

HAMMADY RAMALHO E SOARES

**CULTIVO DE COUVE-FLOR EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT UTILIZANDO
ÁGUAS SALOBRAS**

RECIFE

JULHO DE 2018

HAMMADY RAMALHO E SOARES

**CULTIVO DE COUVE-FLOR EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT UTILIZANDO
ÁGUAS SALOBRAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFRPE, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agrícola.

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

RECIFE

JULHO DE 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S676c Soares, Hammady Ramalho e
Cultivo de couve-flor em sistema hidropônico NFT utilizando águas salobras /
Hammady Ramalho e Soares. – 2018.
117 f. : il.

Orientador: Ênio Farias de França e Silva.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, BR-PE, 2018.
Inclui referências.

1. Couve - flor - Cultivo 2. Hidroponia 3. Horticultura 4. Irrigação agrícola
5. Regiões áridas 6. Plantas - Nutrição I. Silva, Ênio Farias de França e, orient.
II. Título

CDD 631

**CULTIVO DE COUVE-FLOR EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT UTILIZANDO
ÁGUAS SALOBRAS**

HAMMADY RAMALHO E SOARES

Tese defendida e aprovada em 27 de Julho pela Banca Examinadora:

Orientador:

Ênio Farias de França e Silva, Prof. Dr.
DEAGRI - UFRPE

Examinadores:

Nildo da Silva Dias, Prof. Dr.
DCAF – UFERSA

Egídio Bezerra Neto, Prof. Dr.
DQ – UFRPE

Gerônimo Ferreira da Silva, Dr.
DEAGRI – UFRPE

José Amilton Santos Júnior, Prof. Dr.
DEAGRI – UFRPE

"A percepção do desconhecido é a mais fascinante das experiências. O homem que não tem os olhos abertos para o misterioso passará pela vida sem ver nada."

Albert Einstein

"Neste mundo não existe verdade universal. Uma mesma verdade pode apresentar diferentes fisionomias. Tudo depende das decifrações feitas através de nossos prismas intelectuais, filosóficos, culturais e religiosos."

Dalai Lama

Aos meus Pais, familiares e amigos pelo apoio, a minha esposa Vasti Gomes pelo carinho, dedicação e incentivo em todos os momentos e a minha filha Virgínia por iluminar a minha vida,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- ✓ A Deus, por estar sempre presente em todos os momentos da minha vida, iluminando meus pensamentos e guiando os meus passos na direção correta;
- ✓ À Universidade Federal Rural de Pernambuco por contribuir para a minha formação acadêmica;
- ✓ Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
- ✓ À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo e 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 e de outros trabalhos, pela importante contribuição em minha formação acadêmica principalmente no Mestrado e agora no Doutorado e pela amizade construída ao longo do tempo;
- ✓ A banca examinadora composta pelos professores Nildo da Silva Dias, Egídio Bezerra Neto, Gerônimo Ferreira da Silva e José Amilton Santos Júnior, pelas contribuições e aceite do convite;
- ✓ À toda a minha família em especial ao meu pai Eliel Soares da Silva e a minha mãe Inês Soares Ramalho por não medir esforços para me educar e ensinar a ser uma pessoa digna honrando os ensinamentos adquiridos;
- ✓ Aos meus irmãos Hammond Ramalho e Soares e Ravi Ramalho e Soares que sempre torceram para que eu conseguisse realizar todos os meus objetivos;
- ✓ Aos meus avós paternos João Soares da Silva e Edith Leitão da Silva e aos avós maternos João Pinto Ramalho e Maria Madalena Ramalho (*in memoriam*)
- ✓ A João Pinto Ramalho Filho (*in memoriam*) por ter o privilégio de conviver e aprender com ele;

- ✓ À minha esposa Vasti Gomes dos Santos pelo apoio, compreensão, companheirismo, carinho e amor;
- ✓ À minha querida filha Virgínia Gomes Ramalho e Soares por ser a fonte de iluminação da minha vida;
- ✓ Ao professor Tales Miler Soares pelas contribuições na qualificação;
- ✓ Aos amigos da Pós-Graduação, Aline, Allysson, Daniella, Janice, Miguel, Breno, Gledson, Uilka, Thaís, Anderson, Nadielan, Carlyne, Adriana, Adiel, Edson, Anízio, Raquele, Jucicléia, Daniel, Diego, Robertson, Wanderson, e Célia;
- ✓ A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e funcionários do DEAGRI;
- ✓ Aos estagiários, Marco, Antônio, Jenyffer e Tatianne pelo apoio e dedicação na condução dos experimentos;

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I	12
INTRODUÇÃO GERAL	13
OBJETIVOS.....	15
Objetivo geral	15
Objetivos específicos	15
HIPÓTESES.....	15
REVISÃO DE LITERATURA	16
Qualidade da água subterrânea em regiões semiáridas	16
Uso de águas salobras para o cultivo hidropônico no semiárido brasileiro.....	17
Relevância do pH e da condutividade elétrica da solução nutritiva em cultivos hidropônicos	18
Efeito da salinidade sobre o crescimento das plantas.....	20
Efeito da salinidade sobre a nutrição mineral.....	22
Efeito da salinidade sobre as trocas gasosas.....	24
Efeito de vazões de aplicação de solução nutritiva em cultivos hidropônicos.....	28
A couve-flor.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
CAPÍTULO II	43
CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE COUVE-FLOR EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS	43
RESUMO	44
ABSTRACT	44
INTRODUÇÃO	45
MATERIAL E MÉTODOS	47
Localização do Experimento	47
Estrutura experimental.....	47
Casa de vegetação.....	47
Unidade experimental: sistema hidropônico adotado.....	48
Delineamento experimental e tratamentos	49
Preparo e manejo da solução nutritiva.....	50

Preparo das águas	50
Quantitativo de fertilizantes adotado	51
Estratégia de reposição da lâmina evapotranspirada	52
Monitoramento da solução nutritiva.....	53
Mudas, transplante e tratos culturais	53
RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS	66
CAPÍTULO III	70
COMPOSIÇÃO MINERAL DE COUVE-FLOR EM CULTIVO HIDROPÔNICO COM ÁGUAS SALOBRAS.....	70
RESUMO	71
ABSTRACT.....	71
INTRODUÇÃO.....	72
MATERIAL E MÉTODOS	73
RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
CONCLUSÕES	90
REFERÊNCIAS	91
CAPÍTULO IV	95
TROCAS GASOSAS EM CULTIVARES DE COUVE-FLOR EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS.....	95
RESUMO	96
ABSTRACT.....	96
INTRODUÇÃO	97
MATERIAL E MÉTODOS	98
RESULTADOS E DISCUSSÃO	101
CONCLUSÕES.....	113
REFERÊNCIAS	113
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116

RESUMO

CULTIVO DE COUVE-FLOR EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS

Autor: Hammady Ramalho e Soares

Orientador: Ênio Faria de França e Silva

A necessidade do aproveitamento e a conseqüente racionalização do manejo de águas salobras em cultivos hidropônicos constituem-se formas de ampliar e gerir a oferta hídrica em regiões semiáridas caracterizadas pela escassez hídrica. Dessa forma, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o uso de águas salobras e de vazões de aplicação de solução nutritiva no crescimento, composição mineral e nas trocas gasosas em duas cultivares de couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) em sistema hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) em ambiente protegido. Duas situações estratégicas do uso de águas salobras foram utilizadas: No primeiro experimento as soluções nutritivas foram preparadas com água salobra com CE de 0,2; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m⁻¹, e usada para reposição da lâmina evapotranspirada com duas vazões de aplicação de solução nutritiva (1,5 e 2,5 L min⁻¹); No segundo experimento as águas utilizadas no preparo da solução nutritiva foram produzidas com adição de sais em proporções semelhantes a composição físico-química da água salobra de poços subterrâneos do semiárido pernambucano com CE de (0,2; 1,67; 3,30; 4,71; 5,88; 13,84 dS m⁻¹) mais um tratamento utilizando apenas água de abastecimento local (0,2 dS m⁻¹) com os mesmos manejos de reposição da lâmina evapotranspirada e vazões de aplicação de solução nutritiva descritas no primeiro experimento com a finalidade de estudar a viabilidade técnica da utilização dessas águas no sistema NFT. Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental de Agricultura Irrigada Prof. Ronaldo Freire de Moura no Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI) da UFRPE Recife/PE, utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizado em um esquema fatorial (6 x 2) com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando constatados efeitos significativos à análise de regressão e ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Observou-se em ambos experimentos maior redução no crescimento das plantas em função de uma menor absorção de nutrientes e atividade fotossintética na vazão de 2,5 L min⁻¹. Para as concentrações de macronutrientes, observou-se interações antagônicas, principalmente entre o Na⁺ e o K⁺ que ficou mais evidente na folha diagnóstica aos 49 e 60 DAT no primeiro e segundo experimentos, respectivamente.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *botrytis* L.; hidroponia; salinidade; horticultura.

ABSTRACT

GROWTH OF CAULIFLOWER WITH BRACKISH WATER IN NFT HYDROPONIC

Author: Hammady Ramalho e Soares

Advisor: Ênio Faria de França e Silva

The need for utilization and rationalization of brackish water management in hydroponic crops constitute ways of expanding and managing the water supply in semiarid zone due water scarcity. Our aim was to evaluate the use of brackish water and flow rates of nutrient solution in growth, mineral composition and gas exchange in two cauliflower cultivars (*Brassica oleracea* var. *Botrytis* L.) in hydroponic system NFT (laminar flow technique of nutrients) in greenhouse. Two strategic situations of brackish water use were used: In the first experiment the nutritive solutions were prepared with brackish water with EC of 0.2; 1.5; 2.5; 3.5; 4.5 and 5.5 dS m⁻¹, and used to replace the evapotranspiration slide with two flow rates of nutrient solution (1.5 and 2.5 L min⁻¹); In the second experiment the waters used in the preparation of the nutrient solution were produced with the addition of salts in proportions similar to the physico-chemical composition of the brackish water of the underground wells of the Pernambuco semiarid region with EC of (0.2, 1.67, 3.30, 4.71, 5.88, 13.84) one more treatment using only local water supply (0.2 dS m⁻¹) with the same evapotranspiration blade replacement and flow rates of nutrient solution described in the first experiment with the purpose of studying the technical feasibility of the use of these waters in the NFT system. The experiments were conducted at the Experimental Station of Irrigated Agriculture Prof. Ronaldo Freire de Moura in the Agricultural Engineering Department (DEAGRI) of UFRPE Recife / PE, using a completely randomized experimental design in a factorial scheme (6 x 2) with six treatments and four replications, totalizing 48 experimental plots. The data were submitted to analysis of variance by the F test and when significant effects were verified to the regression analysis and the Tukey test at 5% of probability. It was observed in both experiments greater reduction in the growth of the plants due to a lower nutrient absorption and photosynthetic activity in the flow of 2.5 L min⁻¹. For macronutrient concentrations, antagonistic interactions were observed, mainly between Na⁺ and K⁺, which was more evident in the diagnostic leaf at 49 and 60 DAT in the first and second experiments, respectively.

Key words: *Brassica oleracea* var. *botrytis* L.; hydroponics; salinity; horticulture.

CAPÍTULO I
INTRODUÇÃO GERAL, OBJETIVOS, HIPÓTESES
E REVISÃO DE LITERATURA

INTRODUÇÃO GERAL

A água é um recurso natural utilizado para os mais diversos fins, porém, a disponibilidade de água de boa qualidade no mundo vem diminuindo progressivamente. Por outro lado, a demanda vem aumentando em função do crescimento populacional. As regiões semiáridas são as mais suscetíveis às mudanças climáticas, devido à alta variabilidade das chuvas no tempo e no espaço (ROCHA JÚNIOR, 2018). Essas regiões, em geral, não dispõem de águas superficiais como rios e lagos, de modo que o uso das águas salobras para a produção de alimentos se torna uma alternativa (SACHIT & VEENSTRA, 2014).

Apesar da escassez de águas superficiais, existem importantes reservas subterrâneas que são exploradas, através da perfuração de poços de captação, cujas águas são utilizadas principalmente para dessedentação e atividades agrícolas. Mas a utilização da água subterrânea, que parecia ser a solução para as estiagens prolongadas, torna-se uma nova questão restritiva, uma vez que a água subterrânea na maior parte desses poços apresenta baixas vazões e a predominância de águas salobras (CABRAL & SANTOS, 2007).

De acordo com a Resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

Água doce $< 500 \text{ mg L}^{-1}$ (inferior a 0,5 g de sal por litro d'água);

Água salobra $500 \text{ mg L}^{-1} - 30000 \text{ mg L}^{-1}$ (valor entre 0,5 e 30 g de sal por litro d'água);

Água salina $30000 \text{ mg L}^{-1} - 50000 \text{ mg L}^{-1}$ (valor entre 30 e 50 g da sal por litro d'água).

A causa principal das baixas vazões e salinidade alta dessas águas subterrâneas, diz respeito à formação geológica, composta por rochas de embasamento cristalino, que nessas regiões predominam em relação às rochas sedimentares. Esses tipos de rocha são impermeáveis, e apresentam fissuras em sua estrutura, diminuindo excessivamente o armazenamento subterrâneo, motivo principal das baixas vazões e elevadas concentrações de sais (REBOUÇAS, 2002; COSTA et al., 2006).

Para a região Nordeste, aonde se tem a maior extensão do semiárido brasileiro, a mudança de estratégia deve ser especialmente dirigida visando se atingir uma agricultura baseada no uso racional da água e no aproveitamento de fontes alternativas de recursos hídricos. Segundo Soares et al. (2007) no sistema de cultivo hidropônico, a tolerância das plantas à salinidade é maior em relação ao cultivo convencional baseado no solo devido a pouca contribuição do potencial mátrico, portanto, essa é a característica principal que torna viável a utilização de águas salobras em cultivo hidropônico. Nessas condições a absorção de

água e nutrientes é mais adequada e permite a utilização de águas restritivas quanto aos sais na irrigação (SANTOS JÚNIOR, 2013).

As condições climáticas do nordeste brasileiro favorecem a salinização das águas. É grande a frequência de poços com água salobra em diferentes níveis de salinização. A composição química das águas subterrâneas depende, tanto em quantidade como em qualidade, da origem no qual ela flui, ou seja, depende da composição da rocha a qual ela tem contato, e da facilidade de dissolução desta rocha. De modo geral, os principais sais solúveis encontrados nas águas subterrâneas do cristalino são os ânions CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-} e os cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ (GHEYI et al., 2016).

A redução do crescimento em função da diminuição da absorção de água e nutrientes proporcionando diminuição da capacidade fotossintética das plantas como consequência do estresse salino vem sendo estudada há vários anos. Estes estudos visam, além de mensurar os efeitos da salinidade sobre a planta, elucidar mecanismos fisiológicos e bioquímicos vinculados à tolerância ou sensibilidade ao estresse. O cultivo hidropônico usando água salobra vem sendo utilizado em pesquisas com alguns resultados exitosos (SOARES et al., 2016; SOARES et al., 2015; SANTOS et al., 2010; SOARES et al., 2007).

Uma das culturas que tem sido produzida em hidroponia é a couve-flor, que por sua vez, é rica em fibras, proteínas e minerais contendo ação antioxidante indispensável para o bom funcionamento do organismo, portanto, entre as brássicas que são produzidas no país, a couve-flor se destaca devido, ao rápido retorno econômico principalmente na agricultura familiar por ser uma cultura lucrativa e exigente em mão de obra (MAY et al., 2007).

Em cultivos hidropônicos o sistema radicular das plantas está imerso em solução nutritiva e um problema é a elevação da temperatura desta solução, de maneira que, acima de 30 °C propicia danos físicos nas raízes e redução drástica no nível de oxigênio (O_2) dissolvido e, consequentes perdas do sistema radicular por apodrecimento (RODRIGUES, 2002). Desta forma, a circulação da solução sob regime turbulento assume essencial papel na oxigenação do fluido (CARMELO, 1996).

Deste modo a utilização de águas salobras para a produção hidropônica de couve-flor é de grande importância, principalmente, para aqueles produtores que dispõe apenas deste tipo de água em sua propriedade. Baseando-se nesse contexto, tornam-se necessários estudos de técnicas e manejos que visem à inclusão desta água de baixa qualidade na cadeia produtiva, dando importância social e econômica a esse tipo de água visando o desenvolvimento sustentável.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar o efeito da utilização de águas salobras a partir da adição de NaCl e de simulação de águas salobras de diferentes poços da região semiárida de Pernambuco para o preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada bem como a utilização de vazões de aplicação desta solução no cultivo de couve-flor em sistema hidropônico NFT.

Objetivos específicos

- I. Estimar os efeitos do estresse salino sobre o crescimento (massa fresca e seca da parte aérea, área foliar, altura de planta, número de folhas e diâmetro da parte aérea) em plantas de couve-flor, cultivadas em sistema hidropônico NFT utilizando águas salobras em duas vazões de aplicação de solução nutritiva;
- II. Analisar os efeitos da salinidade e vazões de aplicação de solução nutritiva nos teores de nutrientes minerais tais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, sódio e cloreto na folha diagnóstico e o acúmulo na parte aérea;
- III. Avaliar o efeito da utilização de águas salobras no preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada bem como vazões de aplicação desta solução nas trocas gasosas (fotossíntese, concentração interna de CO₂, condutância estomática, transpiração e nas eficiências instantânea e intrínseca do uso da água) na couve-flor em sistema hidropônico NFT.

HIPÓTESES

- I. Existe diferença no crescimento quando são contrastadas águas salobras, sendo esta diferença proporcionada pelo nível de salinidade da água e pela vazão de aplicação de solução nutritiva.
- II. Há divergência nos teores dos nutrientes na folha diagnóstico e acúmulo na parte aérea quando são contrastadas águas salobras, sendo esta diferença proporcionada pelo nível de salinidade da água e pela vazão de aplicação de solução nutritiva.
- III. Existe discordância nas trocas gasosas quando são contrastadas águas salobras, sendo esta diferença proporcionada pelo nível de salinidade da água e pela vazão de aplicação de solução nutritiva.

REVISÃO DE LITERATURA

Qualidade da água subterrânea em regiões semiáridas

A qualidade da água é representada por características intrínsecas de natureza física, química, radioativa e biológica, geralmente mensuráveis (BRAGA et al., 2018).

As águas subterrâneas são as principais fontes que garantem as necessidades de várias comunidades, principalmente em regiões aonde as águas de superfície são insuficientes. No cenário atual, em torno de 70% da água subterrânea é utilizada na agricultura (GHODRATI & GHAZARYAN, 2013). De modo geral, a composição físico-química das águas subterrâneas das regiões semiáridas, apresenta como principais íons presentes os ânions carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), cloreto (Cl^-) e sulfato (SO_4^{2-}) e os cátions cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e sódio (Na^+), sendo estes os principais responsáveis pela salinidade dessas águas (SILVA JÚNIOR et al., 1999; COSTA et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2010).

As características químicas das águas subterrâneas da região semiárida estão intrinsecamente relacionadas à formação geológica da região (OLIVEIRA et al., 2010). Dessa forma, de acordo com o Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2017) existem atualmente 286.526 poços cadastrados no Brasil para captação de águas subterrâneas, sendo o Piauí o local onde se encontra o maior número de poços cadastrados (29.165), segundo Pernambuco (28.040 poços cadastrados) e, o Amapá (105 poços) sendo o estado com menor número de poços cadastrado no país. Com isto, pesquisadores têm como um grande desafio buscar práticas em relação ao manejo dessas águas salobras que possam possibilitar o uso na agricultura irrigada com o máximo de retorno econômico reduzindo cada vez mais os impactos ambientais devido ao uso inadequado (OLIVEIRA et al., 2011).

Os valores de pH das águas subterrâneas estão relacionados com as concentrações dos ânions CO_3^{2-} e HCO_3^- (CRUZ & PEIXOTO, 1991), tendo em vista que a hidrólise de sais compostos desses ânions geram ácidos fracos e deixam OH^- livre em solução o que eleva seu pH para valores acima de sete (KOTZ et al., 2010).

Dependendo da composição físico-química e da concentração de sais e proporções, a utilização dessas águas pode oferecer riscos às atividades agrícolas, gerando problemas de salinidade como seca induzida, a toxicidade de íons específicos às plantas e alterações no equilíbrio iônico de soluções nutritivas e no equilíbrio nutricional das plantas, promovendo

perdas importantes de qualidade e produtividade das culturas exploradas (SANTOS et al., 2010).

