	MS RA
Experimento I - NaCl						
CEsol (Ce)	3	602,7985**	2337,7336**	18,2184**	19,2808**	0,1877**
Vazão (V)	3	57,0402**	96,7467**	0,7807*	7,8226**	0,0871**
Ce X V	9	53,9181**	45,4119**	0,4932*	1,6297 ^{ns}	0,0176 ^{ns}
Resíduo	48	10,6788	12,3241	0,2195	0,9181	0,0106
CV (%)	-	6,05	8,44	11,90	12,08	11,39
Experimento II - CaCl ₂ .2H ₂ O						
CEsol (Ce)	3	193,6822**	2040,7659**	17,3333**	19,2808**	0,1322**
Vazão (V)	3	51,9322**	63,1717**	0,5375**	7,8226**	0,0870**
Ce X V	9	27,5017*	16,6782*	0,1529*	1,6297 ^{ns}	0,0176 ^{ns}
Resíduo	48	10,9635	3,3700	0,0711	0,9181	0,0106
CV (%)	-	6,36	7,23	8,04	12,32	14,01
Experimento III - 2:1:1 (NaCl : CaCl ₂ .2H ₂ O : MgCl ₂ .6H ₂ O)						
CEsol (Ce)	3	403,1250**	1243,2243**	4,4996**	6,0293**	0,0355**
Vazão (V)	3	131,9583**	24,2503**	1,2221**	10,3646**	0,1391**
Ce X V	9	6,1944 ^{ns}	3,0084 ^{ns}	0,1589 ^{ns}	1,6140 ^{ns}	0,0022 ^{ns}
Resíduo	48	10,2500	2,6263	0,0814	0,8299	0,00127
CV (%)	-	5,81	6,44	12,15	19,52	8,31

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

Na Figura 5 A, no experimento com água sódica, verifica-se o comportamento interativo, entre os fatores salinidade e vazões de aplicação da solução nutritiva, com comportamento linear para as vazões 1 e 4 L min⁻¹, e decréscimos de 4,7 e 3,4 folhas por planta, para cada aumento unitário na salinidade. Verifica-se também, um comportamento quadrático, para as vazões 2 e 3 L min⁻¹, com valores máximo estimados pelas equações 2 e 3 (Figura 5 A), nas condutividades 2,5 e 3,0 dS m⁻¹.

Verifica-se ainda, que as vazões tiveram comportamento distinto, entre os níveis de salinidade, com o melhor número de folhas, observado na vazão de 1 L min⁻¹ (15,58%), superior ao menor valor, na vazão de 3 L min⁻¹, no tratamento controle (1,7 dS m⁻¹). Com o aumento da concentração de sais, para 3,0 dS m⁻¹, foi verificado uma redução de 18,5%, comparando a vazão 1 e 4 L min⁻¹ (Figura 5 A).

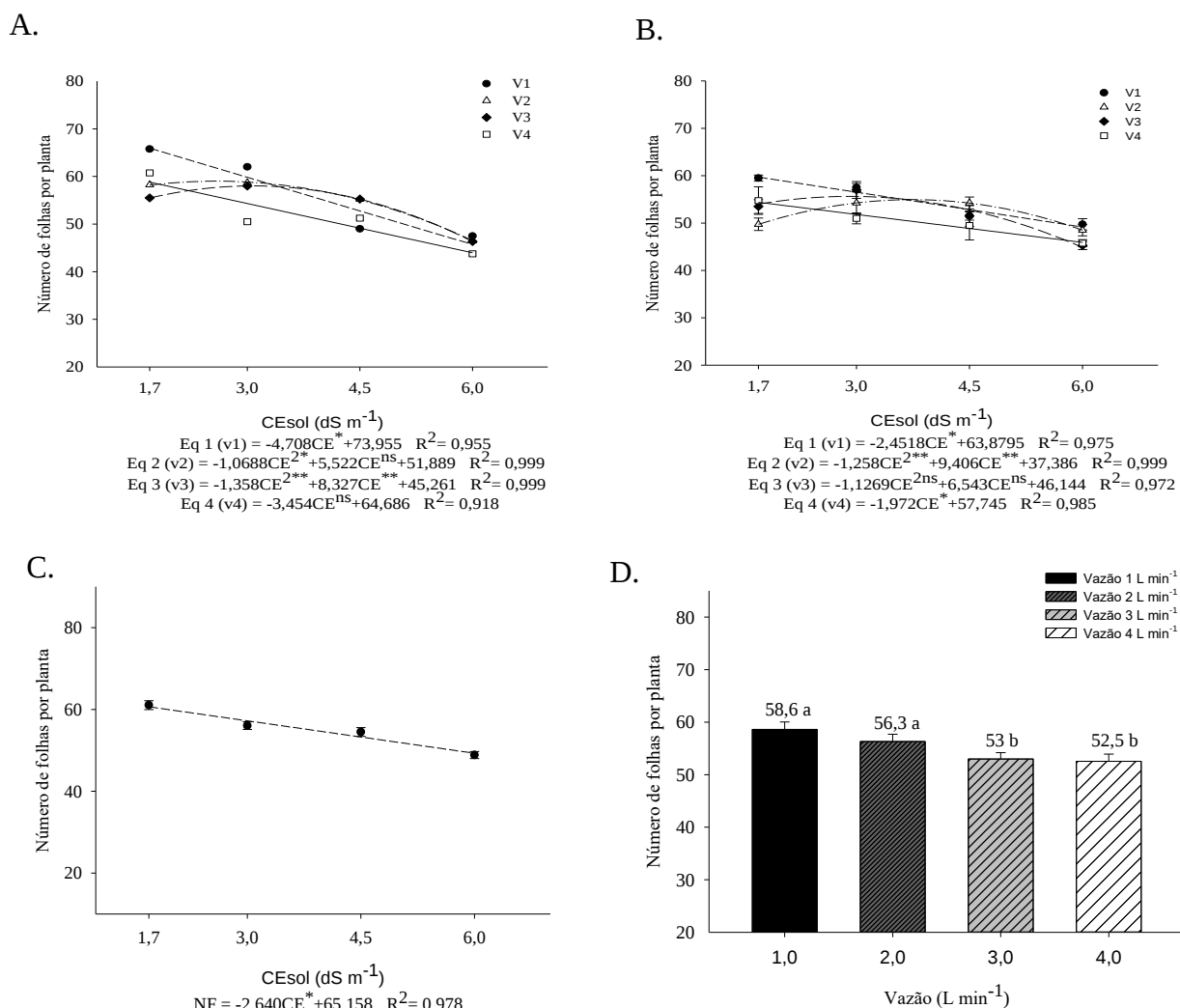


Figura 5. Número de folhas do coentro cv. Verdão, submetido a diferentes níveis de salinidade e vazões da solução nutritiva, preparada em águas salinizadas com NaCl (A), CaCl₂ (B) e uma mistura de sais na proporção 2:1:1 (NaCl : CaCl₂.2H₂O : MgCl₂.6H₂O) (C e D), em Recife-PE, *: regressão significativa a 5% de probabilidade; **: regressão significativa a 1% de probabilidade.

Sob efeito da água cálcica (Figura 5 B), também foi verificado efeito interativo entre os fatores, com comportamento semelhante das vazões nos níveis de condutividade elétrica. No tratamento controle, o aumento do fluxo de solução, foi positivo, com as vazões 3 e 4 L min⁻¹, apresentando valores próximos, ao observado na vazão de 1 L min⁻¹. Quando a concentração de sais aumentou para 3,0 dS m⁻¹, sob a vazão 4 L min⁻¹, foi verificado o menor número de folhas, com uma redução de 11,3%, na comparação com a vazão 1 L min⁻¹, para o mesmo nível de salinidade, não sendo verificado, diferença entre as vazões nos níveis de salinidade de 4,5 e 6,0 dS m⁻¹.

Os resultados divergem dos encontrados por Guimarães et al. (2017), submetendo duas cultivares de alface, a uma condutividade máxima de $7,6 \text{ dS m}^{-1}$, em sistema hidropônico NFT, avaliando o número de folhas, aos 15 DAT, demonstrando a tolerância das plantas a salinidade, para o período de avaliação. Putti et al. (2018), também não encontraram diferença significativa, para o número de folhas, em função da salinidade, aos 15, 30 e 45 DAT, para a abobrinha.

Os resultados corroboram, com os encontrados por Silva Junior et al. (2013), verificando redução de 32 e 39%, para os cultivares de melão (Amarelo e Eldorado 300), apesar dos autores, chamaram atenção, para o fato dessa variável não ser um bom parâmetro para indicar tolerância a salinidade. Esta redução no número de folhas pode ainda, ser um mecanismo de adaptação das plantas ao estresse, como forma de minimizar as perdas de água por transpiração (SOARES et al., 2012).

Apesar de não ter ocorrido, efeito interativo dos fatores salinidade e vazões, quando a cultura foi conduzida, sob água mista (Figura 5 C e D), verifica-se comportamento isolado de cada um dos fatores, com efeito linear decrescente, para o fator salinidade, com uma redução de 2,6 folhas por planta, para cada aumento unitário na salinidade, e uma perda relativa 19,9%, na comparação do tratamento controle ($1,7 \text{ dS m}^{-1}$), com a maior concentração de sais ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$). Com o aumento do fluxo de solução nutritiva, no perfil, o número de folhas apresentou uma redução de 3,9; 9,5 e 10,3% na comparação da vazão 1 L min^{-1} , com as vazões de 2, 3 e 4 L min^{-1} (Figura 5 D).

Al-Tawaha et al. (2018), também encontraram reduções no número de folhas internas e externas da alface, com o aumento do fluxo de circulação da solução nutritiva, indicando a vazão de 20 L hora^{-1} ($0,33 \text{ L min}^{-1}$), como a vazão ideal, para um melhor crescimento da alface, no sistema NFT.

Na Figura 6 A, no experimento com água sódica, verifica-se o efeito interativo do fator salinidade e vazões de aplicação da solução nutritiva, sobre a MF PA, com comportamento linear para todos as vazões, com um decréscimo de 5,877; 7,596; 6,144 e $6,342 \text{ g molho}^{-1}$, para cada aumento unitário na salinidade, nas vazões ($1, 2, 3 \text{ e } 4 \text{ L min}^{-1}$), com efeitos deletérios, nas folhas mais velhas, na salinidade $4,5 \text{ e } 6,0 \text{ dS m}^{-1}$, e uma perda relativa, verificada na vazão de 4 L min^{-1} de 53,5%. De forma semelhante, ao ocorrido no número de folhas, as vazões apresentaram comportamento diferente, com o aumento da concentração de sais na solução.