Outro aspecto relevante no semiárido brasileiro é o despejo dos rejeitos ou subprodutos de dessalinizadores sem tratamento prévio o que propicia acúmulo de sais nas camadas superficiais nos locais onde foram instalados os equipamentos. Essa técnica produz em média 50% de água potável e 50% de rejeito salino representando altos riscos ambientais (PEDROTTI et al., 2015).

A salinidade pode apresentar variabilidade temporal e espacial. As águas subterrâneas possuem temperatura pouco variável, geralmente não possui material em suspensão e o pH situa-se entre 6,5 e 8 numa espécie de tamponamento pela presença de CO_2 dissolvido e HCO_3^- ; as águas subterrâneas doces contém em geral não mais que 1.000 mg L^{-1} de substâncias dissolvidas. No contexto das rochas cristalinas do semiárido brasileiro, os teores de sólidos totais dissolvidos (STD) nas águas subterrâneas são superiores a 2.000 mg L^{-1} em 75% dos casos. Nessas regiões, há tendência de acúmulo de sais, liberados dos minerais do material de origem, predominantemente, os cátions Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+2} , K^+ e os ânions Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^- e CO_3^{-2} (GHEYI et al., 2016).

Uso de águas salobras para o cultivo hidropônico no semiárido brasileiro

A água é um recurso natural importante para a produção de alimentos e sustentabilidade da vida no planeta, contudo, a utilização deste recurso sem o manejo adequado pode causar a salinização dos solos (TIAN et al., 2018).

A salinização das áreas irrigadas no mundo é consequência das mudanças climáticas e das ações antrópicas. Estima-se que 20% das terras aráveis e 33% das terras irrigadas sejam afetadas pela salinidade, este fenômeno está se expandindo a uma taxa anual de 10% (CIRILLO et al., 2018).

A escassez hídrica dificulta a produção agrícola em áreas semiáridas do mundo (OZTURK et al., 2018), por isso, a utilização de águas salobras é uma alternativa para suplementar as deficiências de irrigação visando melhorar a sustentabilidade dos sistemas de produção de alimentos, porém, a utilização dessas águas pode causar o acúmulo de sais e prejudicar o desenvolvimento das plantas (BAATH et al., 2017; WELLE et al., 2017).

Dentre as formas de potencializar a utilização de águas salobras na produção agrícola, os sistemas hidropônicos de cultivo são bastante indicados, isto devido a ausência da matriz do solo, responsável por até 95% do potencial total da água em solo de textura média

(AYERS; WESTCOT, 1999), o potencial da água passa a depender decisivamente do potencial osmótico (SANTOS JÚNIOR et al., 2013).

Vários estudos sobre a tolerância das plantas sob estresse salino cultivadas em hidroponia já foram desenvolvidos (LIRA et al., 2015; GIUFFRIDA et al., 2016; GIUFFRIDA et al., 2018), especialmente com brássicas. Para Silva et al. (2013) as plantas respondem de maneira diferente à salinidade ou seja, reagem de modo distinto às estratégias de manejo de soluções nutritivas salinas as quais fazem-se necessárias para ampliar a oferta hídrica mediante a racionalização do uso de águas com distintos teores de sais.

Relevância do pH e da condutividade elétrica da solução nutritiva em cultivos hidropônicos

O monitoramento da solução nutritiva levando em consideração parâmetros como o pH, a condutividade elétrica, a temperatura e a oxigenação da solução nutritiva tem um efeito significativo no aumento da produtividade e qualidade no cultivo hidropônico (MANDIZVIDZA, 2017).

Dentre esses fatores, merecem destaque o pH e a condutividade elétrica, pois estão diretamente relacionados à capacidade da planta de absorver nutrientes. Como efeito direto valores de pH abaixo de 4,0 ocorre redução da permeabilidade das membranas e retardo do crescimento radicular. Valores de pH elevado ocorre prejuízos ao funcionamento celular por alterar o potencial eletroquímico transmembrar. Como efeito indireto tem influência na solubilidade dos nutrientes. Valores de pH abaixo de 5,0 afeta a disponibilidade dos macronutrientes e acima de 7,0 a disponibilidade dos micronutrientes é reduzida (BERNERT et al., 2015).

De acordo com Kafle et al. (2017) a disponibilidade de nutrientes aos vegetais é altamente dependente do pH do meio de crescimento. Nutrientes como fósforo, magnésio e cálcio estão menos disponíveis quando o pH está abaixo de 5. Similarmente, em pH elevado, ferro, manganês, cobre, zinco e boro são pouco disponíveis devido à sua baixa solubilidade. Como resultado, quando o pH está fora do intervalo ideal, os sintomas de deficiência são observados.

As flutuações de pH na solução nutritiva são comuns, e ocorrem em virtude das altas temperaturas, pH da água, liberação de OH^- ou H^+ pelas raízes que causam alterações na concentração de nutrientes. Soluções que incluem em sua formulação fertilizantes amoniacais,

também podem sofrer mudanças bruscas de pH. Maciel et al. (2012), Silva et al. (2015) e Cova et al. (2017) observaram flutuações de pH na solução nutritiva entre 5,5 e 6,5, tais variações ocorrem devido ao baixo poder tampão das soluções nutritivas (resistência das soluções à mudanças de pH), pois como as mesmas não apresentam capacidade tampão, sua acidez ou alcalinidade necessita ser diariamente controlada para uma faixa de pH adequada, através da adição de uma solução básica ou ácida, respectivamente (BRACCINI et al.; 1999).

De acordo com Marschner (2012), as variações de pH da solução nutritiva são respostas da absorção indiscriminada de íons. Quando as raízes absorvem mais ânions do que cátions ocorre elevação do pH do meio em virtude destas liberarem OH^- na solução. Em contrapartida, quando a absorção de ânions é menor do que a de cátions, as raízes liberam H^+ na solução nutritiva resultando na redução do pH do meio.

Partindo do princípio que o nitrogênio é um íon de alto consumo, sua absorção pelas raízes torna-se um dos principais responsáveis pelas variações de pH da solução nutritiva. Na absorção de NH_4^+ as raízes liberam H^+ que diminui o pH causando acidez excessiva do meio, por outro lado, o pH da solução nutritiva pode voltar a subir assim que o NH_4^+ tenha sido absorvido e que a absorção de NO_3^- torne-se maior que a de NH_4^+ . A absorção de NO_3^- retira ânions da solução nutritiva o que resulta no aumento progressivo do pH (SOARES et al., 2016).

O uso de valores de pH inadequados nas soluções nutritivas pode resultar em alterações na composição da solução devido à precipitação (LI et al., 2018). Em soluções alcalinas o cálcio reage com o fosfato formando compostos insolúveis resultando na diminuição da solubilidade e disponibilidade do fósforo (SIEBIELEC et al., 2014). Contudo, as relações entre salinidade e nutrição mineral de plantas são complexas causando deficiências nutricionais ou desequilíbrios devido à competição durante a absorção de Na^+ e Cl^- (HUANG et al., 2017).

No cultivo hidropônico o pH e a CE das soluções nutritivas são constantemente monitorados, entretanto, a medição da condutividade elétrica visa controlar a concentração de nutrientes. Em geral, o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva reduz o rendimento das culturas hortícolas (TSAKALIDI et al., 2015). Contudo, a condutividade elétrica é uma medida indiscriminada que apenas indica a composição total dos nutrientes não fornecendo informações suficientes para entender os desequilíbrios iônicos induzidos por absorção de nutrientes nas plantas, além disso, as taxas de absorção dos íons variam não só com a cultura como também a fase fenológica (CHO et al., 2018).

Os nutrientes podem ser absorvidos em diferentes quantidades, de acordo com as condições em que a planta se encontra. Para se obter alta produtividade das plantas, os nutrientes devem ser fornecidos em quantidades e proporções adequadas em todas as fases do seu ciclo. Portanto, o uso de uma solução nutritiva que atenda às exigências nutricionais da cultura é o primeiro passo para o sucesso do cultivo hidropônico (DINIZ et al., 2015).

Sabe-se que na hidrólise de sais (NaCl, por exemplo), cujos íons são capazes de gerar ácido e base fortes, a solução permanece em equilíbrio e se tem pouco efeito sobre mudanças no pH. Porém, quando essa reação é capaz de produzir uma base forte e um ácido fraco (NaHCO_3^- , por exemplo), há um desequilíbrio na solução e, nesse caso, a mesma tende a ser alcalina (KOTZ et al., 2010).

Oliveira et al. (2015) salientam que em valores de pH acima de 7,5 ocorre a precipitação de carbonatos de cálcio e de magnésio e também a formação de fosfato de cálcio. De acordo com Furlani et al. (1999), as variações de pH de 4,5 a 7,5 não prejudicam o desenvolvimento das plantas em sistemas hidropônicos, todavia, em situação de acidez inferior a 4,0 comprometem a integridade da membrana das células, por outro lado, em situações de alcalinidade acima de 8,0 pode ocorrer sintomas de deficiência de nutrientes a exemplo, do fósforo.

Efeito da salinidade sobre o crescimento das plantas

Existem dois principais processos descritos por Peçanha et al. (2017) que são responsáveis pela redução do crescimento das plantas em função das altas concentrações de sais na solução nutritiva em cultivos hidropônicos: o primeiro é a redução do potencial osmótico da rizosfera devido ao acúmulo de solutos que pode diminuir a absorção de água pelas plantas e turgor semelhante aos efeitos da seca; o segundo é o surgimento de desequilíbrios nutricionais que tem sido considerado uma resposta secundária de crescimento por causa da concentração e proporção de nutrientes que podem influenciar a absorção e translocação de outros elementos que afetam o crescimento das plantas.

O aumento da pressão osmótica causado pelo excesso de sais na solução poderá atingir um nível em que as plantas não terão força de sucção suficiente para superar o potencial osmótico e, em consequência, a planta não irá absorver água, e conseqüentemente nutrientes, devido à condição de estresse hídrico, sendo este processo também denominado de seca fisiológica (DIAS & BLANCO, 2010). Os sais na solução atraem moléculas de água, que limitam a disponibilidade de água para as plantas, assim sendo, altas concentrações de sais

dissolvidos na solução podem causar estresse hídrico às plantas (MAVI & MARSCHNER, 2017).

Neste sentido, de acordo com ALVES et al. (2011), o efeito osmótico da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas resulta das elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do solo, os quais reduzem seu potencial osmótico e hídrico e, conseqüentemente, diminuindo a disponibilidade de água e nutrientes às plantas reduzindo seu crescimento.

O reflexo do efeito negativo do aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre a emissão de folhas, altura de planta e área foliar também foi observado na cultura do coentro por Rebouças et al. (2013). De acordo com os autores a tolerância das plantas à salinidade é influenciada por diversos fatores, incluindo o estágio de crescimento para o tempo de exposição ao estresse salino, duração da exposição do estresse, condição ambiental, tipo de substrato e sistema de produção. Taiz & Zeiger (2013) mencionam que o primeiro efeito mensurável do estresse hídrico é a diminuição no crescimento, causada pela redução da expansão celular, portanto, sendo comuns alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, como medida para manter a absorção de água e reduzir a taxa de transpiração; dentre as mudanças morfológicas, destaca-se a redução do tamanho e do número de folhas.

Como causa do aumento da salinidade da solução nutritiva utilizando águas salinas Paulus et al. (2012) verificaram redução do crescimento das plantas avaliando o número de folhas, a massa fresca e seca de folhas e massa fresca e seca da parte aérea bem como a área foliar sugerindo que a salinidade exerce efeito direto sobre a expansão ou divisão da célula, e o efeito principal da salinidade ocorre sobre a redução da área foliar, o que diminui a área destinada ao processo fotossintético, limitando a produção de fotoassimilados pela planta e reduzindo a sua capacidade produtiva. A redução do crescimento foliar sob estresse hídrico pode ser um mecanismo de sobrevivência, que permite a conservação de água.

Avaliando curva de crescimento e acúmulo de matéria seca em couve-flor Godim et al. (2011) verificaram que o máximo acúmulo de massa seca da planta inteira ocorreu aos 70 DAT, sendo de 87 g por planta. A planta apresentou crescimento inicial lento, intensificando-se a partir dos 30 DAT. O máximo acúmulo de massa seca total por planta foi de 87 g, sendo a participação das folhas de 53,8%, caule de 9,9%, inflorescência de 30,7% e das raízes de 6,5%.

Efeito da salinidade sobre a nutrição mineral

A salinidade da solução nutritiva, além de afetar a disponibilidade de água, causa distúrbios nutricionais à planta, dependendo do sal e do genótipo vegetal. A presença de íons em excesso pode impedir a absorção de elementos essenciais ao crescimento da planta, levando ao desbalanceamento nutricional (TESTER & DAVENPORT, 2003).

Conhecer as interações e a dinâmica desses nutrientes é fundamental, principalmente em cultivo de plantas com utilização de águas salobras, pois as interações antagônicas são bastante acentuadas, principalmente devido às elevadas concentrações de Na^+ e de Cl^- .

Existem basicamente dois tipos de interações entre nutrientes. O sinergismo é um efeito positivo entre nutrientes e o antagonismo é um efeito negativo entre nutrientes. Dois ou mais elementos trabalhando juntos para criar uma melhoria no estado fisiológico na planta é chamado sinergismo fisiológico enquanto, excesso de um nutriente reduzindo a absorção de outro nutriente é chamado de antagonismo fisiológico. Sinergismo e antagonismo entre dois nutrientes minerais tornar-se ainda mais importante quando o conteúdo de ambos os elementos estão perto da faixa de deficiência (MALVI, 2011).

Conforme exposto por Prado (2008), apesar do processo de absorção de nutrientes ser específico e seletivo, existe certa competição entre eles, que pode ser favorável (sinérgica), quando um íon auxilia na absorção do outro, ou desfavorável (antagônica), quando a absorção de um íon é prejudicada pela presença do outro. Marschner (2012) afirma que, os transportadores iônicos dificilmente são específicos e os íons podem competir de forma direta pelo transporte, por outro lado, íons com propriedades físico-químicas semelhantes (valência e raio iônico) provavelmente compartilham o mesmo transportador. As proteínas transportadoras auxiliam a passagem dos íons que estão na solução rizosférica pela membrana plasmática atingindo o citoplasma das células da raiz.

De acordo com Silva & Trevisan, (2015) na literatura existem três classificações de interações, que são antagonismo, inibição e sinergismo. Como já citado acima, o antagonismo ocorre quando um nutriente diminui a absorção de outro. Por exemplo, esta interação pode evitar problemas de toxidez, onde Cálcio (Ca) impede a absorção exagerada de Cobre (Cu). A interação também pode ser de inibição, competitiva ou não competitiva. Na inibição competitiva eles disputam o mesmo canal de absorção, diminuindo a absorção dos que estiverem em menor concentração na solução, geralmente ocorrendo com íons de valência semelhantes (Ca^{2+} e Mg^{2+} ; Fe^{2+} e Mn^{2+} ; K^+ e Na^+). Na inibição não competitiva os

nutrientes não disputam o mesmo canal de absorção, porém a presença de um determinado nutriente diminui a absorção de outro. Um exemplo disso é quando o excesso de K^+ e Ca^{2+} na solução induzem a deficiência de Mg^{2+} . Já o sinergismo ocorre quando um nutriente aumenta a absorção de outro o que proporciona efeito benéfico no desenvolvimento da planta, por exemplo, o Ca^{2+} em maiores concentrações aumenta a absorção de vários cátions e ânions presente na solução, pois, a função do Ca^{2+} está relacionada a integridade da membrana plasmática e parede celular controlando a entrada de íons.

A interação dos nutrientes potássio, cálcio e magnésio é a mais conhecida. Observa-se que o aumento do teor de K^+ causa diminuição nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} nas plantas, podendo ser causado pelo efeito de diluição, ou seja, os teores tendem a diminuir ao longo do tempo (ROSOLEM, 2005). Uma planta bem nutrida em K cresce mais e, mesmo com a diminuição dos teores de Ca e Mg na planta, muitas vezes não há prejuízo no crescimento ou na produção. Contudo se os teores de K forem excessivamente altos, poderá haver danos na produção pela intensificação do efeito de diluição, contudo, sabe-se também que aumento na dosagem de K^+ e Ca^{2+} induzem a deficiência de Mg^{2+} nas plantas (inibição competitiva). O K^+ por ser um nutriente de menor carga, atravessa a membrana plasmática rapidamente diminuindo a absorção dos outros cátions. Já a interação que ocorre entre Ca^{2+} e Mg^{2+} é antagônica, onde o excesso de um prejudica a absorção de outro (MARSCHNER, 2012).

É interessante resaltar que os teores elevados de Mg^{2+} não causam o mesmo efeito sobre o K^+ . Isso acontece porque o K pode atravessar a membrana plasmática com maior velocidade, diminuindo a absorção de cátions mais lentos como Ca e Mg. A absorção preferencial do íon K^+ ocorre por este ser monovalente e de menor grau de hidratação quando comparados aos bivalentes, no caso o Mg^{2+} (FONSECA & MEURER, 1997; PRADO, 2008).

Avaliando os efeitos do estresse salino imposto durante duas fases de crescimento na produção e qualidade da couve-flor Giuffrida et al. (2016) verificaram que a salinidade afetou o crescimento da couve-flor principalmente quando imposta na primeira fase de crescimento. A redução do crescimento ocorreu devido aos desequilíbrios nutricionais causados pelos íons específicos Na e Cl promovendo antagonismo iônico. O uso de água não salina no primeiro ou segundo período de crescimento reduziu os efeitos osmóticos e tóxicos da salinidade. Quando a salinidade foi aplicada durante o crescimento da inflorescência, o rendimento foi reduzido devido a uma restrição da acumulação de água na cabeça. A menor concentração de Na nas folhas foi encontrado nos tratamentos ($2,0 \text{ dS m}^{-1}$) para todo ciclo de cultivo e ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$) do transplanta até o início da formação da inflorescência. As raízes das plantas tratadas

com $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ durante todo o ciclo apresentaram maior concentração de Na em comparação com os outros tratamentos. As cabeças de couve-flor nos tratamentos com $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ durante todo ciclo de cultivo e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ até o surgimento da inflorescência e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ a partir desta fase até a colheita da cabeça e mostraram a maior concentração de Na.

O desequilíbrio iônico ocorre nas células devido à acumulação excessiva de Na^+ e Cl^- reduz a absorção de outros nutrientes minerais, como K^+ , Ca^{2+} e Mn^{2+} . O potássio é muito importante para ativação enzimática, síntese proteica, osmoregulação, estimulação fotossíntese e manutenção da pressão do turgor celular, contudo, altas concentrações dos íons Na^+ e Cl^- reduz a absorção deste nutriente podendo causar sintomas de deficiência nas plantas em função da compartimentalização do Na^+ nos vacúolos (ABBASI et al., 2016).

Efeito da salinidade sobre as trocas gasosas

Utilizando a energia solar e a partir de íons inorgânicos, água e CO_2 as plantas podem sintetizar todos os metabólitos necessários. A hidroponia é uma técnica de cultivo de plantas que fornece todos os nutrientes em sua forma inorgânica, em solução líquida com ou sem meio sólido. Em sistemas convencionais baseados em solo, a biodisponibilidade de nutrientes muda à medida que os nutrientes se ligam às partículas do solo. Por outro lado, a solução nutritiva utilizada na hidroponia é homogênea podendo ser facilmente substituída ao longo do experimento (NGUYEN; MCINTURF; CÓZATL, 2016).

De acordo com Landgraf et al. (2015) as altas taxas fotossintéticas ocorrem pela maior absorção de água e nutrientes, o que favorece a abertura estomática e a absorção de CO_2 pelas plantas e aumenta a assimilação do carbono, com efeito positivo nestas taxas. A fotossíntese pode ser estimulada pela disponibilidade de CO_2 e luz, além disso, a hidroponia estimula o aumento das taxas fotossintéticas em razão das condições ambientais do sistema de cultivo, ao disponibilizar alta concentração de CO_2 e temperaturas ideais.