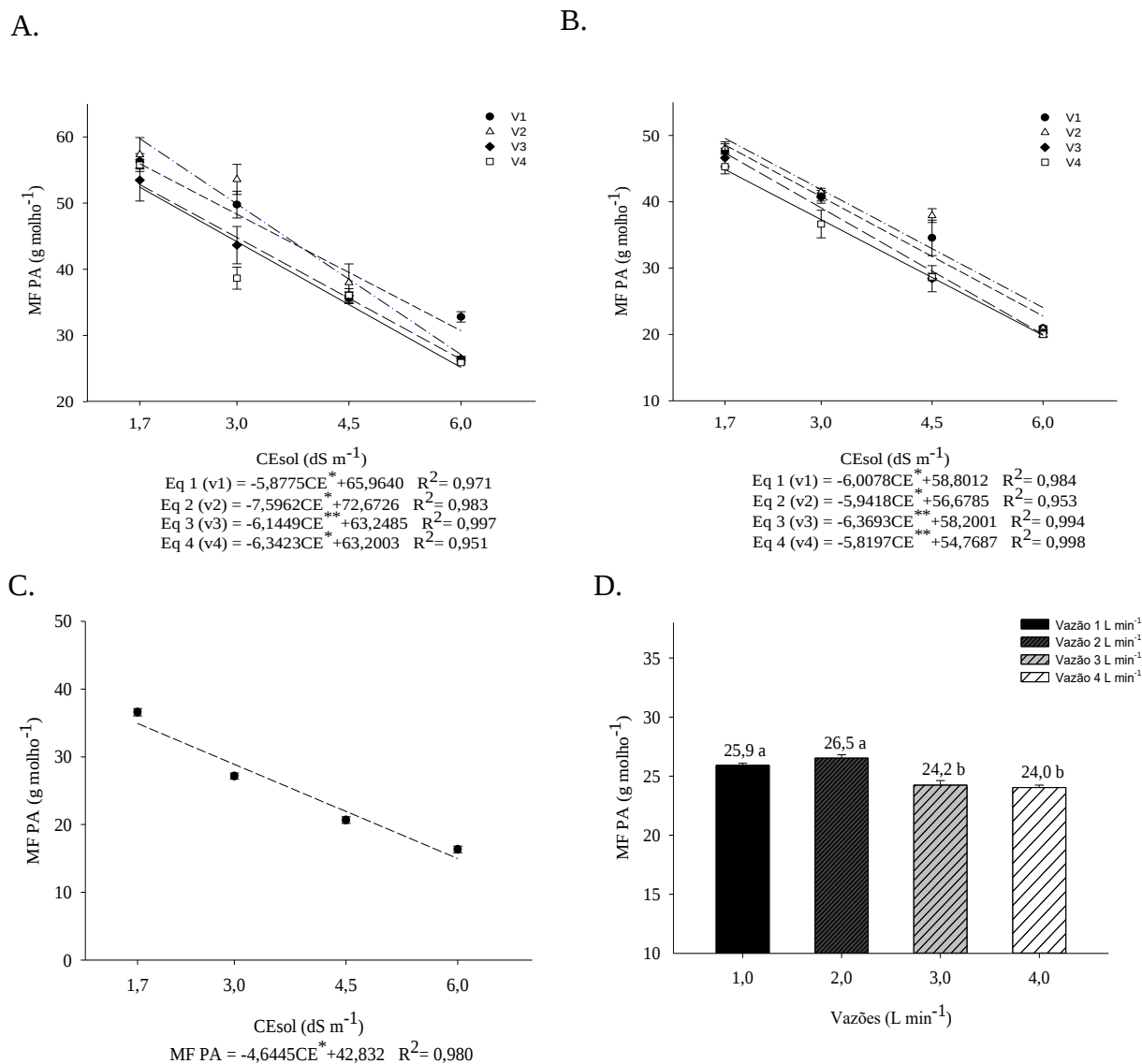


Figura 6. Massa fresca de parte aérea do coentro cv. Verdão, submetido a diferentes níveis de salinidade e vazões da solução nutritiva, preparada em águas salinizadas com NaCl (A), CaCl₂ (B) e uma mistura de sais na proporção 2:1:1 (NaCl : CaCl₂.2H₂O : MgCl₂.6H₂O) (C e D), em Recife-PE, *: regressão significativa a 5% de probabilidade; **: regressão significativa a 1% de probabilidade.

No tratamento controle (1,7 dS m⁻¹), o aumento do fluxo de circulação da solução nutritiva, não apresentou diferenças para a MF PA, sob as diferentes vazões. Quando as plantas, foram expostas ao nível de salinidade 3,0 dS m⁻¹, as vazões de 1 e 2 L min⁻¹, apresentaram um rendimento superior, sendo verificado uma redução, na massa fresca, de 12,3 e 22,34%, quando a solução foi fornecida às plantas, por meio das vazões 3 e 4 L min⁻¹, respectivamente (Figura 6 A).

Sob efeito da água cálcica (Figura 6 B), também verifica-se efeito interativo, dos fatores salinidade e vazões, sobre a MF PA, com comportamento linear para todas as vazões, e um decréscimo de 6; 5,941; 6,369; 5,819 g molho⁻¹, nas vazões (1, 2, 3 e 4 L min⁻¹). Na salinidade controle (1,7 dS m⁻¹), o aumento do vazão de solução no perfil, não resultou em ganhos de MF PA, entretanto, com o aumento da concentração de íons no tratamento (3,0 dS m⁻¹), as vazões 1, 2 e 3 L min⁻¹, promoveram ganhos de 10% na massa fresca do coentro, em comparação com a vazão de 4 L min⁻¹.

No tratamento (4,5 dS m⁻¹), a planta respondeu bem com o uso das vazões 1 e 2 L min⁻¹, com ganhos de 17% na massa fresca do coentro, em relação às vazões 3 e 4 L min⁻¹, não sendo verificado, diferença entre as vazões, no tratamento de maior concentração salina (Figura 6 B).

Essas reduções na MF PA, podem estar relacionadas, não apenas a diminuição do crescimento em altura, mas também ao declínio do número de folhas, e uma provável redução da área foliar. Os resultados corroboram com os obtidos por Silva et al. (2018), encontrando reduções de 5,88 e 6,08%, aos 20 e 25 DAT, para a cultura do coentro, submetido até o nível máximo de 7,0 dS m⁻¹, no sistema hidropônico DFT (técnica de fluxo profundo). Putti et al. (2018), observou comportamento quadrático, para o NF da abobrinha, com ponto de máxima na condutividade de 2,57 dS m⁻¹.

Reduções em torno de 13,3 e 13,8%, aos 16 DAT, também foram observadas na rúcula, pela adição de NaCl a solução nutritiva, e uso de água salobra, típica do semiárido pernambucano por Silva et al. (2011). O excesso de íons da solução nutritiva, nos tratamentos de maior concentração salina, pode ter afetado a disponibilidade hídrica, ocasionando a queda no potencial de água da folha, o que pode ter levado a perda de turgência celular, reduzindo o peso fresco.

Apesar de não ter ocorrido efeito interativo dos fatores salinidade e vazões, quando a cultura foi conduzida, sob água mista, verifica-se um comportamento linear decrescente, com redução de 4,644 g molho⁻¹, na MF PA, para cada aumento unitário na condutividade elétrica da solução, e uma perda de MF, de 55,4%, comparando o tratamento controle, com a maior concentração de sais, sem efeitos deletérios na planta (Figura 6 C). O aumento da vazão da solução nos perfis, para 3 e 4 L min⁻¹ reduziu em 6,4 e 7,2% a MF, comparado à vazão 1 L min⁻¹, e 8,6 e 9,4%, comparado à vazão 2 L min⁻¹ (Figura 6 D).

Os resultados corroboram, com os encontrados por Silva et al. (2016), submetendo o coentro, a uma salinidade máxima de $5,51 \text{ dS m}^{-1}$, na hidroponia NFT, com perdas de MS PA de 24,40; 33,95; 37,08 e 34,69% aos 10, 15, 21 e 25 DAT, respectivamente, não sendo observado efeito deletério da salinidade nas folhas, mesmo na maior salinidade.

No ciclo da água sódica (Figura 7 A), verifica-se efeito interativo, dos fatores salinidade e vazões, sobre a MS PA, com comportamento linear decrescente, para todas as vazões, com decréscimo na MS PA de 0,651; 0,651; 0,420 e 0,496 g molho⁻¹, para cada incremento unitário na salinidade, nas vazões (1, 2, 3 e 4 L min⁻¹), respectivamente. No tratamento controle ($1,7 \text{ dS m}^{-1}$), o aumento da vazão da solução no perfil, não resultou em perdas de massa seca da planta, todavia, quando o nível de salinidade foi elevado para ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$), as plantas responderam melhor, quando foram cultivadas sob as vazões 1, 2 e 3 L min⁻¹, resultando em ganhos de 22% em MS PA, na comparação com a vazão 4 L min⁻¹, não sendo verificado, diferença entre as vazões, nos níveis de salinidade 4,5 e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Sob efeito da água cálcica (Figura 7 B), também foi verificado efeito interativo, dos fatores salinidade e vazões, na MS PA, com comportamento linear decrescente, e decréscimo de 0,585; 0,568; 0,519 e 0,546 g molho⁻¹, para cada aumento unitário na salinidade, relacionado as vazões (1, 2, 3 e 4 L min⁻¹). O aumento do fluxo de solução, não apresentou diferença estatística, até a condutividade $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, sendo verificado uma redução da MS PA de 23,6 e 16,4%, na condutividade $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, quando as plantas foram conduzidas sob as vazões 3 e 4 L min⁻¹.

Os resultados corroboram, com os encontrados por Gondim Filho et al. (2018), expondo três genótipos de manjerição, a uma condutividade máxima de $12,27 \text{ dS m}^{-1}$ na hidroponia DFT, encontrando reduções na MS PA, 1,930; 1,130 e 1,330 g, para cada aumento unitário de salinidade. Bione et al. (2014), também reportam redução de 1,651 g molho⁻¹, por aumento unitário de salinidade, na MS PA do manjerição, evidenciando efeitos mais severos na parte aérea, do que na parte radicular.

Redução linear na MS PA, também foram verificadas na salsa, por Martins et al. (2019), com o aumento da salinidade, e entre as naturezas catiônicas NaCl, CaCl₂, MgCl₂ e KCl estudadas, observando que as plantas cultivadas na solução nutritiva com NaCl, foram menos sensíveis ao aumento da salinidade.