Existem fatores que podem influenciar o desenvolvimento vegetativo das plantas como comportamento fisiológico e produtividade de uma determinada cultura agrícola, contudo, o desenvolvimento vegetativo pode variar em função das características intrínsecas de cada espécie ou cultivar, das condições meteorológicas, disponibilidade hídrica, fotoperíodo, e do ambiente de cultivo. As variáveis: fotossíntese, condutância estomática, transpiração, concentração interna de CO_2 e eficiência do uso da água afetam diretamente o desenvolvimento vegetativo e a produtividade da cultura (ZEIST et al., 2014).

Segundo Prazeres et al. (2015) a salinidade provoca redução da produtividade e das trocas gasosas foliares para a maioria das culturas, pois, a redução da capacidade fotossintética resulta na redução do crescimento vegetal (CASSIMIRO; SOUZA; MORAES, 2015). O estresse osmótico reduz a disponibilidade de água para os vegetais e pode, em consequência, afetar as trocas gasosas (GOMES et al., 2015).

Plantas sob estresse salino apresentam inicialmente redução na condutância estomática, taxa fotossintética e na biossíntese de clorofila (RHEIN et al., 2015), além de alterações na eficiência do uso da água, levando à inibição do crescimento (SANTOS et al., 2013).

De acordo com Silva et al. (2014), os efeitos primários da salinidade referem-se à diminuição da condutância estomática, levando à redução da difusão de CO₂ para a planta e, conseqüentemente, da taxa de fotossíntese líquida.

A intensidade do estresse causado pela salinidade nas plantas irá depender, principalmente, do nível de tolerância da espécie ou cultivar e das estratégias de manejo utilizadas. Sousa et al. (2016) ao avaliarem os impactos do aumento da salinidade na produção de citros verificaram redução linear da transpiração, fotossíntese, condutância estomática com aumento da CEa de 0,60 para 3,0 dS m⁻¹. De acordo com os autores, plantas sob estresse salino apresentam menor taxa de assimilação de carbono ocasionado pela redução da abertura dos estômatos. A maior abertura dos estômatos favorece a entrada de CO₂ no mesófilo foliar, aumentando sua concentração interna e conseqüentemente a fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2013). Prazeres et al. (2015) verificaram que a taxa fotossintética reduziu de 20,5 μmol m⁻² s⁻¹ para 17,5 μmol m⁻² s⁻¹ com uso de água de condutividade elétrica de 0,8 dS m⁻¹ para 5,0 dS m⁻¹.

De acordo com Silva et al. (2010) o estresse hídrico pode causar fechamento estomático limitando a condutância estomática e a transpiração, reduzindo, conseqüentemente, a taxa fotossintética, pois, o movimento estomático é o principal mecanismo de controle das trocas gasosas nas plantas superiores. Os efeitos do estresse hídrico em função do aumento da salinidade reduz a fotossíntese devido à limitação estomática. Sob condições de estresse hídrico, o fechamento estomático contribui para a diminuição da fotossíntese (WANG; WANG; SHANGGUAN, 2016).

Além disso, quando o estresse hídrico (ocasionado pelo componente osmótico do estresse salino) e o calor coexistem o fechamento do estômato e a diminuição da transpiração, associada à alta eficiência do uso da água, pode levar a um aumento na temperatura da folha

se esta situação representar longos períodos pode ocorrer embolia do xilema, levando a desfolha e morte da planta (CHAVES et al., 2016).

As altas temperaturas em função da salinidade podem promover alterações na condutância estomática e provocar mudanças e desarranjo no aparato fotossintético, causando estresse, ou seja, afetam de forma direta e indireta as trocas gasosas. Danos diretos ao aparato fotossintético podem ser ocasionados por altas temperaturas por provocarem alterações nas membranas dos tilacóides, alterando a organização estrutural e as propriedades físico-químicas, pois, associação de fatores como altas temperaturas foliares e estresse hídrico podem reduzir drasticamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que, a assimilação de CO₂ está vinculada com uma alta demanda de água e as mesmas requererem abastecimento de água suficiente para o seu crescimento (MORAIS et al., 2017).

De acordo com Silva et al. (2015) a temperatura foliar, que é um mecanismo relacionado com as condições hídricas das plantas, pode ser usada como um indicador relevante do grau de déficit hídrico na planta no estresse salino, contudo, a transpiração é o principal mecanismo envolvido na regulação da temperatura foliar devido às menores aberturas estomáticas e, por consequência, ocorrem diminuição da transpiração foliar e aumento da temperatura da folha, por conta da redução da dissipação do calor latente sinalizando que a capacidade de refrigeração das plantas diminui via transpiração. Para evitar a perda de água através da transpiração, os estômatos das plantas permanecem fechados. Embora isso ajude a planta a manter recursos hídricos preciosos e manter um equilíbrio saudável de nutrientes e água, o fechamento dos estômatos também impede a absorção de dióxido de carbono, impedindo a planta de assimilar energia através da fotossíntese.

A relação entre a fotossíntese e a transpiração expressa a eficiência no uso da água, e está relacionada à quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que perde. Dessa forma, plantas que tenham capacidade de aumentar a eficiência no uso da água sob condições de salinidade, possivelmente apresentem alta capacidade de tolerância ao estresse salino, já que a redução no consumo de água implica em redução na absorção de íons específicos, evitando, portanto, efeitos tóxicos na planta, o que pode estar relacionado ao mecanismo de exclusão de sais pelas raízes (TAIZ & ZEIGER, 2013). Ainda, uma menor eficiência no uso da água, sob condições de salinidade, pode indicar comprometimento da atividade fisiológica (SILVA et al., 2014).

A diminuição na absorção de água pelas plantas afeta de forma negativa as taxas de assimilação de CO₂ principalmente, devido ao mecanismo de fechamento dos estômatos. Com

o fechamento estomático, as plantas não só reduzem as perdas de água por transpiração, como também reduzem o suprimento de CO₂ para as folhas e, como consequência, a produção de biomassa das plantas é prejudicada (SILVA et al., 2013).

É importante salientar que a inibição do processo fotossintético pelo aumento da salinidade sucede a redução na expansão celular (SOUSA et al., 2012), provocando o fechamento dos estômatos e consequentemente a redução na disponibilidade de CO₂ às folhas (GOMES et al., 2011). Silva et al. (2013) relatam ainda que as plantas fecham os estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma menor taxa fotossintética, o que constitui uma das causas do reduzido crescimento das espécies sob condições de estresse salino (TRAVASSOS et al., 2011).

De acordo com Cruz et al. (2017) em geral, as concentrações de Na⁺ e Cl⁻ são muito maiores nas folhas mais velhas do que nas folhas mais jovens, que é chamado de mecanismo de exclusão e em certas circunstâncias, essa concentração é tão alta que pode determinar a senescência e morte da planta. Em relação às trocas gasosas o fechamento estomático representa uma resposta típica da planta ao estresse salino e é atribuído ao menor potencial hídrico foliar e redução no teor relativo de água o que resulta na perda de turgor celular (CABOT et al., 2014).

A maior concentração de NaCl reduz a transpiração (*E*) e esta é uma característica positiva das plantas cultivadas sob salinidade, porque há uma relação positiva entre acumulação de sal nos diferentes órgãos e taxa de transpiração. Assim, menores taxas de transpiração contribuem para o menor acúmulo de Na⁺, e possivelmente de Cl⁻, na planta como um todo (PARIHAR et al., 2015). A redução da fotossíntese ocorre em função do aumento da salinidade, por outro lado, menores valores de fotossíntese nas folhas de plantas cultivadas em ambiente salino podem estar relacionados ao fechamento estomático e a fatores bioquímicos (ALBACETE et al., 2014).

Segundo Wróbel; Auriga; Mielczarek (2016) ao avaliarem os efeitos da salinidade nos parâmetros fisiológicos em feijão verificaram que a intensidade da assimilação de CO₂ bem como a transpiração diminui com o aumento de nível de salinidade em meio hidropônico sendo este fato atribuído com a diminuição do turgor foliar e fechamento dos estômatos o que por sua vez, reduzem as trocas gasosas nas plantas cultivadas. De acordo com os autores o efeito nocivo do NaCl contribui principalmente para perturbações no balanço hídrico, o que resulta em casos extremos em plantas murchas devido à redução na absorção de água e diminuição da atividade fisiológica. O excesso de sal reduz a hidratação das células,

induzindo a diminuição do turgor gerando uma resposta da planta induzida pelo aumento da salinidade, pois, as altas concentrações de NaCl podem determinar a morte das plantas em função da redução na absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular da planta.

De acordo com Wang et al. (2015) a fotossíntese (A) é inversamente proporcional à concentração de Na^+ e Cl^- dentro do tecido foliar, contudo as folhas mais velhas podem apresentar coloração amarelada indicando possível perda de pigmento fotossintético e provavelmente redução de proteína que contribui para a redução da fotossíntese (QIAO et al., 2010).

Efeito de vazões de aplicação de solução nutritiva em cultivos hidropônicos

A vazão ótima da solução nutritiva poderá nutrir melhor as plantas, possibilitando maior e mais rápido crescimento das mesmas. Ao percorrer o canal de cultivo, a solução nutritiva tende a aquecer, uma vez que parte da radiação luminosa que incide nos perfis hidropônicos (canais de cultivos) se transforma em calor e termina por ser absorvida pela solução. Desta forma, quanto maior o volume fluindo ou mais rápido o retorno da solução ao reservatório, menor a possibilidade de superaquecimento (DALASTRA, 2017).

No sistema de cultivo hidropônico de plantas, a solução nutritiva tem um papel fundamental para que se obtenha êxito na produção vegetal. Sua importância é vital a ponto de Andriolo (2002) afirmar que a solução nutritiva é o elemento essencial na hidroponia estrita (sem substrato), pois dela depende inteiramente o crescimento da cultura, devendo conter todos os nutrientes minerais exigidos pelas plantas e também o oxigênio indispensável para a respiração das raízes. Contudo, a velocidade de circulação da solução (vazão) deve ser de tal modo ajustada, que se evitem a ocorrência de carência mineral e de oxigênio (ANDRIOLO, 1999).

Segundo Genuncio et al. (2011) avaliando a produtividade da rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva os acréscimos de biomassa de parte aérea nas plantas submetidas às vazões de 1,0 e 1,5 L min⁻¹ deveram-se à maior disponibilidade de nutrientes, ocasionado pelo fluxo de massa na região da rizosfera, e possível incremento na absorção de nutrientes e oxigênio pela rúcula, com consequente crescimento da parte aérea. De acordo com os autores o aumento da vazão da solução pode ter contribuído a menores temperaturas de solução nutritiva durante as horas mais quentes do dia, uma vez que há maior volume e menor tempo de exposição durante o percurso no canal havendo menor efeito da troca de calor sobre as plantas (parte aérea e raiz).

Ao avaliar vazões de aplicação de solução nutritiva em alface sob cultivo hidropônico, Furtado (2008) concluiu que em relação às vazões de aplicação de solução nutritiva a melhor vazão foi a de 1,5 L min⁻¹ que apresentou a maior massa, seguida da vazão de 1,0 L min⁻¹ e por último a vazão de 0,5 L min⁻¹. Devido à demanda de nutrientes se darem de forma gradativa.

Rezende et al. (2007) ao avaliarem diferentes soluções nutritivas aplicadas em duas vazões (0,8 e 1,2 L min⁻¹) em três níveis de salinidade (0,8 dS m⁻¹, 1,2 dS m⁻¹ e 2,5 dS m⁻¹) na produção hidropônica da cultura da alface verificaram que os fatores vazão e composição da solução nutritiva foram independentes e que apenas a composição da solução nutritiva influenciou o crescimento da alface. Dentre as soluções avaliadas, a S1 (CE = 1,2 dS m⁻¹), foi a que proporcionou maior produção, verificada pelos maiores valores de biomassa fresca e diâmetro do caule.

Ao avaliarem a relação entre as vazões (0,5, 1,0 e 1,5 L min⁻¹) de aplicação de solução nutritiva de (1,2 dS m⁻¹) em cultivo de alface hidropônico, Santos et al. (2011) verificaram que as três vazões atenderam às necessidades das plantas, pois tiveram um bom desempenho em seu desenvolvimento, porém, a melhor vazão foi a de 1,5 L min⁻¹ que apresentou a maior massa, seguida da vazão de 1,0 L min⁻¹ e por último a vazão de 0,5 L min⁻¹.

A couve-flor

A couve-flor é classificada como uma cultura moderadamente tolerante ao sal (BERNSTEIN & HAYWARD, 1958). Destaca-se como uma das hortaliças de importância mundial e como uma excelente fonte de fitoquímicos biologicamente ativos na dieta humana (KALISZ et al., 2018). O cultivo da couve-flor é amplamente difundido nos países mediterrânicos, onde o crescente problema da salinidade leva à necessidade de identificar fontes alternativas de irrigação ou estratégias de manejo (GIUFFRIDA et al., 2016).

As brássicas em geral se destacam na produção olerícola do Brasil, devido ao seu alto valor nutritivo e rápido retorno econômico (STEINER et al., 2009), dentre elas a couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) que é uma hortaliça de grande importância e destaca-se principalmente na agricultura familiar. Trata-se de uma cultura que é cultivada em pequenas propriedades agrícolas ao longo do ano, em função de ser lucrativa e exigente de mão de obra, especialmente na fase de colheita. Porém, o sucesso do plantio depende de vários fatores o que torna essencial a seleção da cultivar adaptada às condições edafoclimáticas (MORAIS JÚNIOR e t al., 2012).

De origem na Ásia foi levada para a Europa no século XVI e introduzida no Brasil no século XIX. A parte comestível é composta por inflorescência imatura inserida sobre um caule curto. A planta constitui uma fonte de sais minerais, entre eles, o potássio e vitaminas A e do complexo B possuindo poucas calorias e muita fibra (MAY et al., 2007).

Em relação às condições climáticas a couve-flor é uma planta exigente, sendo originária de regiões de clima temperado ameno e bienal. Devido a essa exigência em baixa temperatura, seu cultivo era restrito a regiões de temperaturas mais amenas (BLANCO et al., 1997). Mais recentemente, por meio do melhoramento genético houve desenvolvimento de híbridos de couve-flor que podem ser cultivados em condições de clima mais quente, permitindo a produção durante todo o ano (FILGUEIRA, 2012).

As plantas podem não alcançar a fase de florescimento quando as cultivares de couve-flor de inverno são cultivadas em condições de alta temperatura, ou gerar cabeças semivegetativas, de coloração esverdeada e intercalada por folíolos, o que as tornam impróprias para a comercialização. E isto ocorre porque para as cultivares de inverno, a faixa ótima de temperatura é de 14 a 20° C, contudo, o cultivo em temperaturas maiores que 25° C proporciona a não formação da inflorescência, ou até mesmo a perda de compacidade. Entretanto, temperaturas próximas a 0° C pode causar injúrias por congelamento no ápice dos botões florais, o que também resulta em inflorescência com má formação (MONTEIRO et al., 2010).

A área plantada de couve-flor no Brasil é de 11.079 ha com uma produtividade de 29,7 Mg ha⁻¹ com uma produção estimada de 329.047 toneladas representando um faturamento de 61,46 (US\$ milhões) (GARCIA FILHO et al., 2017).

Segundo dados do Programa Brasileiro de Modernização do Mercado Hortigranjeiro (PROHORT), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a produção nacional de couve-flor em 2013 foi de 50.246 toneladas, sendo os principais estados produtores Rio de Janeiro, com 45% da produção nacional, seguido de São Paulo e Paraná, com 24 e 23%, respectivamente. O estado do RJ, além de possuir o status de maior produtor, é tido como maior consumidor: em 2013, foram consumidas 23.203 toneladas da hortaliça, seguido do Paraná, com 12.468 toneladas e São Paulo, com 12.322 toneladas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI, H.; JAMIL, M.; HAQ, A.; ALI, S.; AHMAD, R.; MALIK, Z.; PARVEEN. Salt stress manifestation on plants, mechanism of salt tolerance and potassium role in alleviating it: a review **Zemdirbyste-Agriculture**, v. 103, n. 2, p. 229–238, 2016.

ALBACETE, A.; CANTERO-NAVARRO, E.; BALIBREA, M. E.; GROBKINSKY, D. K.; DE LA CRUZ GONZÁLEZ, M.; MARTÍNEZ-ANDÚJAR, C.; PÉREZ-ALFOCEA, F. Hormonal and metabolic regulation of tomato fruit sink activity and yield under salinity. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 20, p. 6081-6095, 2014.

ALVES, F. A. L.; SILVA, F. 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.

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1999. 142 p.

ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral: princípios e técnicas**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2002. 158 p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153p. FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1.

BAATH, G. S.; SHUKLA, M. K.; BOSLAND, P. W.; STEINER, R. L.; WALKER, S. J. Irrigation water salinity influences at various growth stages of *Capsicum annuum*. **Agricultural Water Management**, v. 179, n. 1, p. 246-253, 2017.

BERNSTEIN, L.; HAYWARD, H. E. Physiology of salt tolerance. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 9, p. 25–46, 1958.

BERNERT, M. R.; ESCHEMBACK, JADOSKI, S. O.; LIMA, A. S.; POTT, C. A. Características do pH e condutividade elétrica no manejo de fertirrigação. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 8, n. 1, p. 80-87, 2015.

BLANCO, M. C. S. G.; GROPPPO, G. A.; TESSARIOLI NETO, J. Couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.). In: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. **Manual técnico das culturas**. 2.ed. Campinas: CATI, 1997, v. 2, p. 57-61.

BRACCINI, M. C. L.; BRACCINI, A. L. E.; MARTINEZ, H. E. P. Critérios para renovação ou manutenção de solução nutritiva em cultivo hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.20, n. 1, p.48-58, 1999.

BRAGA, E. S.; FREITAS, C. B. F. B.; MENDES, L. S. A. S.; AQUINO, M. D. Avaliação da qualidade de águas subterrâneas localizadas no litoral, serra e sertão do Estado do Ceará destinadas ao consumo humano. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 17-24, 2018.

CABOT, C.; SIBOLE, J. V.; BARCELÓ, J.; POSCHENRIEDER, C. Lessons from crop plants struggling with salinity. **Plant Science**, v. 226, n. 9, p. 2-13, 2014.

CABRAL, J. J. S. P.; SANTOS, S. M. Água Subterrânea no Nordeste Brasileiro. In: CABRAL, J. J. S. P (Cord.). **O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas**. Ed. Universitária da UFPE, cap. 3, p 40-63, 2007.

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

CASSIMIRO, J. C.; SOUZA, S. R.; MORAES, R. M. Trocas gasosas e injúrias foliares visíveis em plantas jovens de *Astronium graveolens* Jacq. fumigadas com ozônio. **Revista Hoehnea**, v. 42, n. 4, p. 687-694, 2015.

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

CHO, W. J.; KIM, H. J.; JUNG, D. H.; KIM, D. W.; AHN, T. I.; SON, J. E. On-site ion monitoring system for precision hydroponic nutrient management. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 146, n. 3, p. 51-58, 2018.

CIRILLO, V.; MASIN, R.; MAGGIO, A.; ZANIN, G. Crop-weed interactions in saline environments. **European Journal of Agronomy**, v. 99, n. 08, p. 51-61, 2018.

COSTA, A. M. B.; MELO, J. G.; SILVA, F. M. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 20, n. 1, p. 67-82, 2006.

COVA, A. M. W.; FREITAS, F. T. O.; VIANA, P. C.; RAFAEL, M. R. S.; AZEVEDO NETO, A. D.; SOARES, T. M. Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water in different hydroponic systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n. 3, p.150-155, 2017.

CPRM – **Serviço Geológico do Brasil**. Sistema de informação de águas subterrâneas – SIAGAS. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br>>. Acesso em: 01 de Agosto de 2017.

CRUZ, J. L.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; SANTOS, A. A. Salinity reduces carbon assimilation and the harvest index of cassava plants (*Manihot esculenta Crantz*). **Acta Scientiarum**, v. 39, n. 4, p. 545-555, 2017.

CRUZ, W. B.; PEIXOTO, C. A. M. A evolução química das águas subterrâneas de Poços de Caldas – MG. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 21, n. 1, p. 23-33, 1991.

DALASTRA, C. **Nutrição e produção de alface americana em função da vazão, periodicidade de exposição e condutividade elétrica da solução nutritiva em sistema hidropônico**. 2017 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista (UNESP) – São Paulo, 2017.

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**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2010.

DINIZ, A. A.; DIAS, N. S.; SOUZA, F. I.; SOUZA, A. C. M.; MESQUITA, F. O. SOUZA, F. I. Efeito da solução nutritiva sob o crescimento e composição mineral em pepino cultivado em substrato de fibra de coco. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 3043-3054, 2015.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura. 3.ed. Viçosa: UFV, 2012. 421p.

FONSECA, J. A.; MEURER, E. J. Inibição a absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 1, p. 47-50, 1997.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. 1.ed. IAC, 1999. 52p. Boletim técnico, 180.

FURTADO, L. F. **Vazões de aplicação de solução nutritiva, teor de nitrato em alface sob cultivo hidropônico e aceitabilidade sensorial**. 2008 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel – PR, 2008.

GARCIA FILHO, E.; NAKATANI, J. K.; PINTO, M. J. A.; NEVES, M. F.; CASERTA, P. G.; KALAKI, R. B.; GERBASI, T. **Mapeamento e quantificação da cadeia produtiva das hortaliças**. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA, 2017. 79 p.

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. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 605-608, 2011.

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 – INCTsal, 2016, 504p.

GHODRATI, M.; GHAZARYAN, S. Agriculture water supply in semi-arid zone by underground dams. **European Journal of Experimental Biology**. v. 3, n. 3, p. 706-711, 2013.

GIUFFRIDA, F.; AGNELLO, M.; MAURO, R. P.; FERRANTE, A.; LEONARDI, C. Cultivation under salt stress conditions influences postharvest quality and glucosinolates content of fresh-cut cauliflower. **Scientia Horticulturae**, v. 236, n. 10, p. 166-174, 2018.

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, n. 5, p. 1552-1560, 2016.

GOMES, K. R.; AMORIM, A. V.; FERREIRA, F. J.; FILHO, F. L.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.365–370, 2011.

GOMES, K. R.; SOUSA, G. G.; LIMA, F. A.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; SILVA, G. L. Irrigação com água salina na cultura do girassol (*Helianthus Annuus* L.) em solo com biofertilizante bovino. **Irriga**, v. 20, n. 4, p. 680-693, 2015.

GONDIM, A. R. O.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; ALVES, A. U.; CECÍLIO FILHO, A. B.; POLITI, L. S. Curva de crescimento e acúmulo de matéria seca em couve-flor cultivada em substrato. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 88-94, 2011.

HUANG, L.; LIU, X.; WANG, Z.; LIANG, Z.; WANG, M.; LIU, M.; SUAREZ, D. Interactive effects of pH, EC and nitrogen on yields and nutrient absorption of rice (*Oryza sativa* L.). **Agricultural Water Management**, v. 194, n. 12, p. 48-57, 2017.

KAFLE, G. G.; MIDMORE, D. J.; GAUTAM, R. Effect of nutrient omission and pH on the biomass and concentration and content of steviol glycosides in stevia (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni) under hydroponic conditions. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 7, n. 4, p. 136-142, 2017.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química geral e reações químicas**. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. v. 1. 708 p.

LANDGRAF, P. R. C.; MARQUES, D. J.; MANTOVANI, J. R.; SILVA, A. B.; SANTOS B. R.; PAIVA, P. D. O.; SILVA, R. S. Teor de nutrientes e trocas gasosas em plantas de copo-de-leite cultivadas em sistema hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 11, p. 1027-1032, 2015.

LI, Z.; WANG, P.; MENZIES, N. W.; KOPITTKKE, P. M. Defining appropriate methods for studying toxicities of trace metals in nutrient solutions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, n. 1, p. 872-880, 2018.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Production, water consumption and nutrient content of Chinese cabbage grown hydroponically in brackish water. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 497-505, 2015.

MACIEL, M. P.; GHEYI, H. R.; SOARES, T. M.; REZENDE, E. P. L.; OLIVEIRA, G. X. 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.

MALVI, U. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 24, n. 1, p. 106-109, 2011.

MANDIZVIDZA, T. C.; **Influence of nutrient and light management on postharvest quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in soilless production systems**. Masters of Science in Agriculture (Agronomy) at Stellenbosch University, 2017. 85 p.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. Third Edition. Edited by Petra Marschner. Elsevier, London, School of Agriculture, Food and Wine the University of Adelaide Australia, 2012. 651 p.

MAVI, M. S.; MARSCHNER, P. Impact of Salinity on Respiration and Organic Matter Dynamics in Soils is More Closely Related to Osmotic Potential than to Electrical Conductivity. **Pedosphere**, v. 27, n. 5, p. 949-956, 2017.

MAY, A.; TIVELLI, S. W.; VARGAS, P. F.; SAMRA, A. G.; SACCONI, L. V.; PINHEIRO, M. Q. **A cultura da couve-flor**. Campinas: IAC, 2007. 37p. (Boletim Técnico, 200).

MONTEIRO, B. C. B. A.; CHARLO, H. C. O.; BRAZ, L. T. Desempenho de híbridos de couve-flor de verão em Jaboticabal. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p.115-119, 2010.

MORAIS JÚNIOR, O. P.; CARDOSO, A. F.; LEÃO, E. F.; PEIXOTO, N. Desempenho de cultivares de couve-flor de verão em Ipameri. **Revista Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 1923-1928, 2012.

MORAIS, R. R.; ROSSI, L. M. B.; HIGA, R. C. V. Trocas gasosas de plantas jovens de taxi-branco submetidas à variação de temperatura foliar e suspensão da irrigação. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 97-104, 2017.

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.

OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: Bacia Hidrográfica do Rio Salitre. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1059-1066, 2010.

OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, F. R. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F.; MELO, T. K. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 37-45, 2011.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, M. K.T.; SILVA, R. C. P.; LIMA, K. S. Nutrição mineral do pimentão submetido a diferentes manejos de fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 216-223, 2015.

OZTURK, O. F.; SHUKLA, M. K.; STRINGAM, B.; PICCHIONI, G. A.; GARD, C. Irrigation with brackish water changes evapotranspiration, growth and ion uptake of halophytes. **Agricultural Water Management**, v. 195, n. 1, p. 142-153, 2018.

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

PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A.; Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, v. 59, n. 1, p. 110-117, 2012.

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

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. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo; Editora Unesp, 2008. 407p.

PRAZERES, S. S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM A. V.; ARAÚJO, I. C. S.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015.

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.

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

REZENDE, R.; HELBEL JUNIOR, C.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; DALLACORT, R.; FRIZZONE, J. A. Diferentes soluções nutritivas aplicadas em duas vazões na produção hidropônica da cultura da alface. **Revista Irriga**, v. 12, n. 3, p. 354-363, 2007.

RHEIN, A. F. L.; CRUZ, F. J. R.; FERRAZ, R. L. S.; SANTOS, D. M. M. Crescimento radicular e pigmentos clorofilianos em duas forrageiras submetidas a níveis crescentes de NaCl. **Revista Científica**, v. 43, n. 4, p. 330-335, 2015.

ROCHA JÚNIOR, C. A. N.; COSTA, M. R. A.; MENEZES, R. F.; ATTAYDE, J. L.; BECKER, V. Water volume reduction increases eutrophication risk in tropical semi-arid reservoirs. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 30, n. 1, p. 1-10, 2018.

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.

ROSOLEM, C. A. **Interação do potássio com outros íons**. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). Potássio na agricultura Brasileira. Piracicaba: Potafos, 2005. p. 239-260.

SACHIT, D. E.; VEENSTRA, J. N. Analysis of reverse osmosis membrane performance during desalination of simulated brackish surface waters. **Journal of Membrane Science**, v.453, p.136–154, 2014.

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. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, D. J. R.; MONTENEGRO, A. A. A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 961-969, 2010.

SANTOS, C. M.; VERISSIMO, V.; WANDERLEY FILHO, H. C. L.; FERREIRA, V. M.; CAVALCANTE, P. G. S.; ROLIM, E. V.; ENDRES, L. Seasonal variations of photosynthesis, gas Exchange, quantum efficiency of photosystem II and biochemical responses of *Jatropha curcas* L. grow in semi-humid and semiarid areas subject to water stress. **Industrial crops and products**, v. 41, n. 1, p. 203-213, 2013.

SANTOS, R. F.; FURTADO, L. F.; BASSEGIO, D.; SECCO, D.; SOUZA, S. N. M.; FRIGO, E. P. Relação entre as vazões de aplicação de solução nutritiva em cultivo de alface hidropônica. **Revista Cultivando Saber**, v. 4, n. 4, p. 204-216, 2011.

SIEBIELEC, G.; UKALSKA-JARUGA, A.; KIDD, P. Bioavailability of trace elements in soils amended with high-phosphate materials. In: **Phosphate in Soils: Interaction with Micronutrients, Radionuclides and Heavy Metals**. CRC Press, p. 237-268, 2014.

SILVA JÚNIOR, L. G. A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 11-17, 1999.

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p.7-13, 2010.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. 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, 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, F. V.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S.; DIAS, N. S.; SANTOS, R. S. S.; MEDEIROS, P. R. F. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p.476-482, 2013.

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.; OLIVEIRA, I. S.; SANTOS, J. C. S.; PINHO, J. S.; FREITAS, F. T. O. Freitas. Produção De Coentro Em Hidroponia NFT Com O Uso De Águas Salobras Para Reposição Do Consumo Evapotranspirado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 4, p. 246–258, 2015.

SILVA, M. L. S.; TREVISAM, A. R. **Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas**. Informações Agronômicas, n. 149, p. 10-15, 2015.

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

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, p. 636 – 642, 2015.

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.

SOUSA, A. E. C.; LACERDA, C. F.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; UYEDA, C. A. Teores de nutrientes foliares e respostas fisiológicas em pinhão manso submetido a estresse salino e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 144-152, 2012.

SOUSA, J. R. M.; GHEYI, H. R.; BRITO, M. E. B.; XAVIER, D. A.; FURTADO, G. F. Impact of saline conditions and nitrogen fertilization on citrus production and gas exchanges. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 415-424, 2016.

STEINER, F.; LEMOS, J. M.; SABEDOT, M. A.; ZOZ, T. Efeito do composto orgânico sobre a produção e acúmulo de nutrientes nas folhas de couve manteiga. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p.1886-1890, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ Tolerance and Na⁺ Transport in Higher Plants. **Annals of Botany**, v. 91, n. 5, p. 503-527, 2003.

TIAN, H.; LU, C.; PAN, S.; YANG, J.; MIAO, R.; REN, W.; YU, Q.; FU, B.; LU, F. F. J. Y.; MELILLO, J.; OUYANG, Z.; PALM, C.; REILLY, J. Optimizing resource use efficiencies in the food–energy–water nexus for sustainable agriculture: from conceptual model to decision support system. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 33, n. 4, p. 104-113, 2018.

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.

TSAKALIDI, L. A.; BAROUCAS, P.; SALAHAS, G. Response of Zucchini to the Electrical Conductivity of the Nutrient Solution in Hydroponic Cultivation. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 4, n. 2, p. 459-462, 2015.

WANG, X.; GENG, S.; MA, Y.; SHI, D.; YANG, C.; WANG, H. Growth, photosynthesis, solute accumulation, and ion balance of tomato plant under sodium-or potassium-salt stress and alkali stress. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 2, p. 651-661, 2015.

WANG, X.; WANG, L.; SHANGGUAN, Z. Leaf Gas Exchange and Fluorescence of Two Winter Wheat Varieties in Response to Drought Stress and Nitrogen Supply. **PLoS One**, v.11, n. 11, p. 01-15, 2016.

WELLE, P. D.; AZUARA, J. M.; VIERS, J. H.; MAUTER, M. S. Economic and policy drivers of agricultural water desalination in California's central valley. **Agricultural Water Management**, v. 194, n. 17, p. 192-203, 2017.

WRÓBEL, J.; AURIGA, A.; MIELCZAREK, M. The effect of salinity and nitrogen deficiency on the changes in selected physiological parameters of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Grown in hydroponic cultures. **Journal of Ecological Engineering**, v. 17, n. 4, p. 321-327, 2016.

ZEIST, A. R.; ZANIN, D. S.; Chagas, R. R.; GIACOBBO, C. L.; Resende, J. T. V. Produtividade, desenvolvimento vegetativo e trocas gasosas de *physalis peruviana* cultivado em ambiente protegido e a campo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 4015-4023, 2014.

CAPÍTULO II
**CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE COUVE-FLOR EM SISTEMA
HIDROPÔNICO NFT UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS**

CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE COUVE-FLOR EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS

RESUMO: A utilização de águas salobras em cultivos hidropônicos representa uma alternativa viável para a produção de hortaliças. Portanto, foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, objetivando avaliar os efeitos da salinidade sobre o crescimento de cultivares de couve-flor em sistema hidropônico NFT (Nutrient Film Technique). No primeiro experimento utilizou-se águas salobras no preparo da solução nutritiva (0,2; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m⁻¹), e duas vazões de aplicação desta solução (1,5 e 2,5 L min⁻¹), sendo essas águas obtidas pela adição de NaCl a água de abastecimento local (0,2 dS m⁻¹), e a reposição da lâmina evapotranspirada realizada usando a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva. No segundo experimento foram simuladas as características químicas das águas salobras coletadas na região semiárida de Pernambuco (0,2; 1,67; 3,30; 4,71; 5,88; 13,84 dS m⁻¹) mais um tratamento utilizando água de abastecimento local (0,2 dS m⁻¹) com os mesmos manejos de reposição da ETc e vazões descritas no primeiro experimento. O delineamento experimental utilizado em ambos experimentos foi o inteiramente casualizado em um esquema fatorial 6x2 com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. O aumento da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva e na reposição da lâmina evapotranspirada reduziu o crescimento da couve-flor em ambas as cultivares. A vazão de 1,5 L min⁻¹ foi a que proporcionou os melhores resultados para as variáveis analisadas. No segundo experimento a melhor água para a produção da couve-flor foi a de abastecimento e dentre as de poços, a melhor foi a de CE 1,67 dS m⁻¹.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *botrytis* L. hidroponia. salinidade. horticultura.

GROWTH OF CAULIFLOWER CULTIVARS IN NFT HYDROPONIC SYSTEM USING BRACKISH WATER

ABSTRACT: The use of brackish water in hydroponic crops represents a viable alternative for the production of vegetables. Therefore, two greenhouse experiments were conducted in

the Department of Agricultural Engineering of the Federal Rural University of Pernambuco, aiming to evaluate the effects of salinity on the growth of cauliflower cultivars in the NFT (Nutrient Film Technique) hydroponic system. In the first experiment, brackish water was used to prepare the nutrient solution (0.2, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 and 5.5 dS m⁻¹) (1.5 and 2.5 L min⁻¹), these waters being obtained by the addition of NaCl to the local water supply (0.2 dS m⁻¹), and the replacement of the evapotranspiration blade performed using the respective brackish water used preparation of the nutrient solution. In the second experiment, the chemical characteristics of brackish water collected in the semiarid region of Pernambuco (0.2, 1.67, 3.30, 4.71, 5.88, 13.84 dS m⁻¹) were simulated plus a treatment using (0.2 dS m⁻¹) with the same ETc replenishment maneuvers and flow rates described in the first experiment. The experimental design used in both experiments was the completely randomized in a 6 x 2 factorial scheme with four replications, totalizing 48 experimental plots. The increase of the salinity of the water used in the preparation of the nutritive solution and in the replacement of the evapotranspiration blade reduced the growth of cauliflower in both cultivars. The flow rate of 1.5 L min⁻¹ was the one that provided the best results for the analyzed variables. In the second experiment, the best water for cauliflower production was that of water supply and of the wells, the best was CE 1.67 dS m⁻¹.

Key words: *Brassica oleracea* var. *botrytis* L. hydroponics. salinity. horticulture.

INTRODUÇÃO

A escassez hídrica e os estresses abióticos relacionados à salinidade são conhecidos por serem fatores cruciais que dificultam a produção agrícola em ambiente semiárido do mundo (OZTURK et al., 2018).

A região semiárida caracteriza-se por apresentar clima quente, elevada umidade relativa do ar e heterogênea distribuição temporal e espacial de chuvas afetando o ecossistema e trazendo sérias implicações sociais para seus habitantes que dependem desses recursos naturais, contudo, a relação de convivência pode ser minimizada com a utilização de técnicas ou metodologias que possam ser aplicadas interagindo com a comunidade trazendo desenvolvimento sustentável por meio do uso dos recursos locais (SOUSA et al., 2017).

Dentre as formas de potencializar a utilização de águas salobras na produção agrícola cita-se a utilização de sistemas hidropônicos de cultivo (SANTOS JÚNIOR et al., 2015). Esse

sistema eleva a tolerância das plantas à salinidade em relação ao cultivo convencional devido não haver ação do potencial mátrico. Nessas condições a absorção de água e nutrientes é mais adequada e permite a utilização de águas restritivas quanto aos sais na irrigação (SANTOS JÚNIOR, et al., 2013). Há na literatura estudos que comprovam que a possibilidade do uso de águas salobras está relacionada à tolerância das culturas ao estresse salino, tais como os estudos em brássicas (LOPES et al., 2014; LIRA et al., 2015; GIUFFRIDA et al., 2016).

A cultura da couve-flor é classificada como moderadamente tolerante a salinidade Giuffrida et al. (2016) e seu cultivo tem se expandido consideravelmente nos últimos anos no Nordeste brasileiro. Porém, a constatação crescente de problemas relacionados à salinidade da água e do solo nesta Região tem levado a necessidade de identificação de fontes alternativas de manejo da água para a produção desta cultura. No Brasil e, especificamente, na Região Nordeste, estudos relacionados com a cultura da couve-flor em condições hidropônicas sob salinidade ainda são incipientes e, relacionados ao crescimento inexistentes.

Neste sentido em sistemas hidropônicos, espera-se que culturas, sobretudo de ciclo rápido, proporcionem o uso sustentável de águas salobras. Tal fato pode abrir uma nova perspectiva para a agricultura do semiárido brasileiro, colaborando, inclusive, com uma maior segurança ambiental, aumento de empregos, aumento da qualidade de vida e consequente fixação do homem ao campo. Sob condições salinas, a couve-flor, entre outras culturas, é produzida, principalmente por pequenos agricultores familiares. Sendo uma planta de grande importância cultivada em pequenas áreas ao longo do ano.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o impacto da utilização de águas salobras utilizadas para o preparo da solução nutritiva e para a reposição da lâmina evapotranspirada, e vazões de aplicação desta solução nutritiva sobre o crescimento de cultivares de couve-flor em sistema hidropônico NFT.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização do Experimento

Os experimentos com couve-flor foram conduzidos 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 e altitude média de 6,5 m).

Estrutura experimental

Casa de vegetação

A casa de vegetação possui dimensões de 7 m de largura por 24 m de comprimento e 3 m de pé direito, com cobertura do tipo arco e filme de polietileno de baixa densidade com 150 µm de espessura, tratado contra a ação dos raios ultravioletas e com difusor de luz. As paredes laterais e frontais são constituídas de telas de nylon, cor preta, com 50% de sombreamento (Figura 1). O piso foi revestido com manta geotêxtil ('bidim'), com o objetivo de melhorar as condições fitossanitárias e minimizar os efeitos da poeira sobre o sistema de bombeamento.



Figura 1. Casa de vegetação localizada no DEAGRI-UFRPE, onde foram realizados os experimentos

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é As, Megatérmico tropical (tropical úmido) (ALVARES et al., 2014). A precipitação média é de 2.417,6 mm ano⁻¹, sendo que a maior concentração ocorre entre o outono e o inverno, apresentando uma média de 377,9 mm no mês de mais chuvoso (junho); as temperaturas máxima e mínima do ar de 29,1 e 21,8 °C, respectivamente; a umidade relativa do ar média 79,8%, insolação 2550,7 horas. O total de evapotranspiração média estimada para a região está entre 1.000 e 1.600 mm ano⁻¹ (INMET, 2016; BARROS, 2016).

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar ao longo do experimento foram obtidos por meio de um psicrômetro de ventilação forçada instalado no interior do ambiente protegido. Todos os sensores foram conectados a um multiplexador modelo AM16/32B e um datalogger modelo CR1000, ambos da marca Campbell, programado para realizar leituras a cada 30 segundos e registrar as médias diárias que indicaram temperatura máxima de 35° C e mínima de 23° C e umidade relativa do ar máxima de 98% e mínima de 65%.