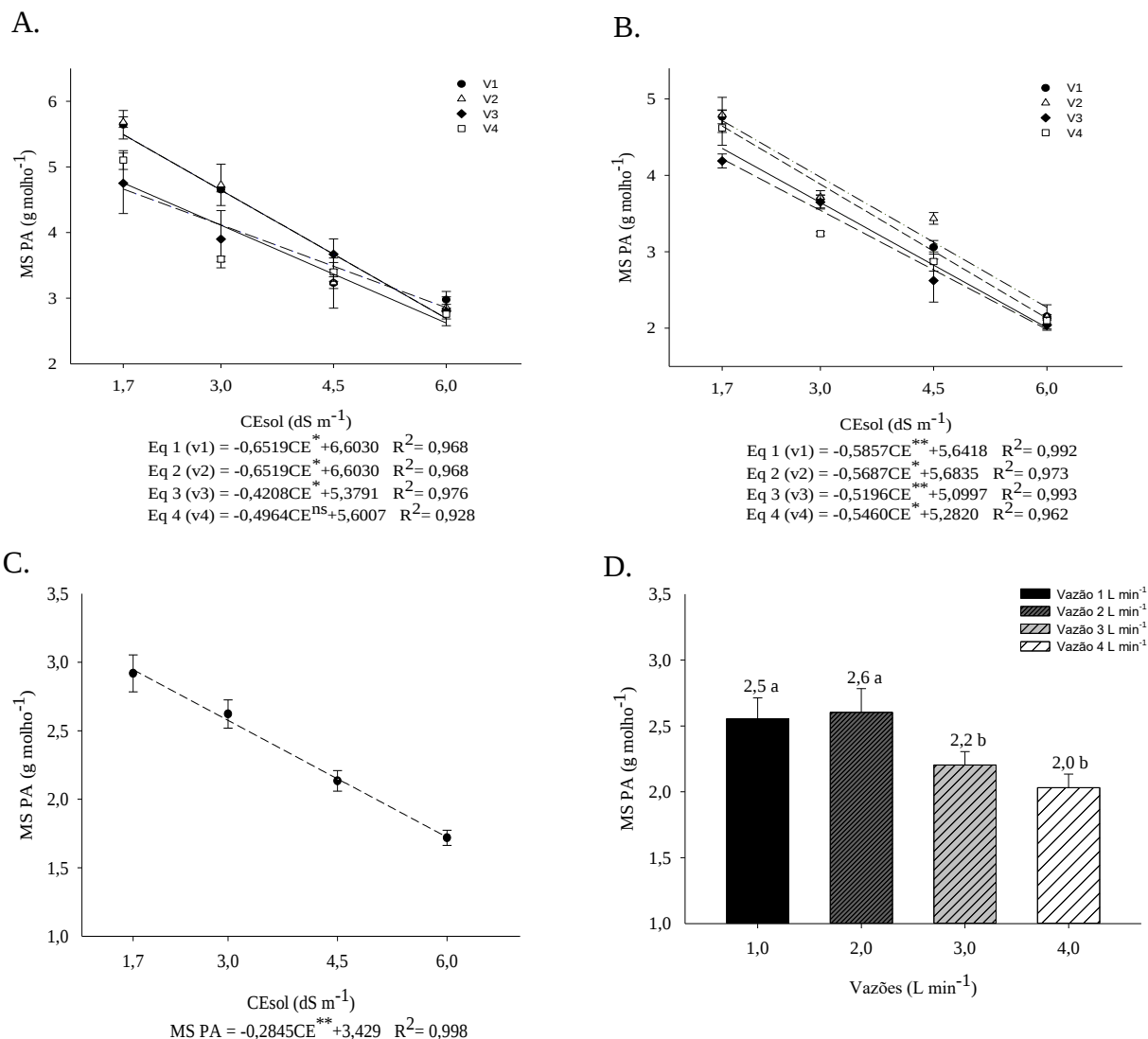


Figura 7. Massa seca de parte aérea do coentro cv. Verdão, submetido a diferentes níveis de salinidade e vazões da solução nutritiva, preparada em águas salinizadas com NaCl (A), CaCl₂ (B) e uma mistura de sais na proporção 2:1:1 (NaCl : CaCl₂.2H₂O : MgCl₂.6H₂O) (C e D), em Recife-PE, *: regressão significativa a 5% de probabilidade; **: regressão significativa a 1% de probabilidade.

Apesar de não ter ocorrido efeito interativo dos fatores salinidade e vazões, quando a cultura foi conduzida, sob água mista, verifica-se comportamento linear decrescente para a MS PA, com redução de 0,284 g molho⁻¹, para cada incremento unitário na salinidade, e uma perda relativa de 41,14% na comparação do tratamento controle (2,919 g molho⁻¹), com a maior salinidade (1,718 g molho⁻¹) (Figura 7 C). Quando as plantas foram expostas a uma maior vazão da solução nutritiva no perfil, nas vazão 3 e 4 L min⁻¹, foi verificado uma

redução de 13,7 e 20,5% na MS PA, com melhor acúmulo de massa seca, fazendo uso das vazões de 1 e 2 L min⁻¹ (2,55 e 2,60 g molho⁻¹), respectivamente.

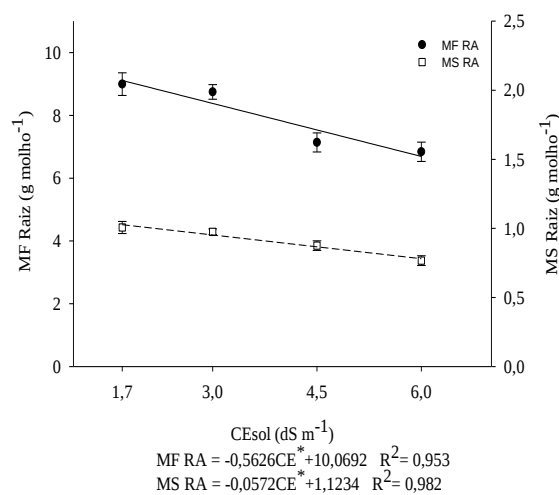
Sob água sódica, verifica-se o efeito isolado do fator salinidade ($p < 0,01$), para a massa fresca e seca da raiz (MF RA e MS RA), com comportamento linear decrescente, e uma redução de 0,562 e 0,057 g molho⁻¹ para cada incremento unitário na salinidade, para a MF E MS RA, respectivamente. O melhor crescimento do sistema radicular, se deu no tratamento controle (1,7 dS m⁻¹), com uma perda relativa para MF RA e MS RA, de 23,93 e 23,81%, na comparação com a maior condutividade elétrica (6,0 dS m⁻¹) (Figura 8 A).

Para o efeito isolado da vazão, sob água sódica, quando as plantas foram expostas, a uma maior vazão de aplicação da solução nutritiva, a MF e MS RA, apresentou um aumento, em relação a menor vazão (1 L min⁻¹), de 20,7; 19,9 e 20,3%, para a MF RA, e 21; 16,9 e 15,8% para a MS RA, relacionada as vazões 2, 3 e 4 L min⁻¹, respectivamente. Possivelmente a menor massa de raiz, na vazão de 1 L min⁻¹, esteja relacionado a um maior tempo de contato da solução, com o sistema radicular, não exigindo da planta o crescimento das raízes, em busca de nutrientes no perfil (Figura 8 B).