Unidade experimental: sistema hidropônico adotado

O sistema hidropônico adotado foi o NFT (Nutrient Film Technique). Em cada parcela, utilizou-se perfil hidropônico independente de 3 m de comprimento, com espaçamento de 0,50 m entre as plantas e 0,60 m entre perfis trapezoidais de 150 mm (Figura 2). A altura média de instalação dos perfis em relação ao solo foi de 1,10 m possuindo três pontos de apoio e uma inclinação de 3,33%.

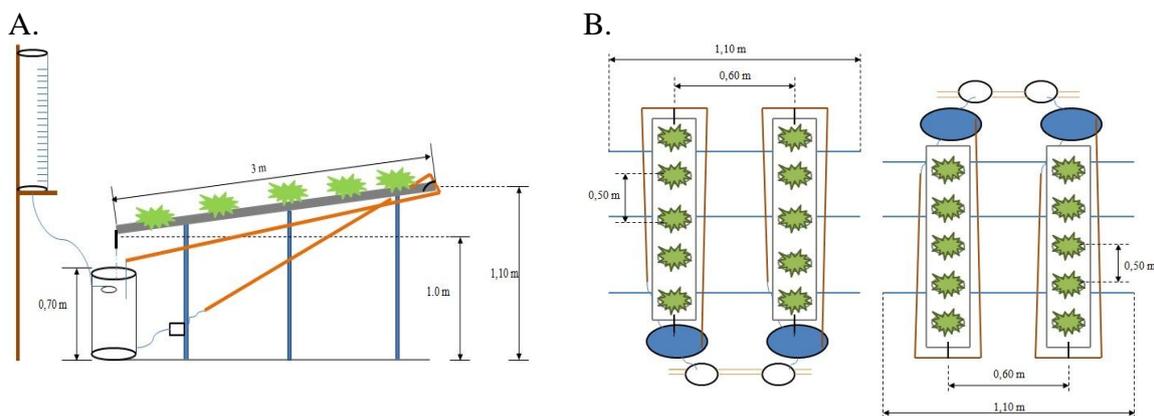


Figura 2. Vista lateral da parcela experimental (A) e espaçamento utilizado para a produção hidropônica da couve-flor (B).

Cada parcela ainda dispôs de uma eletrobomba de circulação de 220 V, com potência de 32 W (Figura 3A), um reservatório para solução nutritiva com capacidade de 50 L e um reservatório de abastecimento automático (Figura 3B) com volume de 15 L para reposição da água evapotranspirada (SOARES et al., 2009).

A.



B.



Figura 3. Eletrobomba de circulação (A) e abastecedor automático interligado a uma torneira boia (B)

Os tratamentos foram distribuídos de forma aleatória, conforme croqui (Figura 4).

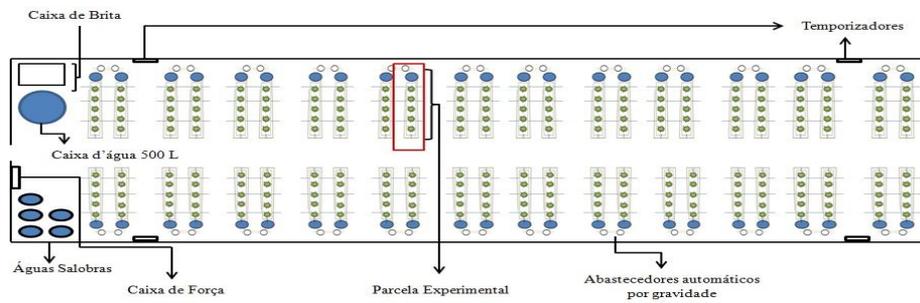


Figura 4. Vista superior da área experimental com disposição das parcelas experimentais.



Figura 5. Montagem do sistema e aplicação dos tratamentos aos 30 DAS Experimento I.

Delineamento experimental e tratamentos

- Experimento I

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado analisado em esquema fatorial 6 x 2, sendo seis níveis de salinidade da água utilizada no preparo das soluções nutritivas ($T_1= 0,2$; $T_2= 1,5$; $T_3= 2,5$; $T_4= 3,5$ e $T_5= 4,5$ e $T_6=5,5$ dS m⁻¹) e duas vazões de aplicação destas soluções (1,5 e 2,5 L min⁻¹), com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Cada parcela apresentava 5 plantas de couve-flor.

- Experimento II

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado analisado em esquema fatorial 6 x 2, sendo seis diferentes águas utilizada no preparo da solução nutritiva, porém, os tratamentos resultaram da simulação dessas águas salobras de cinco poços do município de Ibirimir-PE, mais um tratamento utilizando apenas a água de abastecimento local (0,2 dS m⁻¹), e duas vazões de aplicação de solução nutritiva (1,5 e 2,5 L min⁻¹), com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Cada parcela apresentava 5 plantas de couve-flor.

Preparo e manejo da solução nutritiva

Preparo das águas

- Experimento I

A solução nutritiva com diferente CE foram preparadas mediante adição de NaCl na água de abastecimento (Richards, 1954) obtendo os seguintes níveis de salinidade: $T_1= 0,2$; $T_2= 1,5$; $T_3= 2,5$; $T_4= 3,5$ e $T_5= 4,5$ e $T_6= 5,5$ dS m⁻¹ (Tabela 1). Em seguida foram acrescentados os macro e os micronutrientes para o preparo da solução nutritiva, conforme Furlani (1998). O tratamento T1 (controle) não foi salinizado com NaCl, tal solução nutritiva usada na hidroponia foi preparada de acordo com a metodologia de Furlani (1998).

Tabela 1. Concentração de cloreto de sódio (NaCl) e condutividade elétrica da água (CEa) para os diferentes tratamentos aos quais foram submetidas as plantas de couve-flor cv. Piracicaba Precoce.

Tratamento	NaCl (g L ⁻¹)	CEa (dS m ⁻¹)	$\Psi_{\text{osmótico}}$ (MPa)
T1	0	0,2	0
T2	0,96	1,5	- 0,07
T3	1,6	2,5	- 0,12
T4	2,24	3,5	- 0,17
T5	2,88	4,5	- 0,22
T6	3,52	5,5	- 0,29

- Experimento II

Para o Experimento II a água do abastecimento público da Universidade Federal Rural de Pernambuco foi salinizada a partir da formulação de uma mistura de sais (CaCl_2 , NaHCO_3 , Na_2CO_3 , KCl , MgSO_4 , NaCl e MgCl_2) simulando as características químicas da água salobra oriunda dos aquíferos subterrâneos das comunidades Poço do Boi (P1), Poço da Pousada (P2), Poço da Agrovila (P3), Poço da Fazenda Bruaquinha (P4) e Poço do Sítio Angico (P5), localizadas no município de Ibimirim, região semiárida do estado de Pernambuco (Tabela 2).

Tabela 2. Composição química das águas utilizadas no Experimento II.

Poços	CE	pH	Ca^{++}	Mg^{++}	K^+	Na^+	Cl^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_4^{2-}
	(dS m^{-1})		Cátions				Ânions			
	----- mg L^{-1} -----									
P1	1,67	7,23	90,09	71,66	2,73	176,86	349,70	52,85	361,24	133,40
P2	3,30	6,72	207,48	147,89	37,07	295,27	1105,55	36,79	500,94	65,00
P3	4,71	7,08	436,80	185,86	18,00	476,24	1927,20	118,86	689,70	47,40
P4	5,88	7,39	300,30	202,95	10,54	665,44	2230,53	0,00	419,82	0,00
P5	13,84	7,67	60,06	1146,69	10,54	1283,89	4893,56	82,07	755,04	137,69

P1 T2 – água sulfatada cálcica (SC); P2 T3 – água cloretada magnesiana (CM_{S1}); P3 T4 – água cloretada cálcica (CC); P4 T5 – água cloretada sódica (CS); P5 T6 – água cloretada magnesiana (CM_{S2}).

Em seguida foram acrescentados os macro e micronutrientes para o preparo da solução nutritiva, conforme Furlani (1998). Da mesma forma descrita para o experimento anterior o tratamento T1 (controle) não foi salinizado, tal solução nutritiva usada na hidroponia foi preparada de acordo com a metodologia de Furlani (1998).

Para a adição dos micronutrientes em ambos os experimentos foi preparado uma solução estoque em 1L com concentração 1000 vezes, da mesma forma para o ferro, no qual foi preparado uma solução estoque individual, e na mesma proporção que os demais micronutrientes. Após a homogeneização também foi realizada leituras de pH e condutividade elétrica da solução (CEsol).

Quantitativo de fertilizantes adotado

O quantitativo de íons adotado foi o proposto por Furlani et al. (1998), específico para hortaliças folhosas, sendo que os fertilizantes utilizados no preparo da solução nutritiva foram o nitrato de cálcio, nitrato de potássio, MAP, sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de manganês, ácido bórico, molibdato de sódio e Fe-EDTA-13% Fe (Tabela 3).

Quanto ao manejo da solução nutritiva, cada tratamento teve um reservatório específico com capacidade volumétrica de 50 litros, mais um reservatório, também específico, de reposição da lâmina evapotranspirada com capacidade de 15 litros. A solução foi aplicada com auxílio de uma eletrobomba e de um temporizador elétrico programado para liberar solução no sistema, entre 7 e 18 horas, adotando-se intervalos 15 minutos, de modo que a liberação de solução também terá duração também de 15 minutos; nos demais horários do dia foi programado o temporizador para liberar a solução a cada 2 horas durante 15 minutos.

Tabela 3. Quantidades de fertilizantes e a respectiva concentração de nutrientes para o preparo de 1000L de solução nutritiva para 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 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)

Estratégia de reposição da lâmina evapotranspirada

A reposição da lâmina evapotranspirada nos Experimentos I e II foi realizada com água salobra do respectivo tratamento.

Para reposição da lâmina evapotranspirada foram montados sistema de abastecimentos automáticos dotados de uma régua graduada individualizada para cada parcela construídos com tubulações de PVC de seção contínua e diâmetro de 150 mm, permitindo a saída automática de água para reservatório de solução nutritiva mediante torneira-boia e possibilitando leituras diárias a fim de determinar o volume evapotranspirado por planta (V_{ETc}) durante o cultivo conforme Eq 1:

$$V_{ETc} = \frac{(L_f - L_i) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta t} \times 10^5 \quad (1)$$

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 (SOARES et al., 2009).

Monitoramento da solução nutritiva

A solução nutritiva foi monitorada diariamente, registrando-se os valores de pH, condutividade elétrica (CEsol) e temperatura por meio da utilização de um sensor termopar tipo “T”, instalado dentro de um reservatório de solução nutritiva. O pH e a (CEsol) foram medidas uma vez ao dia sempre pela manhã para que os valores medidos representem as variações de um período de 24h. No segundo experimento o pH da solução nutritiva foi ajustado mediante adição de KOH ou HNO₃, visando mantê-lo na faixa de 5,0 a 6,5.

Mudas, transplante e tratamentos culturais

As cultivares de couve-flor utilizadas foram cv. “Piracicaba Precoce” (Experimento I) e a cv. “Sarah 1169” (Experimento II). As mudas de couve-flor foram adquiridas de viveirista especializado 20 dias após a semeadura, tendo essas sido produzidas em bandeja de 200 células preenchida com fibra de coco.

Após a produção as mudas foram mantidas em bandeja até 30 dias após a semeadura, nesse período as mesmas foram irrigadas com solução nutritiva indicada por Furlani et al. (1998) com 50% de diluição. O desbaste das plantas foi realizado aos 8 DAS (dias após a semeadura) permanecendo uma planta por célula. O transplante foi realizado aos 30 DAS, quando as plântulas apresentarem quatro folhas definitivas, momento em que se deu início aos tratamentos. Para o controle de pragas e doenças foram utilizados inseticidas e fungicidas recomendados para a cultura, de acordo com a ocorrência do agente, inseto ou patógeno na área experimental, adotando-se a dose recomendada pelo fabricante. Foi utilizado óleo de neem como repelente natural e no controle da Traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* foi utilizado o inseticida de contato do grupo dos piretróides Decis 25 EC na dose de 30 ml do produto para 100 L de água duas vezes durante o ciclo de cultivo respeitando o intervalo de segurança de 3 dias.

A CEsol de Furlani (1998) com água de abastecimento foi de 1,3 dS m⁻¹, após a homogeneização da solução, a condutividade elétrica da solução nutritiva inicial (CEsol), por tratamento, foi: 1,5, 2,8, 3,8, 4,8, 5,8 e 6,8 dS m⁻¹.

As variáveis analisadas foram pH e CE da solução em dias alternados durante todo o ciclo de cultivo em ambos experimentos 49 DAT para a cv. “Piracicaba Precoce” (Experimento I) e 60 DAT para a cv. “Sarah 1169” (Experimento II). A substituição da solução nutritiva dos tratamentos foi realizada sempre que CEsol do tratamento controle atingiu valor inferior a 1,0 dS m⁻¹.

A colheita dos Experimentos I e II ocorreram, respectivamente aos 79 e 90 DAS. Nesse período foi determinada em ambos os experimentos a área foliar (AF) pela metodologia dos discos conforme Pereira e Machado (1987) e a massa fresca da parte aérea (MFPA) por pesagem em balança. Após determinação do peso fresco as amostras foram levadas à estufa com circulação de ar à temperatura de 70 °C durante 96 horas, para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA) até a obtenção de massa constante, sendo posteriormente, pesadas em balança de precisão (0,01 g).

A altura de planta (ALT) e o diâmetro da parte aérea (DPA) foram determinados com o auxílio de uma fita métrica graduada (cm) conforme Gondim et al. (2011) e o número de folhas (NF) determinado por meio da contagem das folhas por planta (unidade).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando constatados efeitos significativos à análise de regressão aplicada ao fator quantitativo (níveis de salinidade da água – Experimento I) e ao Teste de comparação de médias por meio do Teste de Tukey a 5% de probabilidade aos fatores qualitativos (vazões de aplicação de solução nutritiva). Os modelos foram selecionados com base na significância do modelo de regressão, no maior valor do coeficiente de determinação, significância dos parâmetros e explicação biológica.

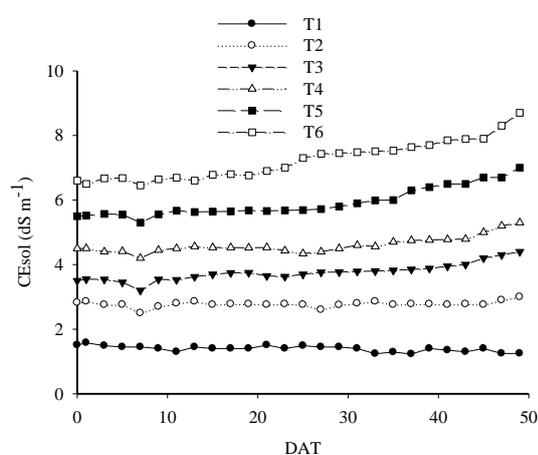
Quando constatado efeito significativo da interação entre as salinidades das águas utilizadas no preparo da solução nutritiva versus as vazões de aplicação desta solução nutritiva, realizou-se o desdobramento dos níveis de salinidades dentro de cada vazão de aplicação da solução e das vazões de aplicação dentro de cada nível de salinidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

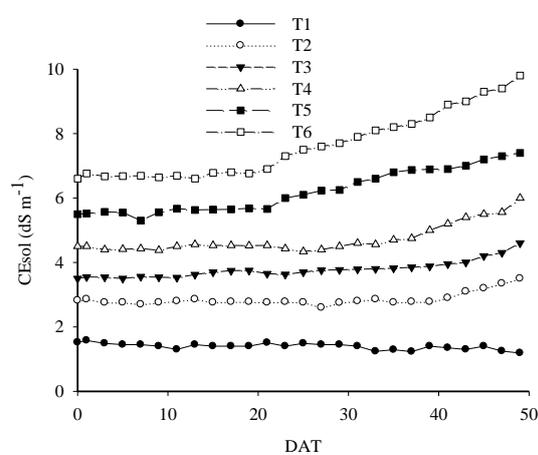
Os dados de temperatura da solução nutritiva foram obtidos por meio da utilização de um sensor termopar tipo “T”, instalado dentro de um reservatório de solução nutritiva que registrou valor de temperatura máxima de 34,3° C e de temperatura mínima de 22,4 °C.

Nas Figuras 6 (Experimento I) e 7 (Experimento II) encontram-se os valores de condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva durante todo o ciclo da cultura (49 DAT) (Experimento I) e (60 DAT) (Experimento II) em função dos níveis de salinidade das águas salobras utilizada para o preparo da solução nutritiva e das vazões de aplicação desta solução (1,5 L m⁻¹) e (2,5 L m⁻¹).

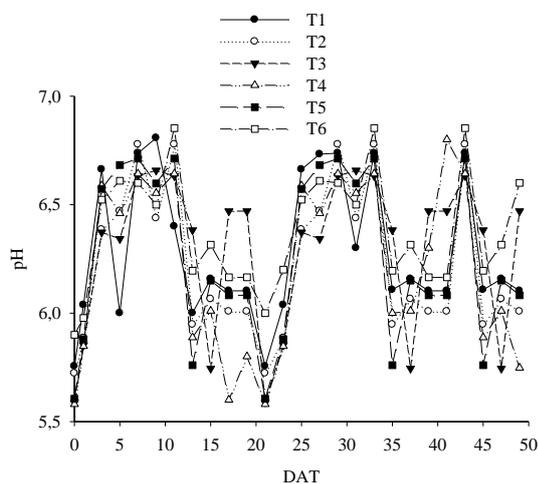
A.



B.



C.



D.

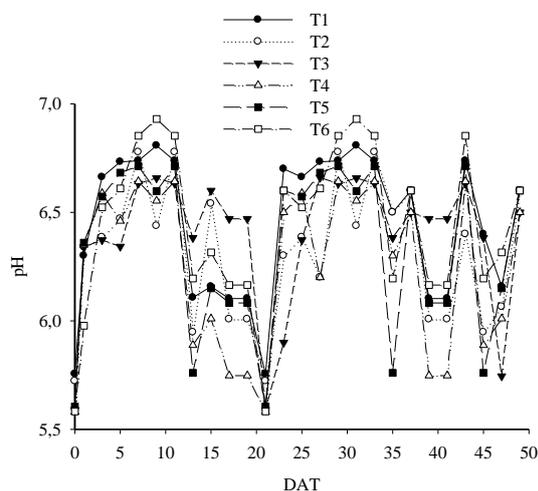


Figura 6. Valores médios de CEsol (A) e de pH (C) da solução nutritiva na vazão de 1,5 L min⁻¹ e valores médios de CEsol (B) e de pH (D) da solução nutritiva na vazão de 2,5 L min⁻¹ ao longo do ciclo de cultivo da couve-flor cv. “Piracicaba Precoce”.

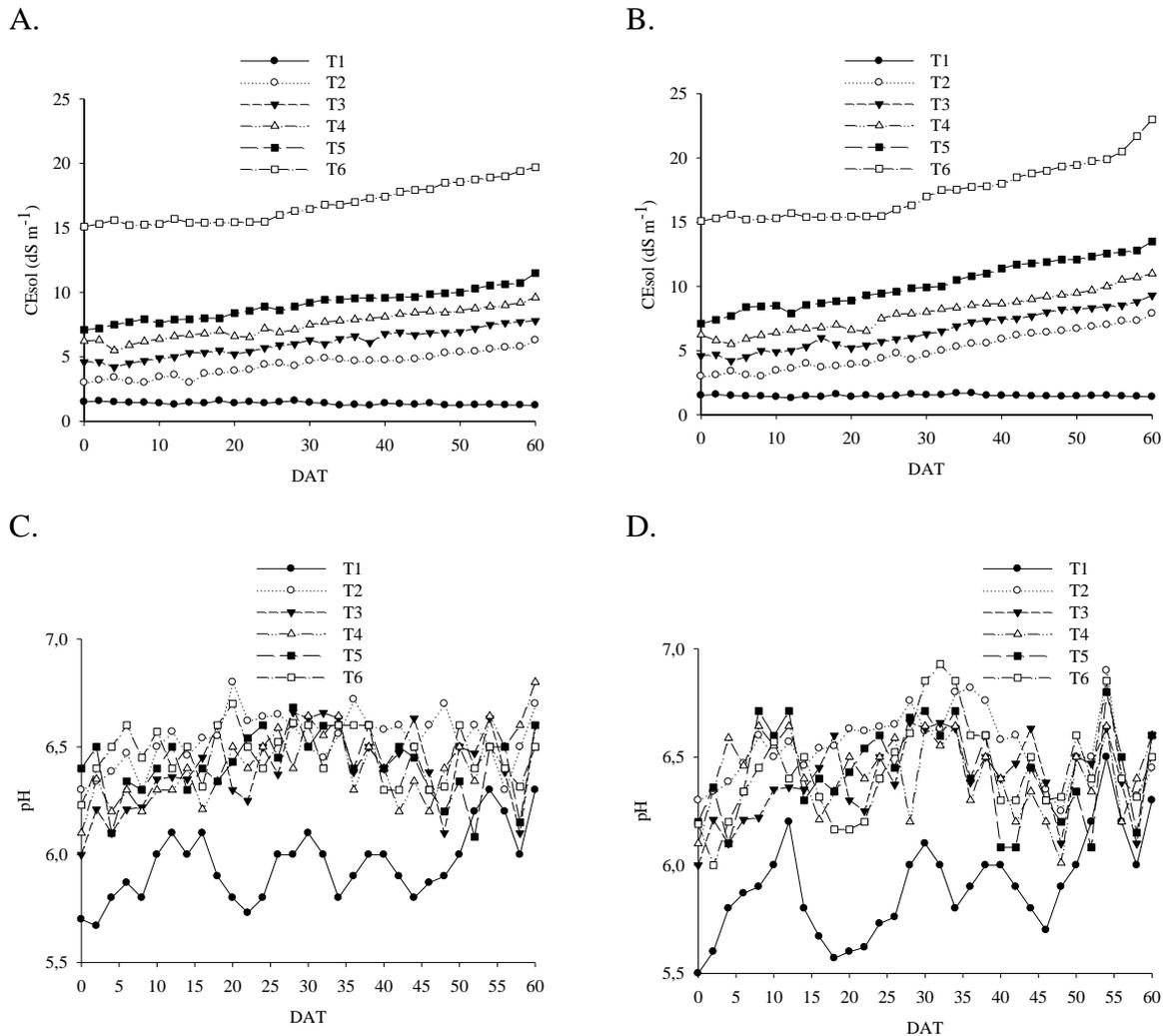


Figura 7. Valores médios de CEsol (A) e de pH (C) da solução nutritiva na vazão de 1,5 L min⁻¹ e valores médios de CEsol (B) e pH (D) da solução nutritiva na vazão de 2,5 L min⁻¹ ao longo do ciclo de cultivo da couve-flor cv. “Sarah 1169”.

Pode-se verificar que independente da vazão de aplicação da solução nutritiva houve aumento da CEsol ao longo dos experimentos em todos os tratamentos, exceto para o tratamento controle, possivelmente, devendo-se o fato ao acúmulo de sais provenientes do incremento dos níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva e da menor absorção de nutrientes nestes tratamentos (Figura 6 e 7).

A reposição da lâmina evapotranspirada proveniente da água salobra, proporcionou o aumento na (CEsol), entretanto, no tratamento T1 no qual a solução nutritiva foi preparada com água de abastecimento (0,2 dS m⁻¹) houve um pequeno decréscimo na CEsol em função do tempo em ambas as vazões (Figuras 6A, 6B, 7A e 7B), em resposta a reposição da lâmina evapotranspirada ter sido realizada com água de baixa salinidade (0,2 dS m⁻¹) e daí, a medida

em que as plantas absorviam os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento, ocorria a diminuição da salinidade e, conseqüentemente, a redução da condutividade elétrica da solução. Resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho foram constatados por Soares et al. (2010) que trabalhando com salinidade de $7,46 \text{ dS m}^{-1}$ na reposição da ETc com água salobra, constataram elevação da CEsol de 2,24 para $7,07 \text{ dS m}^{-1}$ em 25 dias de cultivo.

Verificou-se que os valores de pHsol (Figuras 6C, 6D, 7C e 7D) mantiveram-se na faixa em que a maioria dos nutrientes são disponibilizados adequadamente às plantas, uma vez que variações de pH na faixa de 4,5 a 7,5 não influenciam de forma negativa a maioria das culturas (FURLANI et al., 1999). Entretanto, para o experimento II houve necessidade de correção do pH em virtude dos tipos de sais utilizados na simulação das águas salobras registrando-se valores iniciais acima de 8 em ambas as vazões, exceto para o tratamento controle ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$). Esse comportamento aconteceu devido à presença dos ânions CO_3^{2-} e HCO_3^- nas águas salobras que foram utilizadas para o preparo da solução e reposição da lâmina evapotranspirada (Tabela 2). Para Furlani et al. (1999), variações de pH na faixa de 4,5 a 7,5 não afetam no desenvolvimento das plantas em sistemas hidropônicos, no entanto, em situações de acidez inferior a 4 poderá prejudicar a membrana das células, por outro lado, situações de alcalinidade acima de 8 pode ocorrer deficiência de nutrientes.

De acordo com a análise de variância apresentada na Tabela 4, verifica-se que em ambos os experimentos todas as variáveis estudadas foram influenciadas pelos fatores isolados e pela interação destes fatores, a exceção do diâmetro da parte aérea (DPA) no experimento II o qual foi afetado apenas pelo fator isolado CEsol.

Tabela 4. Resumo da análise de variância aplicada às variáveis massas fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA), área foliar (AF), número de folhas (NF), altura de planta (ALT), diâmetro da parte aérea (DPA) em plantas de couve-flor no Experimento I em função da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva (CEa) e no Experimento II utilizando águas salobras de diferentes poços da região de Ibimirim PE nas vazões de aplicação de solução nutritiva (V1 = 1,5 L min⁻¹ e V2 = 2,5 L min⁻¹), respectivamente.

Experimento I							
Quadrado médio							
F. V	GL	MFPA	MSPA	AF	NF	ALT	DPA
CEa	5	257,4375**	111,8497**	70,6835**	85,3881**	95,6695**	73,7824**
Vazão	1	58,3972**	40,1536**	54,2546**	51,9552**	96,8704**	36,5643**
CEa x Vazão	5	4,6844**	5,4186**	8,2005**	5,0299**	9,9712**	2,9022**
Resíduo	36	509,45	8,17	166929,90	1,39	2,30	6,64
CV (%)		7,17	6,37	9,17	5,48	5,10	5,28
Experimento II							
Quadrado médio							
F. V	GL	MFPA	MSPA	AF	NF	ALT	DPA
CEa	5	299,6505**	1975,7371**	4681,3275**	135,364**	57,8132**	3,7181**
Vazão	1	32,3299**	203,6644**	393,5146**	98,352**	63,4287**	0,7097 ^{ns}
CEa x Vazão	5	3,8926**	28,7386**	41,1871**	11,801**	6,9774**	1,1638 ^{ns}
Resíduo	36	3671,63	3,05	6994,23	1,99	20,38	187,86
CV (%)		8,82	2,47	2,38	5,29	8,89	16,56

* e ** = significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente. MFPA – Massa fresca da parte aérea, MSPA – Massa seca da parte aérea, AF – área foliar, NF – Número de folhas, ALT – Altura de planta e DPA – Diâmetro da parte aérea, ns – não significativo.

Verifica-se que a salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva afetou negativamente as massas fresca e seca da parte aérea, área foliar, número de folhas, altura de planta e o diâmetro da parte aérea dentro de cada vazão de aplicação desta solução. Para os valores de massas fresca e seca da parte aérea (Figuras 8A e 8B) das plantas ocorreu redução com o aumento da salinidade, entretanto, o grau deste efeito foi variável de acordo com a vazão utilizada. Na medida em que ocorre o aumento da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva ocorreu uma redução linear por incremento unitário da CE de 11 e 14,4% da (MFPA) nas vazões de 1,5 e 2,5 L min⁻¹, respectivamente. Para a (MSPA) ocorreu redução linear por incremento unitário da CE de 7 e 10,4% nas vazões de 1,5 e 2,5 L min⁻¹, respectivamente.

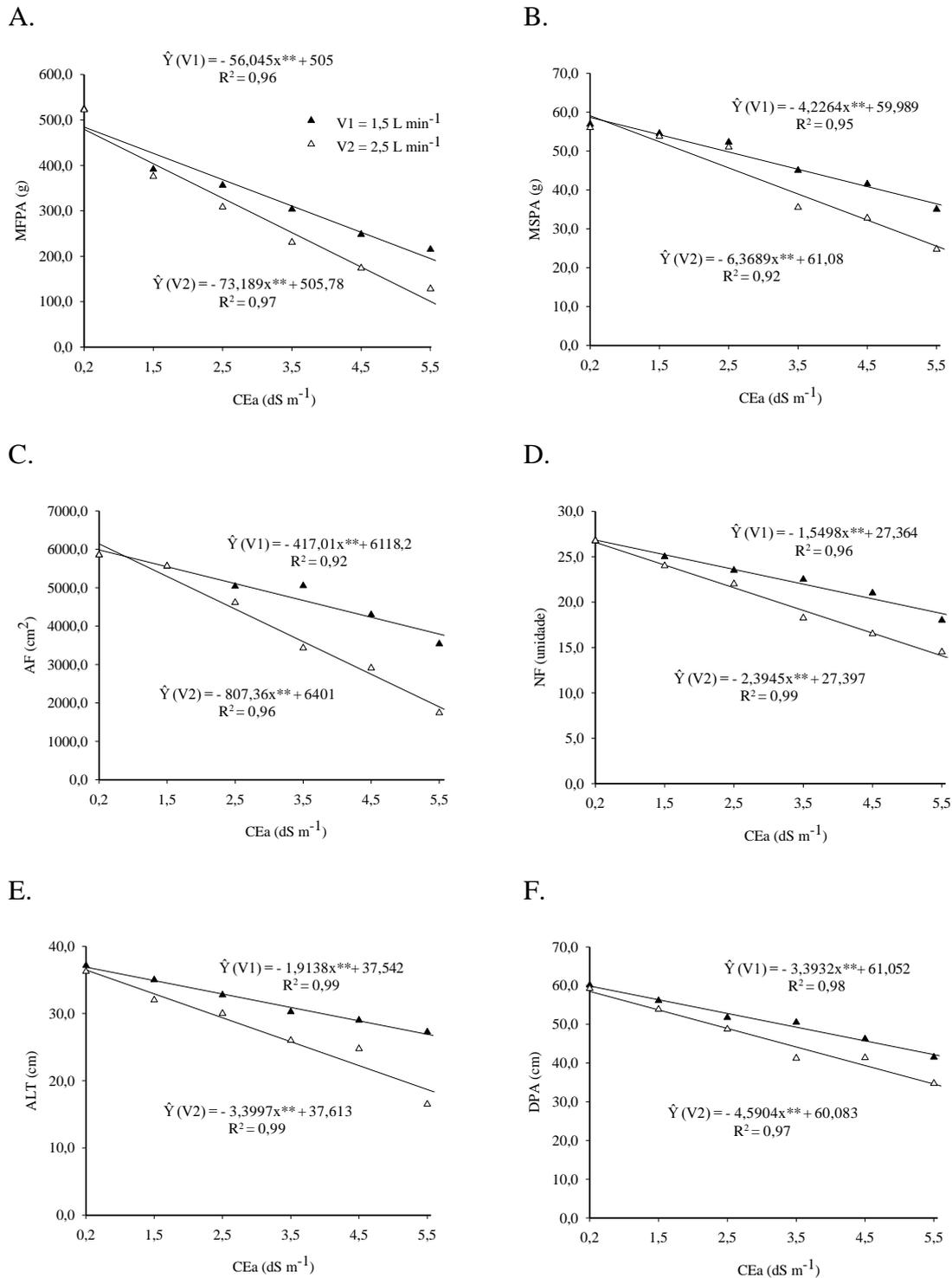


Figura 8. Massas fresca (A) e seca da parte aérea (B), área foliar (C), número de folhas (D), altura de planta (E) e diâmetro da parte aérea (F) na cv. “Piracicaba Precoce”, em função dos níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (CEa) e de vazões (V1 = 1,5 L min⁻¹) e (V2 = 2,5 L min⁻¹) de aplicação desta solução.

Estima-se valores da ordem de 196,7 e 36,7 g para a MFPA e MSPA na maior salinidade ($5,5 \text{ dS m}^{-1}$) utilizando a vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$, resultado este 47,5 e 29,1% maior que observado quando se utilizou a vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$, que apresentou valor estimado da ordem de 103,24 g e 26,0 g para MFPA e MSPA, respectivamente. O efeito da vazão também foi variável de acordo com a salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva. Quando se utilizou água de baixa salinidade ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$), o maior valor para MSPA ocorreu na vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ (59,8 g), 1,1% maior que observado quando se utilizou a vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$, (59,1 g) (Figura 8B).

Possivelmente, a capacidade de bioacumulação da couve-flor associada à utilização da vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ com perfis de 3 metros reduziu a absorção de água e nutrientes potencializando os efeitos da salinidade no crescimento das plantas. Segundo Mendonça et al. (2017) o aumento da vazão proporciona menor quantidade de nutrientes absorvidos, visto que, o tempo de remoção do soluto na solução não é longo o suficiente para que o íon ocupe todos os sítios de adsorção disponíveis.

Helbel Júnior et al. (2008) não observaram interação entre as fontes de variação salinidade e vazão de aplicação de solução nutritiva na produção de alface em cultivo hidropônico, contudo, vale ressaltar que tais pesquisadores trabalharam com vazões de 0,8 e $1,2 \text{ L min}^{-1}$ e soluções nutritivas de até $2,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Os resultados obtidos nesta pesquisa, a partir da análise da MSPA, no menor nível salino estão de acordo com os encontrados por Gondim et al. (2011) que, ao avaliarem o crescimento de couve-flor (cv. Verona) encontraram valores da ordem de 87 g por planta aos 70 DAT sob condições não salinas. Entretanto, devido à alta salinidade da solução que causou a seca fisiológica, decorrente da redução do potencial osmótico no meio.

A salinidade da água afetou negativamente a área foliar e o número de folhas (Figura 8). Constata-se redução linear de 6,8 e 5,6%, respectivamente por dS m^{-1} (Figura 8C e 8D) na vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$, enquanto que a utilização da vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ proporcionou redução linear de 12,6 e 8,7% por incremento unitário da CEa para as mesmas variáveis avaliadas. Ainda de acordo com a (Figura 8C e 8D), estima-se valores da ordem de $3824,6 \text{ cm}^2$ para a (AF) e 19 (unid) para o NF na maior salinidade ($5,5 \text{ dS m}^{-1}$) utilizando a vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$, resultado este 48,7 e 26,3% maior que observado quando se utilizou a vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ que apresentou valor estimado da ordem de $1960,5 \text{ cm}^2$ e 14 (unid), respectivamente. O efeito da vazão também foi variável de acordo com a salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva. Quando se utilizou água de baixa salinidade ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$), a maior área foliar

ocorreu na vazão de 2,5 L min⁻¹ (6239,5 cm²), valor 3,39% maior que observado quando se utilizou a vazão de 1,5 L min⁻¹ que apresentou valor estimado da ordem de 6034,7 cm².

Os resultados alcançados nesta pesquisa para o número de folhas estão de acordo com aqueles encontrados por Lira et al. (2015) que, avaliaram o crescimento da couve chinesa (*Brassica pekinensis*) encontraram o número de folhas igual a 16 no maior nível de salinidade (5,2 dS m⁻¹). Já Castoldi et al. (2009) ao avaliarem o crescimento da couve-flor encontraram valores da ordem de 25,97 unidades para o número de folhas aos 69 DAT. A redução do número de folhas denota a diminuição da síntese e, conseqüentemente, do acúmulo de fotoassimilados, fato confirmado pelas reduções lineares observadas no acúmulo de MSPA das plantas.

Em plantas cultivadas sob estresse salino e hídrico, a redução da área foliar representa um importante mecanismo adaptativo, pois, a redução da transpiração tem a função além de conservação de água nos tecidos das plantas, além da diminuição do carregamento de íons Na⁺ e Cl⁻ no xilema (Taiz & Zeiger, 2009). A diminuição da área foliar em função do aumento da salinidade, também foram reportadas por Silva et al. (2008) e Oliveira et al. (2015). Observa-se que o aumento da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva também influenciou a altura das plantas (ALT) (Figura 8E) e diâmetro da parte aérea (DPA) (Figura 8F) de forma que ocorreu redução linear por dS m⁻¹ de 5,0 e 5,6% para a altura e diâmetro de planta na vazão de 1,5 L min⁻¹ e redução linear por acréscimo da CE da ordem de 9,0 e 8,7% na vazão de 2,5 L min⁻¹ para a (ALT) e (DPA), respectivamente.

De acordo com a análise de regressão (Figuras 8E e 8F), estima-se valores da ordem de 27 e 42,3 cm para a ALT e DPA na maior salinidade (5,5 dS m⁻¹) utilizando a vazão de 1,5 L min⁻¹, resultado este 30 e 17,7% maior que observado quando se utilizou a vazão de 2,5 L min⁻¹ (18,9 e 34,8 cm) para as mesmas variáveis de crescimentos avaliadas. As respostas encontradas neste trabalho corroboram com aquelas obtidas por Oliveira et al. (2013) em rúcula quando avaliaram o desempenho de cultivares sob soluções nutritivas com diferentes salinidades. Segundo os autores, na salinidade de 4,5 dS m⁻¹ em substrato a altura média encontrada foi de 14 cm. A redução do crescimento é um dos efeitos mais comuns em plantas sob estresse salino tendo em vista que o excesso de sais na zona radicular resulta em menor disponibilidade e absorção de água pelas raízes inibindo a expansão celular que compromete a absorção de nutrientes (MAHAJAN & TUTEJA, 2005).

O desdobramento das interações significativas da análise de variância para o experimento II e o efeito da (CEa) para o DPA encontra-se representados na Figura 4.

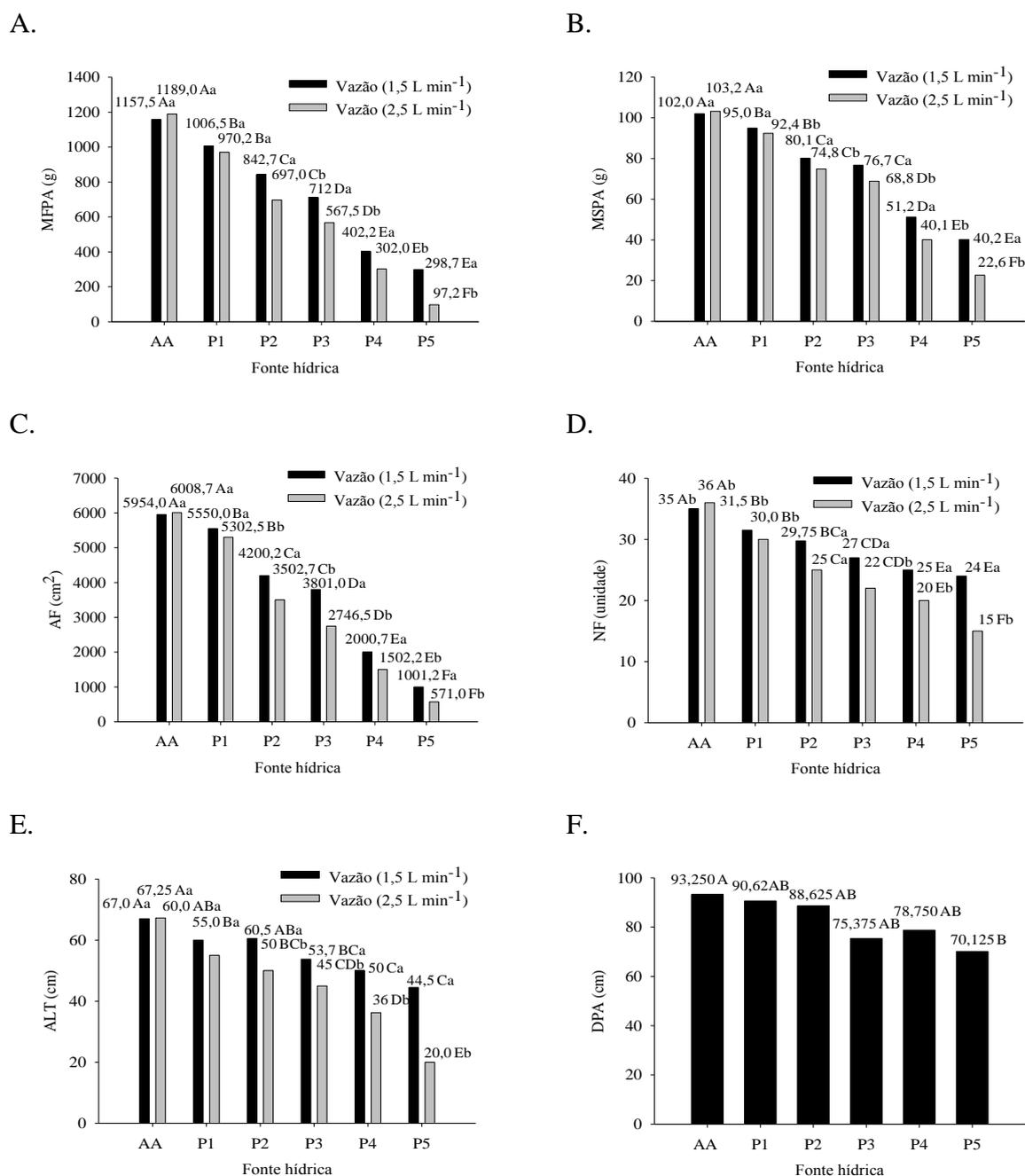


Figura 9. Desdobramento das interações significativas da análise de variância para as variáveis massa fresca (A) e seca (B) da parte aérea, área foliar (C), número de folhas (D), altura de planta (E) e diâmetro da parte aérea (F) da couve-flor cv. “Sarah 1169”, em função da utilização de águas salobras simuladas de diferentes poços da região de Ibimirim-PE: AA – água de abastecimento; P1 – água sulfatada cálcica (SC); P2 – água cloretada magnesiana (CM_{S1}); P3 – água cloretada cálcica (CC); P4 – água cloretada sódica (CS); P5 – água cloretada magnesiana (CM_{S2}) e vazões de aplicação de solução nutritiva. Letras maiúsculas correspondem às salinidades e letras minúsculas as vazões.