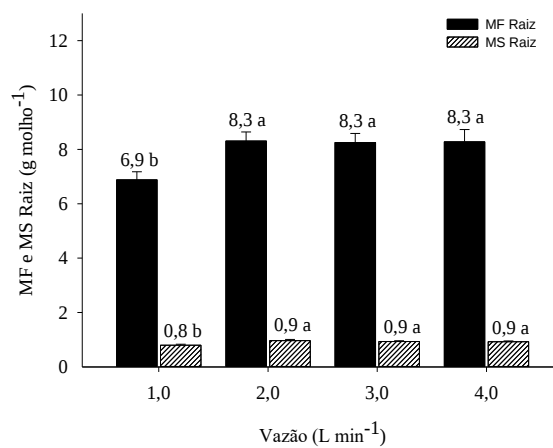
Os resultados corroboram com os encontrados por Dalastra et al. (2020), submetendo plantas de alface a vazões de 0,5; 1; 2 e 4 L min⁻¹, no sistema hidropônico NFT, verificando menor massa fresca e seca de raiz, na menor vazão, atribuindo o comportamento ao aumento do volume de solução na raiz da planta, e ao maior atrito existente nas maiores vazões, que resultam em danos no sistema radicular, que promovem o surgimento de novas raízes, visando compensar as perdas por atrito. Ainda segundo os referidos autores, o aumento do atrito da solução com o sistema radicular das plantas, nas maiores vazões, contribuiu para a redução da absorção de nutrientes, observada pelo acúmulo na parte aérea.

Quando conduzida, sob água cálcica, também foi verificado, efeito isolado, dos fatores salinidade e vazão (Figura 8 C e D), com comportamento linear decrescente, para a MF e MS RA, com reduções de 0,562 e 0,043 g molho⁻¹ para cada incremento unitário na salinidade, e uma perda relativa de 24,3 e 21,6%, na comparação do tratamento controle (8,84 e 0,78 g molho⁻¹), com a maior salinidade (6,69 e 0,61 g molho⁻¹), para a MF e MS RA, respectivamente.

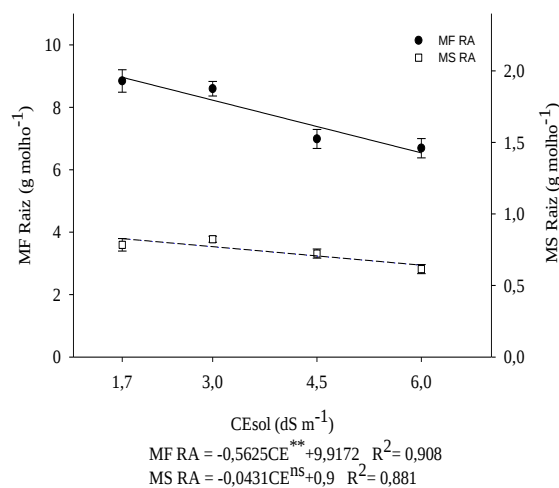
A.



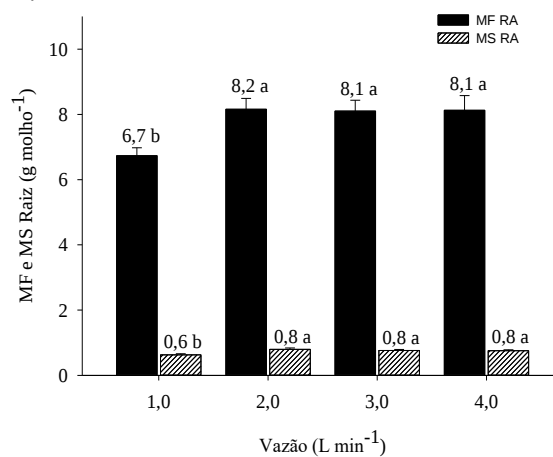
B.



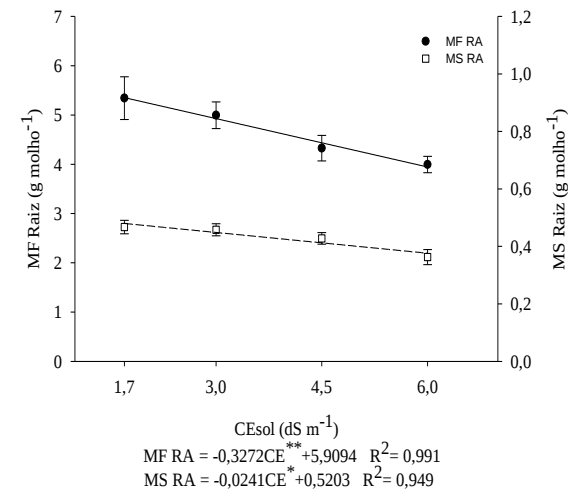
C.



D.



E.



F.

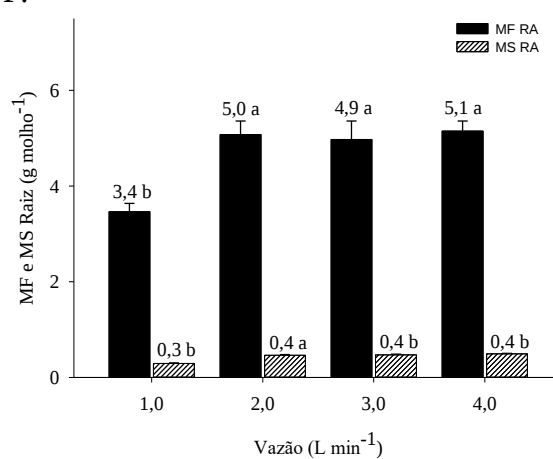


Figura 8. Massa fresca e seca da raiz do coentro cv. Verdão, submetido a diferentes níveis de salinidade e vazões da solução nutritiva, preparada em águas salinizadas com NaCl (A e B), CaCl_2 (C e D) e uma mistura de sais na proporção 2:1:1 (NaCl : $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (E e F), em Recife-PE, *: regressão significativa a 5% de probabilidade; **: regressão significativa a 1% de probabilidade.