De acordo com a ANOVA constata-se que a utilização de água de abastecimento, em ambas as vazões, proporcionou maiores valores para essas variáveis de crescimento (Figura 9). Por outro lado, nas duas vazões, o aumento da salinidade das águas reduziu o rendimento e o crescimento da cultura, tendo-se as águas cloretadas magnesianas (CM_{S2}) T6 sido aquelas que proporcionaram os menores valores para as variáveis estudadas e, a água sulfatada cálcica (SC) T2 as que mais se aproximaram do tratamento com água de abastecimento, chegando-se a não diferirem estatisticamente entre si em algumas variáveis.

Ainda de acordo com a Figura 9, constata-se que com o aumento da CE da água de abastecimento de 0,2 dS m⁻¹ para 1,67 dS m⁻¹ referente às águas do tratamento AA T1, registra-se, na vazão de 2,5 L min⁻¹, uma pequena queda de produção de massa fresca (MFPA) (Figura 9A) e seca da parte aérea (MSPA) (Figura 9B) de 3,6 e 2,7%, respectivamente. Na vazão de 1,5 L min⁻¹ não se constata diferença significativa ao utilizar Tratamento controle com (0,2 dS m⁻¹).

As reduções da MFPA e da MSPA verificadas no presente trabalho devem-se, possivelmente, ao efeito osmótico da salinidade da solução nutritiva sobre às plantas e ao excesso de cátions e ânions descritos na Tabela 2 das águas dos poços utilizadas para o preparo de tal solução, já que os íons Na⁺ e Cl⁻ quando em excesso podem provocar desequilíbrio na absorção de nutrientes essenciais às plantas, a exemplo de K, Ca e N.

Para a produção de couve-flor (Experimento II) ao comparar apenas as águas dos poços entre si, percebe-se que, nas duas vazões, o poço P5 T6 cuja composição química possui NaHCO₃ cujas águas são classificadas como cloretada magnesiana CM_{S2} é aquele em que se constata a maior magnitude de redução de produção das variáveis analisadas, o qual é também aquele que se apresenta com menor viabilidade de produção, possivelmente, em detrimento da maior salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (13,84 dS m⁻¹).

A concentração de bicarbonato nas águas salobras simuladas neste trabalho está de acordo com as encontradas por Lima; Lopes; Lima, (2014) que avaliaram o efeito deste ânion nas águas subterrâneas do Ceará. De acordo com os autores, pode ocorrer variação de 50-350 mg L⁻¹ em águas de boa qualidade, podendo chegar a certos casos a 800 mg L⁻¹. A relação entre as concentrações de bicarbonato e cloreto são importantes para avaliar a qualidade das águas salobras. Na presente pesquisa observa-se que a relação HCO₃⁻/Cl⁻ nas águas salobras simuladas dos diferentes poços decresceram na medida em que a salinidade aumentava. Valores de 1,03, 0,45, 0,35, 0,18 e 0,15 mg L⁻¹ foram encontrados para esta relação nos tratamentos T2, T3, T4, T5 e T6, respectivamente (Tabela 2).

A diminuição da relação $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$ também foi observada por Maia; Rodrigues; Lacerda (2012), quando utilizaram águas salobras para fins de irrigação com predomínio de cloreto sendo observado para condutividade elétrica maior que $0,60 \text{ dS m}^{-1}$, $0,52 \text{ dS m}^{-1}$ e $0,43 \text{ dS m}^{-1}$, para águas de poço, rio e açude, respectivamente. Na prática implica dizer que quanto menor a CE da água de irrigação, maior a relação $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$, com isso, água com baixa CE, o predomínio de HCO_3^- pode acarretar aumento do pH na solução nutritiva, conseqüentemente, diminuindo a disponibilidade de nutrientes para as plantas. O que explica a diminuição dos parâmetros de crescimento avaliados na vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ em função do aumento da CEsol devido ao acúmulo de sais ao longo do tempo em comparação com a vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ (Figura 7A e 7B).

A diminuição do crescimento das plantas em função do aumento da salinidade da solução nutritiva também foi verificada por Giuffrida et al. (2016) quando estudaram os efeitos do estresse salino em duas fases de crescimento na produção e qualidade da couve-flor e, verificaram que a aplicação de água de melhor qualidade na primeira e segunda fase do crescimento diminui os efeitos deletérios da salinidade.

Os maiores valores para área foliar (Figura 9C), número de folhas (Figura 9D) e altura de planta (Figura 9E), nas duas vazões de aplicação de solução nutritiva ($1,5$ e $2,5 \text{ L min}^{-1}$), foram obtidos com o tratamento controle (AA). Entretanto, ao comparar apenas as águas provenientes dos poços dentro de cada vazão, verifica-se que, da mesma forma que constatado para as variáveis MFPA e MSPA, as águas bicarbonatadas provenientes do poço P5 T6 água cloretada magnesiana (CM_{S_2}) ($13,84 \text{ dS m}^{-1}$) foram, também, aquelas que proporcionaram os menores valores para as variáveis área foliar, número de folhas, e altura de planta.

O diâmetro da parte aérea sofreu efeito isolado ($p < 0,01$) para a fonte de variação salinidade da água (CEa). As médias do DPA ao utilizar água de abastecimento ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$) diferiram apenas das médias obtidas com as águas do P5 T6 de forma que a utilização das águas cloretadas magnesiana (CM_{S_2}) ($13,84 \text{ dS m}^{-1}$) foram as que apresentaram menor DPA por planta ($70,1 \text{ cm}$). A utilização das demais águas salobras não diferiu estatisticamente entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade (Figura 9F).

Tendo em vista a constatação de efeito significativo das salinidades das águas dos poços sobre as variáveis AF e NF nas duas vazões ($1,5$ e $2,5 \text{ L min}^{-1}$), infere-se que as plantas reduziram sua MFPA mediante as reduções tanto do tamanho quanto do número de folhas. O número de folhas é um atributo genético, variando conforme o desenvolvimento da planta. A redução da área foliar é um mecanismo de sobrevivência das plantas que permite a

conservação de água pela menor área transpiratória, contribuindo para a adaptação das culturas as condições salinas. Os resultados obtidos nesta pesquisa para o número de folhas e área foliar corroboram com os encontrados por Oliveira et al. (2012) que avaliando o desempenho de diferentes cultivares de rúcula encontraram redução do NF e da AF trabalhando em uma faixa de salinidade de 0,5 a 5,0 dS m⁻¹.

De outra forma, ao comparar apenas as águas dos poços entre si, constata-se que para as demais variáveis avaliadas a melhor vazão de aplicação de solução nutritiva foi a de 1,5 L min⁻¹ (Figura 9). Na vazão de aplicação de 2,5 L min⁻¹ utilizando-se água cloretada magnesiana (CM_{S2}) do P5 T6, observou-se que o crescimento das plantas para os parâmetros avaliados foram afetados drasticamente a ponto de depreciar o crescimento da couve-flor (Figura 9), fato esse atribuído ao acúmulo de sais ao longo do tempo e, conseqüentemente, a menor absorção de nutrientes pelas plantas.

Os resultados evidenciam que ao se utilizar águas com a mesma composição química das encontradas nos poços P1 T2 água sulfatada cálcica (SC) e P2 T3 água cloretada magnesiana (CM_{S1}) para o preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada na vazão de 2,5 L min⁻¹ o produtor terá menos perdas de rendimento na couve-flor quando comparada à utilização das águas dos poços P4 T5 água cloretada sódica (CS) e P5 T6 água cloretada magnesiana (CM_{S2}).

Apesar das reduções nas variáveis de crescimento verificadas neste trabalho, pode-se inferir que é viável a produção de couve-flor com as águas salobras como alternativa para produtores que tenham disponibilidade de água salobra e restrita disponibilidade de água de boa qualidade, agregando a vantagem do maior controle ambiental e a preservação da água de boa qualidade para outros fins.

CONCLUSÕES

O aumento da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva e na reposição da lâmina evapotranspirada reduziu o crescimento da couve-flor em ambas as cultivares.

A vazão de 1,5 L min⁻¹ foi a que proporcionou os melhores resultados em ambos os experimentos para todas as variáveis de crescimento analisadas em relação a 2,5 L min⁻¹.

A melhor água para o cultivo da couve-flor foi a de abastecimento e dentre as de poços, a melhor foi a de CE 1,67 dS m⁻¹ água sulfatada cálcica (SC) - T2 e a inapropriada a de CE de 13,84 dS m⁻¹ água cloretada magnesiana (CM_{S2}) - T6.

À exceção da água de CE de 13,84 dS m⁻¹ água cloretada magnesiana (CM_{S2}) - T6, é possível utilizar as águas dos demais poços para a produção da couve-flor, porém a utilização da vazão de 2,5 L min⁻¹ proporciona maior redução no crescimento.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2014.

BARROS, A. H. C. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Árvore do conhecimento: Território Mata Sul Pernambucana - Clima**. Disponível: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/Abertura.html>. Acesso em: 10/05/2018.

CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T. Crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade da cultura da couve-flor. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 438-446, 2009.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de olerícolas de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. 1. ed. IAC, 1998. 30p. Boletim técnico, 168.

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

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, n. 5, p. 1552-1560, 2016.

GONDIM, A. R. O.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; ALVEZ, A. U.; CECÍLIO FILHO, A. B.; POLITI, L. S. Curva de crescimento e acúmulo de matéria seca em couve-flor cultivada em substrato. **Revista Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 88-94, 2011.

HELBEL JUNIOR, C.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; FRIZZONE, J. A. Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1142-1147, 2008.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Norma Climatológica do Brasil 1961-1990**. Disponível em: Acesso em: 10/05/2018.

LIMA, J. O. G.; LOPES, F. C. C.; LIMA, J. R. Hidroquímica do carbonato e bicarbonato. Efeito na qualidade de águas subterrâneas em Cratêus, Ceará, Brasil. **Revista ambiente e água**, v. 9, n. 3, p. 540-549, 2014.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Production, water consumption and nutrient content of Chinese cabbage grown hydroponically in brackish water. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 497-505, 2015.

LOPES, K. P.; NASCIMENTO, M. G. R.; BARBOSA, R. C. A.; COSTA, C. C. Salinidade na qualidade fisiológica em sementes de *Brássicas olerácea* L. var. itálica. **Revista Semina**, v. 35, n. 5, p. 2251-2260, 2014.

MAHAJAN, S.; TUTEJA, N. Cold, salinity and drought stresses: An overview. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 444, n. 2, p. 139-158, 2005.

MAIA, C. E.; RODRIGUES, K. K. R. P.; LACERDA, V. S. Relação entre bicarbonato e cloreto em águas para fins de irrigação. **Revista Irriga**, Edição Especial: v. 1, n. 01, p. 206-219, 2012.

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

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; SOUZA NETA, M. L.; SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; SILVA, O. M. P.; GUIMARÃES, I. P. Desempenho de cultivares de rúcula submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, p. 67-73, 2012.

OLIVEIRA, F. A.; SILVA, F. V. S.; PAIVA, E. P.; ARAÚJO, E. B. G.; SILVA, M. K. N.; ANDRADE, R. A.; MOREIRA, R. C. L.; SOUTO, L. S. Emergência e crescimento inicial de plântulas de repolho cv. Chato de Quintal sob estresse salino. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 273-279, 2015.

OLIVEIRA, F. A.; SOUZA NETA, M. L.; SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F.; Desempenho de cultivares de rúcula sob soluções nutritivas com diferentes salinidades. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 7, n. 2, p. 170-178, 2013.

OZTURK, O. F.; SHUKLA, M. K.; STRINGAM, B.; PICCHIONI, G. A.; GARD, C. Irrigation with brackish water changes evapotranspiration, growth and ion uptake of halophytes. **Agricultural Water Management**, v. 195, n. 1, p. 142-153, 2018.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade vegetais**. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. 33p. Boletim 114.

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

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

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; SOARES, F. A. 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.

SILVA, J. K. M.; OLIVEIRA, F. A.; MARACAJÀ, P. B.; FREITAS, R. S.; MESQUITA, L. X. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 30-35, 2008.

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

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, p.102-114. 2009.

SOUSA, A. B.; COSTA, C. T. F.; FIRMINO, P. R. A.; BATISTA, V. S. Tecnologias sociais de convivência com o semiárido na região do Cariri Cearense. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 34, n. 2, p. 197-220, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2009) **Plant physiology**. 3ª ed. Porto Alegre, Artmed Editora S.A. 719p.

CAPÍTULO III

COMPOSIÇÃO MINERAL DE COUVE-FLOR EM CULTIVO HIDROPÔNICO COM ÁGUAS SALOBRAS

COMPOSIÇÃO MINERAL DE COUVE-FLOR EM CULTIVO HIDROPÔNICO COM ÁGUAS SALOBRAS

RESUMO: A alta salinidade da solução nutritiva hidropônica provoca distúrbios nutricionais em diversas espécies vegetais função da elevada concentração iônica e inibe a absorção de outros cátions. Dois experimentos foram conduzidos em ambiente protegido objetivando-se avaliar os efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral de cultivares de couve-flor em sistema hidropônico NFT. No primeiro experimento utilizou-se águas salobras no preparo da solução nutritiva (0,2; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m⁻¹), e duas vazões de aplicação desta solução (1,5 e 2,5 L min⁻¹), sendo essas águas obtidas pela adição de NaCl a água de abastecimento local (0,2 dS m⁻¹), e a reposição da lâmina evapotranspirada realizada usando a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva. No segundo experimento foram simuladas as características químicas das águas salobras coletadas na região semiárida de Pernambuco (0,2; 1,67; 3,30; 4,71; 5,88; 13,84 dS m⁻¹), mais um tratamento utilizando apenas a água de abastecimento local (0,2 dS m⁻¹) com as mesmas vazões e manejo da lâmina evapotranspirada utilizada no primeiro experimento. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em um esquema fatorial 6 x 2 com quatro repetições. A utilização da vazão de 2,5 L min⁻¹ proporcionou maior absorção e acúmulo de Na e Cl e menor absorção e acúmulo de P e K nas plantas cultivadas com NaCl. A água de abastecimento propiciou a maior absorção de K, P e Ca e maior acúmulo de K, P, Ca e Mg. Entre os poços a água cloretada magnésiana (CM_{S2}) foi a que causou menor absorção de K, P e Ca e menor acúmulo de K, P, Ca e Mg na vazão de 2,5 L min⁻¹. A ordem decrescente dos nutrientes acumulados na parte aérea na couve-flor cv. “Piracicaba Precoce” foi: K > Na > P > Cl e “Sarah 1169” foi: K > N > Ca > Na > S > P > Mg > Cl.

Palavras-chave: *Brassica oleracea botrytis* L. hidroponia. salinidade. distúrbios nutricionais

MINERAL COMPOSITION OF CAULIFLOWER GROWN IN HYDROPONIC SYSTEM WITH BRACKISH WATER

ABSTRACT: The high salinity of the hydroponic nutrient solution causes nutritional disturbances in several plant species due to the high ionic concentration and inhibits the absorption of other cations. Two experiments were conducted in a protected environment aiming to evaluate the effects of salinity on mineral nutrition of cauliflower cultivars in NFT

hydroponic system. In the first experiment, brackish water was used to prepare the nutrient solution (0.2, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 and 5.5 dS m⁻¹) (1.5 and 2.5 L min⁻¹), these waters being obtained by the addition of NaCl to the local water supply (0.2 dS m⁻¹), and the replacement of the evapotranspiration blade performed using the respective brackish water used preparation of the nutrient solution. In the second experiment, the chemical characteristics of brackish water collected in the semiarid region of Pernambuco (0.2, 1.67, 3.30, 4.71, 5.88, 13.84 dS m⁻¹) were simulated, plus one treatment using only local water (0.2 dS m⁻¹) with the same flow rates and management of the evapotranspiration blade used in the first experiment. The experimental design was completely randomized in a 6 x 2 factorial scheme with four replications. The use of the 2.5 L min⁻¹ flow rate provided higher absorption and accumulation of Na and Cl and less absorption and accumulation of P and K in plants cultivated with NaCl. The water supply provided the highest absorption of K, P and Ca and increased accumulation of K, P, Ca and Mg. Among the wells, magnesium chlorinated water (CM_{S2}) caused the lowest absorption of K, P and Ca and lower accumulation of K, P, Ca and Mg in the flow of 2.5 L min⁻¹. The decreasing order of nutrients accumulated in the aerial part in cauliflower cv. "Piracicaba Precoce" was: K > Na > P > Cl and "Sarah 1169" was: K > N > Ca > Na > S > P > Mg > Cl.

Keywords: *Brassica oleracea botrytis* L. hydroponics. salinity, nutritional disorders.

INTRODUÇÃO

A escassez de fontes de água superficial de boa qualidade para a agricultura vem desafiando progressivamente a produção de hortaliças e demais culturas no mundo. Por outro lado, a utilização de águas salobras para a produção de alimentos se torna uma realidade, pois, representa uma alternativa para a produção de alimentos, principalmente nas regiões semiáridas, sendo necessário desenvolver estratégias de manejo para utilização dessas águas para garantir rendimento econômico das espécies mais sensíveis aos sais (GIOIA et al., 2018).

Dentre as estratégias de manejo, o aproveitamento agrícola de águas salobras a utilização da hidroponia reduz os efeitos deletérios da salinidade sobre as plantas, em função da redução do potencial matricial pela ausência do solo, o que torna por sua vez o potencial total fundamentalmente função do potencial osmótico, verificando-se no mesmo nível de salinidade desempenho das plantas superior em hidroponia quando comparado ao cultivo em solo (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

As águas subterrâneas do semiárido em sua maioria localizam-se no embasamento cristalino e apresentam em sua composição química características sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas e água sulfatada ou cloretada sódica (LORDELO; PORSANI; BORJA, 2018).

As relações entre salinidade e nutrição mineral de plantas são complexas causando deficiências nutricionais ou desequilíbrios devido à competição durante a absorção de Na^+ e Cl^- (HUANG et al., 2017).

O aumento da salinidade da água mesmo em cultivo hidropônico pode ocasionar distúrbios nutricionais, principalmente às plantas sensíveis, tendo-se em vista que, a salinidade é um dos estresses abióticos que afeta de forma negativa vários fatores fisiológicos e bioquímicos nas plantas como, por exemplo, a acumulação excessiva de Na^+ e Cl^- que causam desequilíbrio iônico o que reduz a absorção de outros nutrientes minerais como o K^+ e o Ca^{2+} (ABBASI et al., 2016).