O aumento da vazão da solução nutritiva, para 2, 3 e 4 L min^{-1} , na água cálcica, promoveu ganhos de 21,2; 20,3 e 20,7%, para a MF RA, e 26,7; 21,3 e 20% para a MS RA (Figura 8 D), apresentando comportamento bem semelhante, ao verificado no MF e MS RA, na (Figura 8 B) – água sódica.

Quando o coentro foi cultivado, sob água mista, também foi verificado efeito isolado, dos fatores salinidade e vazão, com comportamento linear decrescente, e reduções de 0,327 e 0,024 g molho^{-1} , para cada incremento unitário na salinidade, para a MF e MS RA, e uma perda relativa de 25,2 e 22,3%, na comparação com a maior salinidade da solução nutritiva (Figura 8 E). Na água mista, a salinidade da solução, mostrou-se mais severa sobre o sistema radicular das plantas, pela adição combinada do NaCl, CaCl_2 , MgCl_2 , sendo verificado os menores valores médios de MF e MS RA, além das MF e MS PA.

Isso pode ter ocorrido, pela menor capacidade do coentro de excluir os íons tóxicos, da água mista, em virtude da sua combinação na solução. Quando a cultura foi exposta a água sódica, os mecanismos de exclusão do Na^+ , que favorecem a transferência desse íon para a parte aérea, via fluxo transpiratório, pelas proteínas SOS1 do sistema radicular, podem ter sido mais eficientes, refletindo em menores perdas de massa da parte aérea e radicular (SILVEIRA et al., 2016).

Sob efeito isolado das vazões de circulação da solução nutritiva, na água mista, o efeito sobre a MF e MS RA, foi semelhante ao verificado no ciclo da água sódica e cálcica. O aumento da vazão, a partir de 2 L min^{-1} , favoreceu o aumento da MF RA em 46,5; 43,6 e 48,6%, sendo observado o mesmo comportamento para a MS RA, com aumento de 59; 62,3 e 69,5%, com o uso das vazões de 2, 3 e 4 L min^{-1} , respectivamente (Figura 8 F).

Os resultados corroboram com os encontrados por Putti et al. (2018), verificando reduções na massa fresca e seca do sistema radicular da abobrinha, com comportamento linear, e decréscimo de 6,45 g planta^{-1} (MF RA) e 1,64 g planta^{-1} (MS RA), para cada aumento unitário da salinidade. Decréscimo de 0,89 g por aumento unitário de salinidade, e perdas totais de até 94,97%, entre os níveis de salinidade de 1,5 e 9,0 dS m^{-1} , foram

verificadas por Campos Júnior et al. (2018), trabalhando com a cultura da rúcula, repondo o volume evapotranspirado com água salobra correspondente, corroborando com os resultados aqui expostos.

CONCLUSÃO

Apesar dos efeitos da salinidade sobre os parâmetros de crescimento do coentro, e produção de biomassa, a cultura pode ser cultivada em uma condutividade elétrica, de solução nutritiva, de até 3,0 dS m⁻¹, no sistema NFT, uma vez que os efeitos deletérios da salinidade (queima de folhas), sobre a parte aérea, foram verificados, na condutividade 4,5 e 6,0 dS m⁻¹;

O aumento da vazão de aplicação em níveis superiores a 2 L min⁻¹, não é recomendado quando se utiliza águas salobras no preparo da solução nutritiva;

Recomenda-se o uso das vazões 1 e 2 L min⁻¹, no sistema hidropônico NFT, usando perfis de 3 metros de comprimento, no cultivo do coentro.

CONCLUSÃO GERAL

O aumento das vazões acima de 2 L min⁻¹, reduziu o tempo em que a planta tinha contato com a solução nutritiva de descanso, quando o sistema era desligado;

O aumento da altura das plantas, nas menores vazões, pode ter ocorrido, por um maior tempo de contato da solução nutritiva, com o sistema radicular, disponibilizando mais nutrientes, ocasionado pelo fluxo de massa na região da rizosfera;

É necessário a ampliação dos estudos com águas salobras, em cultivos hidropônicos, devendo serem testadas outras naturezas catiônicas, para que o produtor tenha respostas mais amplas, do comportamento da planta nesse sistema;

É possível que as respostas da cultura, possam variar, em função de um maior ou menor diâmetro de perfil, associados com a salinidade da solução nutritiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-TAWAHA, A. R.; AL-KARAKI, G.; AL-TAWAHA, A. R.; SIRAJUDDIN, S. N.; MAKHADMEH, I.; WAHAB, P. E. M.; YOUSSEF, R. A.; SULTAN, W. A.; MASSADEH, A. Effect of water flow rate on quantity and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in nutrient film technique (NFT) under hydroponics conditions. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v.24, n.5, p.793-800, 2018.
- ALVARENGA, C. F. S.; SILVA, E. M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; SILVA, L. A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.1, p.194-205, 2019.
- BIONE, M. A. A.; PAZ, V. P. S.; SILVA, F.; RIBAS, R. F.; SOARES, T. M. Crescimento e produção de manjerição em sistema hidropônico NFT sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1228–1234, 2014.
- CAMPOS JÚNIOR, J. E.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; MARTINS, J. B.; SILVA, E. F. F.; ALMEIDA, C. D. G. C. Rocket production a low-cost hydroponic system using brackish water. **Revista Caatinga**, v.31, n.4, p.1008-1016, 2018.
- CAZUZA NETO, A.; SOARES, T. M.; BIONE, M. A.; FREITAS, F. T. O. de; MELO, D. M. de; SILVA FILHO, J. A. da. Qualidade do molho de coentro produzido em água salobra em sistema hidropônico NFT. In: Brazilian Symposium on Salinity, 2, e Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza. Anais... Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 2014a. p.3678-3684.
- DALASTRA, C.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; SILVA, M. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; FERNANDES, G. C. Head lettuce production and nutrition in relation to nutrient solution flow. **Horticultura Brasileira**, v.38, n.1, p.21-26, 2020.
- FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. A.; REIS, M. R.; VARGAS, L.; VIANA, R. G.; GUIMARÃES, A. A.; GALON, L. Potencial competitivo de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p.261-269, 2008.
- FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de olerícolas de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. 1. ed. IAC, 1998. 30p. Boletim técnico.
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC, 1999a. 52p. (Boletim Técnico, 180).

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

GIUFFRIDA, F.; CASSANITI, C.; MALVUCCIO, A.; LEONARDI, C. Effects of salt stress imposed during two growth phases on cauliflower production and quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.97, p.1552-1560, 2016.

GONDIM FILHO, H.; SILVA, P. C. C.; SILVA, M. G.; PEREIRA, M. M.; SOARES, T. M.; AZEVEDO NETO, A. D.; VASCONCELOS, R. S.; GHEYI, H. R. Growth, Production and Essential Oil Content of Basil Genotypes in Hydroponic Conditions under Salt Stress. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.25, n.1, p.2457-0591, 2018.

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

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, A. O.; MEDEIROS, P. R. F.; SILVA, G. F.; SOARES, H. R. Watercress and chinese cabbage in a hydroponic system using groundwater. **Revista Caatinga**, v.32, n.4, p.1038-1047, 2019.

LOPES WAR; NEGREIROS MZ; DOMBROSKI JLD; RODRIGUES GSO; SOARES AM; ARAÚJO AP. Análise do crescimento de tomate ‘SM-16’ cultivado sob diferentes coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.4, p.554-561, 2011.

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

MARTINS, J. B.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA JÚNIOR, F. J.; SILVA, G. F.; MEDEIROS, S. S. Production of parsley in hydroponic conditions under isosmotic brackish nutrient solutions. **Science and Agrotechnology**, vol. 43, p.1-10, 2019.

MEDEIROS, J. F., NETO, C. P. C. T., SILVA DIAS, N., GHEYI, H. R., SILVA, M. V. T., LOIOLA, A. T. Salinidade e pH de um argissolo irrigado com água salina sob estratégias de manejo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n. 3, p. 1407-1419, 2017.

MONTENEGRO, S. G. L.; SILVA JÚNIOR, J. G.; MONTENEGRO, A. A. A.; CARVALHO, J. F.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C. Experimentação e modelagem do avanço de sais no perfil do solo em área cultivada com repolho sob alternativas de manejo de irrigação, no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.148-155, 2013.

MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops – what is the cost? **New phytologist**, v.208, p.668-673, 2015.

OLIVEIRA DE SOUSA, V. F.; COSTA, C. C.; DINIZ, G. L.; SANTOS, J. B.; BOMFIM, M. P. Physiological behavior of melon cultivars submitted to soil salinity. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n.3, p.271-279, 2018.

PUTTI, F. F.; SILVA, A. O.; SILVA JUNIOR, J. F.; GABRIEL FILHO, L. R.; KLAR, A. E. Crescimento e produção da abobrinha sob irrigação com água salobra. **Irriga**, v.23, n.4, p.713-726, 2018.

RASHED, N. M. and DARWESH. R. K. A comparative study on the effect of microclimate on planting date and water requirements under different nitrogen sources on coriander (*Coriandrum sativum*, L.). **Annals of Agricultural Science**, v.60, n.2, p.227-243, 2015.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas Salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 48). 2000. 117 p.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. The use of saline waters for crop production. **Food and agriculture organization of the united nations**, Rome, 1992.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep, 2002. 762 p.

SANTOS, D. B. dos.; FERREIRA, P. A.; OLIVEIRA, F. G. de.; BATISTA, R. O.; COSTA, A. C.; CANO, M. A. O. Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino. **Idesia**, v.30, p.69-74, 2012.

SILVA JÚNIOR, G. S.; SILVA, L. E.; AGUIAR, L. A. A; LIMA, A. B. Efeito do estresse salino sobre o crescimento e equilíbrio nutricional em cultivares de melão. **Revista Cientec** v.5, n. 1, p.63-77, 2013.

SILVA, A. O.; SILVA, D. J. R.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido - PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.147-155, 2011.

SILVA, A. O.; SILVA, E. F. F.; KLAR, A. Manejo da fertilidade e salinidade do solo no crescimento da cultura da beterraba. **Revista Engenharia Agrícola**, v.35, n.2, p.230-241, 2015.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. **Journal of Arid Environments**, v.74, p.1130-1137, 2010.

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

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

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

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

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

SOARES, H. R.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; SANTOS, A. N. Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.7, p.636–642, 2015.

SOARES, L. A. A.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; de LIMA, G. S. SILVA, A. O.; SOARES, S. S. Componentes de crescimento da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Irriga** v.1, n.2, p.40-54, 2012.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; OLIVEIRA, A. S. Experimental structure for evaluation of saline water use in lettuce hydroponic production. **Irriga**, v.14, n.1, p.102-114. 2009.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.6, p.586-592, 2011.

SZEMPLINSKI, W.; NOWAK, J.; JANKOWSKI, K. J. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) response to different levels of agronomic factors in Poland. **Industrial Crops & Products**, v.122, p.456-464, 2018.

TORRES, E. C. M.; FREIRE, J. L. O.; OLIVEIRA, J. L.; BANDEIRA, L. B.; MELO, D. A.; SILVA, A. L. Biometria de mudas de cajueiro anão irrigadas com águas salinas e uso de atenuadores do estresse salino. **Nativa**, v.2, n.2, p.71-78, 2014.

UITTERHAEGEN, E.; BURIANOVÁ, K.; BALLAS, S.; VÉRONÈSE, T.; MERAH, O.; TALOU, T.; STEVENS, C. V.; EVON, PH.; SIMON, V. Characterization of volatile organic compound emissions from self-bonded boards resulting from a coriander biorefinery. **Industrial Crops & Products**, v.122, p.57-65, 2018.