A couve-flor, que está incluída nas principais brássicas consumidas no Brasil, de grande importância na alimentação humana (KALISZ et al., 2018) e apresenta alta demanda de nutrientes em curto espaço de tempo o que é necessário para a obtenção de alta produtividade e padrões comerciais, portanto, o estado nutricional influencia o crescimento e o desenvolvimento das plantas afetando a qualidade final do produto comercializado (BIANCO; CECÍLIO FILHO; CARVALHO, 2015).

Algumas pesquisas com finalidade de avaliar a viabilidade de aproveitamento de águas salobras em cultivos hidropônicos com brássicas foram realizadas por vários autores (GIUFFRIDA et al., 2016; LIRA et al., 2018; GIUFFRIDA et al., 2018). Porém, em função de escassez de informações, é necessário obter conhecimento sobre os teores e acumulação dos nutrientes nos materiais disponíveis no mercado, a fim de tirar o máximo proveito do seu potencial genético (CECÍLIO FILHO; CARMONA; SCHIAVON JUNIOR, 2017).

Neste sentido, objetivou-se avaliar os efeitos da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva e vazões de aplicação desta solução sobre os teores e acúmulos de macronutrientes, sódio e cloreto na folha diagnóstica e na parte aérea da couve-flor cultivares Piracicaba Precoce (Experimento I) e Sarah 1169 (Experimento II).

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em ambiente protegido, tipo casa de vegetação, com as

seguintes dimensões: 7,0 m de largura, 24,0 m de comprimento, 3,0 m de pé direito e 4,5 m na parte mais alta da estufa, cuja estrutura está situada sob as coordenadas geográficas 8° 01' 05" de latitude Sul e 34° 5' 48" de longitude Oeste, com altitude média de 6,5 m.

Por meio de um psicrômetro instalado no interior do ambiente protegido foram obtidos os dados de temperatura e umidade relativa do ar que indicaram temperatura máxima de 35° C e mínima de 23° C e umidade relativa do ar máxima de 98% e mínima de 65%. Os dados de temperatura da solução nutritiva foram obtidos por meio da utilização de um sensor termopar tipo "T", instalado dentro de um reservatório de solução nutritiva que registrou valor de temperatura máxima de 34,3° C e de temperatura mínima de 22,4 °C.

A cultura utilizada foi a couve-flor cv. "Piracicaba Precoce" e a cv. "Sarah 1169". As mudas de couve-flor foram adquiridas de viveirista especializado 20 dias após a semeadura, tendo essas sido produzidas em bandeja de 200 células preenchida com fibra de coco. As mudas foram mantidas em bandeja até 30 dias após a semeadura, nesse período as mesmas foram irrigadas com solução nutritiva indicada por Furlani et al. (1999) com 50% de diluição. Aos 30 dias após a semeadura (DAS), realizou-se o transplântio para as unidades experimentais e iniciou-se a aplicação dos tratamentos.

O sistema hidropônico adotado foi o *Nutrient Film Technique* – NFT, cujo princípio baseia-se no fluxo laminar de nutrientes. A estrutura do sistema consistiu em perfis trapezoidais independentes, com três metros de comprimento e seção de 150 mm os quais foram instalados adotando-se espaçamento de 0,50 m entre as plantas e 0,60 m entre perfis, a altura média de instalação dos perfis em relação ao solo foi de 1,10 m possuindo três pontos de apoio e uma inclinação de 3,33%. Cada parcela ainda dispôs de uma eletrobomba de circulação de 220 V, com potência de 32 W, um reservatório para solução nutritiva com 50 L e um reservatório de abastecimento automático com volume de 15 L para reposição da água evapotranspirada. (SOARES et al., 2009).

No primeiro experimento de caráter quantitativo com a cv. "Piracicaba Precoce" o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (6 x 2), sendo seis níveis de salinidade de água salobra ($T_1 = 0,2$; $T_2 = 1,5$; $T_3 = 2,5$; $T_4 = 3,5$, $T_5 = 4,5$ e $T_6 = 5,5$ dS m⁻¹) e duas vazões de aplicação desta solução (1,5 e 2,5 L min⁻¹), com 4 repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. As águas salobras foram obtidas por meio da aplicação de NaCl (RICHARDS, 1954) à água de abastecimento público da UFRPE (CEa = 0,2 dS m⁻¹), sendo estas utilizadas para o preparo da solução nutritiva e para a reposição da lâmina evapotranspirada nos respectivos tratamentos.

No segundo experimento de caráter qualitativo com a cv. “Sarah 1169” os tratamentos resultaram da simulação de águas salobras de cinco poços subterrâneos de diferentes comunidades do município de Ibirimir-PE, mais um tratamento utilizando apenas água de abastecimento local (0,2 dS m⁻¹), e duas vazões de aplicação de solução nutritiva (1,5 e 2,5 L min⁻¹). O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em um esquema fatorial (6 x 2), com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais sendo estas águas utilizadas para o preparo da solução nutritiva e para a reposição da lâmina evapotranspirada nos respectivos tratamentos. O pH da solução foi ajustado mediante adição de KOH ou HNO₃, visando mantê-lo na faixa de 5,0 a 7,0.

Cada tipo de água foi preparada em caixa d’água com capacidade para 500 L, medindo-se a (CEa) e o pH, sendo em seguida acrescentado os macro e micronutrientes para a produção da solução nutritiva. Para adição dos micronutrientes foi preparado uma solução estoque em 1 L com concentração 1000 vezes, com exceção do ferro, no qual, preparou-se uma solução estoque individual para o mesmo, e na mesma proporção que os demais micronutrientes. Após a homogeneização realizou-se leituras de pH e de condutividade elétrica da solução (CEsol). A composição química das águas dos poços utilizadas no preparo das soluções nutritivas encontra-se descrita na (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química das águas utilizadas

Poços	CE (dS m ⁻¹)	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²
	----- mg L ⁻¹ -----									
P1	1,67	7,23	90,09	71,66	2,73	176,86	349,70	52,85	361,24	133,40
P2	3,30	6,72	207,48	147,89	37,07	295,27	1105,55	36,79	500,94	65,00
P3	4,71	7,08	436,80	185,86	18,00	476,24	1927,20	118,86	689,70	47,40
P4	5,88	7,39	300,30	202,95	10,54	665,44	2230,53	0,00	419,82	0,00
P5	13,84	7,67	60,06	1146,69	10,54	1283,89	4893,56	82,07	755,04	137,69

P1 T2 – água sulfatada cálcica (SC); P2 T3 – água cloretada magnesiana (CM_{S1}); P3 T4 – água cloretada cálcica (CC); P4 T5 – água cloretada sódica (CS); P5 T6 – água cloretada magnesiana (CM_{S2}).

Os fertilizantes utilizados no preparo da solução nutritiva em ambos os experimentos conforme Furlani (1998) foram 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%.

A irrigação do experimento foi controlada por um temporizador mecânico (Timer) programado para realizar eventos de irrigação a cada 15 minutos das 7:00 h até 18:00 h, a

partir desse horário, o sistema de irrigação passou a ser acionado a cada hora, permanecendo apenas 15 minutos funcionando, por se tratar de período noturno, onde a ETc é mínima.

Quanto as variáveis analisadas: foram realizadas leituras de pH e CE_{sol} em dias alternados durante todo o ciclo de cultivo em ambos experimentos (49 DAT para a cv. “Piracicaba Precoce” e 60 DAT para a cv. “Sarah 1169”).

Aos 79 e 90 DAS as cultivares “Piracicaba Precoce” e “Sarah 1169” foram colhidas, respectivamente. Posteriormente, a parte aérea foi separada das raízes e levada à estufa de circulação de ar à temperatura de 70 °C até atingir massa constante. Após esse procedimento, o material seco em estufa foi moído e armazenado em recipientes plásticos devidamente etiquetados para posterior quantificação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Na e Cl. Para a quantificação dos teores dos nutrientes na folha diagnóstico e acúmulo na parte aérea foi realizada uma digestão úmida em forno de micro-ondas (SILVA, 2009).

Após a quantificação dos teores nutricionais e determinação da MSPA, o acúmulo dos nutrientes na parte aérea foi determinado pela multiplicação dos teores dos nutrientes na parte aérea pela massa seca da parte aérea. A folha diagnóstico foi coletada aos 40 DAT que correspondeu ao período de início da formação da cabeça, sendo coletada a nervura principal da quarta folha recém-madura na quantidade de uma planta por parcela (MALAVOLTA et al., 1997). O nitrogênio total foi determinado pelo método de arraste de vapor (Kjeldahl), sódio e potássio pelo método de fotometria de chama, fósforo pelo método colorimétrico molibdo-vanadato, enxofre pelo método turbidimétrico do sulfato de bário, cloreto pelo método de Mohr e, cálcio e magnésio foram determinados pelo método utilizando espectrofotometria de absorção atômica segundo Bezerra Neto e Barreto (2011).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando constatados efeitos significativos à análise de regressão aplicada ao fator quantitativo (níveis de salinidade da água – Experimento I) e ao Teste de comparação de médias por meio do Teste de Tukey a 5% de probabilidade aos fatores qualitativos (vazões de aplicação de solução nutritiva).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto a condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sol}) no primeiro experimento verificou-se variação positiva de até 31,8% e uma oscilação negativa de 17,2% na vazão de 1,5 L min⁻¹. Por outro lado, verificou-se uma variação positiva de até 48,8% e uma oscilação negativa de 21,1% com a vazão de 2,5 L min⁻¹ durante todo o ciclo de cultivo (49 DAT). No segundo experimento verificou-se uma variação positiva de até 85,7% e uma oscilação

negativa de 11,4% na vazão de 1,5 L min⁻¹, por outro lado, verificou-se uma variação positiva de até 163,3% e uma oscilação negativa de 6,0% com a vazão de 2,5 L min⁻¹ durante todo ciclo de cultivo (60 DAT). Estes valores corroboram com os resultados propostos por Soares et al. (2010) que, avaliando a produção hidropônica de alface crespa cv. Verônica em sistema hidropônico NFT, também observaram aumento da CE da solução nutritiva quando utilizaram águas salobras para reposição da evapotranspiração.

Quanto ao pH, verificou-se de maneira geral para ambos os experimentos e vazões de aplicação de solução nutritiva de 1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹, uma oscilação na faixa de 5,5 a 6,5, ou seja, dentro do intervalo no qual o pH não influencia de forma negativa as culturas. Furlani et al. (1999) comentam que as variações de pH na faixa de 4,5 a 7,5 não afetam o desenvolvimento das plantas em sistemas hidropônicos.

De acordo com a análise de variância apresentada na Tabela 2 para a cv. “Piracicaba Precoce” observou-se que os fatores isolados e a interação entre eles influenciaram significativamente (p<0,01) os teores de sódio, potássio, fósforo e cloreto, porém, os teores de nitrogênio, cálcio, magnésio e enxofre não foram influenciados pelos tratamentos aplicados.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os teores de macronutrientes, sódio e cloreto analisados na folha diagnóstica e acúmulo na parte aérea em experimento com couve-flor cultivada em sistema hidropônico NFT nas vazões de 1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹, respectivamente.

Folha diagnóstica - Experimento I									
Quadrado médio									
F.V	GL	Na _{diag}	K _{diag}	N _{diag}	P _{diag}	Ca _{diag}	Mg _{diag}	S _{diag}	Cl _{diag}
CEa	5	4015,6815**	835,8485**	0,043ns	510,7124**	1,198ns	0,402ns	0,112ns	236,7354**
Vazão	1	161,7325**	381,9852**	0,004ns	276,7686**	0,004ns	0,011ns	0,001ns	31,9363 **
CEa x Vazão	5	321,2102**	23,5383**	0,004ns	16,6959 **	0,020ns	0,023ns	0,002ns	3,5864 **
Resíduo	36	0,17444	0,65514	2,303958	0,02521	2,764653	0,678611	1,513889	0,07029
CV (%)		1,44	2,50	3,69	3,32	7,37	17,6	8,51	8,09
Acúmulo na parte aérea - Experimento I									
Quadrado médio									
F.V	GL	Na	K	N	P	Ca	Mg	S	Cl
CEa	5	99,728**	682,480**	0,023ns	526,849**	1,001ns	0,471ns	1,243ns	100,658**
Vazão	1	84,779**	178,223**	0,004ns	64,799**	0,217ns	0,594ns	0,082ns	48,599**
CEa x Vazão	5	6,529**	11,019**	0,009ns	7,040**	0,098ns	0,089ns	0,168ns	4,760**
Resíduo	36	0,003165	0,005061**	0,005914	0,000163	0,001599	0,000394	0,001588	0,000112
CV (%)		6,08	5,34	3,32	6,15	3,45	7,77	5,81	8,21

** = significativo a 0,01 de probabilidade, ns – não significativo.

O aumento da salinidade da água usada no preparo da solução nutritiva e as vazões de aplicação desta solução afetaram significativamente os teores de sódio e potássio na folha diagnóstica e o acúmulo na parte aérea da cv. “Piracicaba Precoce” (Figura 1). O aumento dos teores de sódio na folha diagnóstica e o acúmulo na parte aérea independente da vazão de aplicação de solução nutritiva, é resposta da fonte de sais ter sido o NaCl na preparação dos níveis de salinidade das águas utilizadas no primeiro experimento, o que proporcionou o aumento na concentração dos sais na solução nutritiva e isto, possivelmente, influenciou a absorção e o acúmulo de sódio na parte aérea. De acordo com Furlani et al. (1999), a maior absorção de nutrientes pelas plantas em cultivos hidropônicos ocorre na presença de elevadas concentrações desses nutrientes na solução nutritiva.

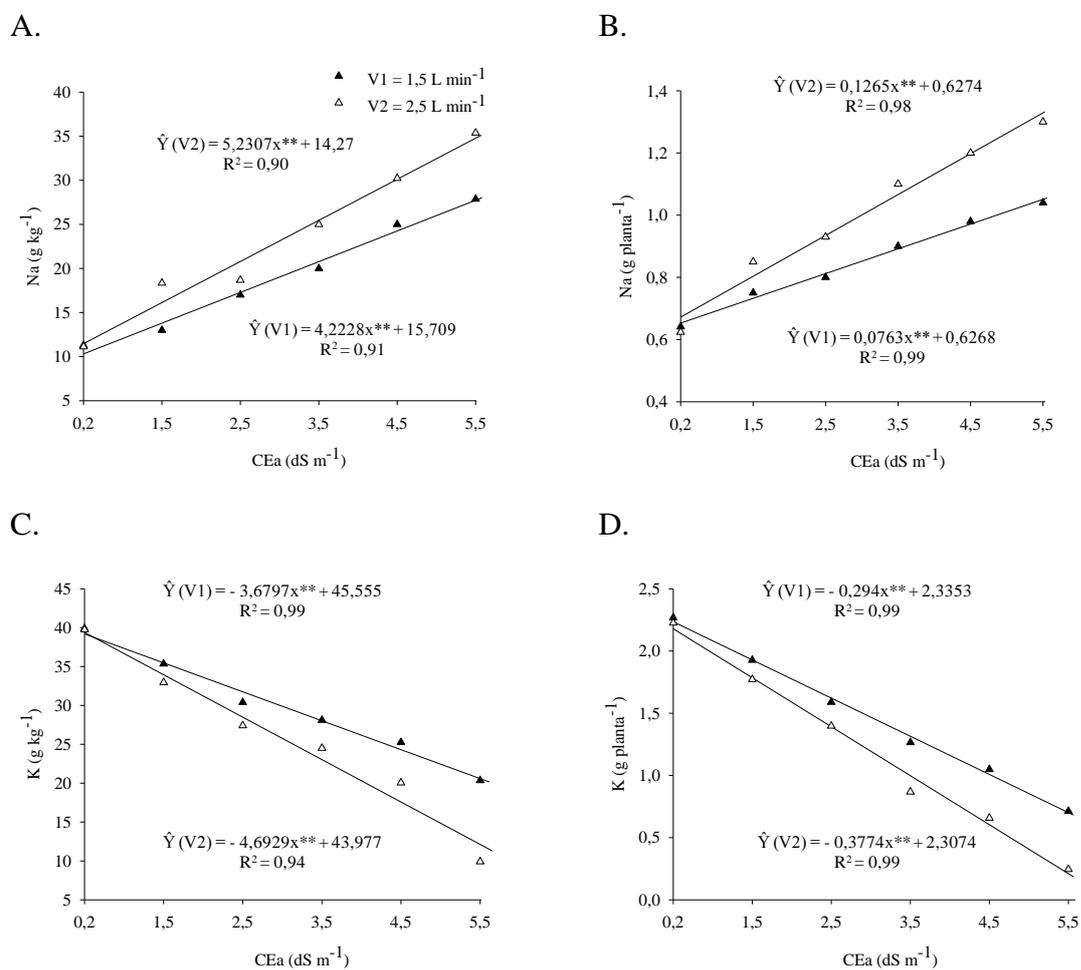


Figura 1. Teores de sódio (A) e potássio (C) e acúmulo na parte aérea de sódio (B) e potássio (D) em função da condutividade elétrica da água utilizada no preparo da solução nutritiva nas vazões de aplicação desta solução de (V1= 1,5 L min⁻¹ e V2 = 2,5 L min⁻¹) na folha diagnóstica e na parte aérea no experimento I.

Verifica-se na vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ aumento linear por incremento unitário da CEa de 26,8% para o sódio (Figura 1A) e redução linear por incremento unitário da CEa de 8,0% para o potássio na folha diagnóstico (Figura 1C). Para o acúmulo na parte aérea na mesma vazão ocorreu aumento linear por incremento unitário da CEa de 12,1% para o sódio (Figura 1B) e redução linear por acréscimo unitário da CEa de 12,5% para o potássio (Figura 1D).

Por outro lado, a utilização da vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ proporcionou aumento linear por incremento unitário da CEa de 36,6% para o sódio (Figura 1A) e redução por acréscimo unitário da CEa de 10,6% para os teores de potássio na folha diagnóstico (Figura 1C). Para o acúmulo na parte aérea na mesma vazão ocorreu aumento linear por incremento unitário da CEa de 20,1% para o sódio (Figura 1B) e redução linear por acréscimo unitário da CEa de 16,3% para o potássio (Figura 1D).

De acordo com o modelo linear estimam-se valores da ordem de $38,9 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca para o sódio na folha diagnóstico e $1,04 \text{ g planta}^{-1}$ na parte aérea na maior salinidade da água ($5,5 \text{ dS m}^{-1}$) utilizando a vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$, resultado este 9,5% e 26,9% menor que observado quando se utilizou a vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ que apresentou valor estimado da ordem de $43,0 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca na folha diagnóstico e $1,32 \text{ g planta}^{-1}$ na parte aérea para o mesmo nutriente. Para o potássio na mesma salinidade da água utilizando a vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ estima-se valores da ordem de $25,3 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca na folha diagnóstico e $0,71 \text{ g planta}^{-1}$ na parte aérea, resultado esse 28,4% e 67,6% maior que observado quando se utilizou a vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ que apresentou valor estimado da ordem de $18,1 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca na folha diagnóstico e $0,23 \text{ g planta}^{-1}$ de matéria seca na parte aérea conforme modelo linear (Figura 1).

O efeito vazão também foi variável de acordo com a salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva. Isto é, quando se utilizou água de baixa salinidade ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$), o maior teor de sódio (Figura 1A) ocorreu na folha diagnóstico com a vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ ($16,5 \text{ g kg}^{-1}$) valor este 7,2% maior que observado quando se utilizou a vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ ($15,3 \text{ g kg}^{-1}$). Para o acúmulo do sódio na parte aérea utilizando a vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ no menor nível salino ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$) observa-se o valor estimado da ordem de $0,64 \text{ g planta}^{-1}$ na parte aérea, 1,53% menor que o encontrado na vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ de $0,65 \text{ g planta}^{-1}$.

Os resultados obtidos nesta pesquisa para os teores de sódio nas duas vazões estão próximos aos encontrados por Giuffrida et al. (2016) que, avaliaram o efeito do estresse salino na nutrição de couve-flor e encontraram valores de Na^+ da ordem de $23,8 \text{ g kg}^{-1}$ na folha diagnóstico com salinidade de 4 dS m^{-1} aos 84 DAT.

Os teores de sódio na folha diagnóstico e o acúmulo do nutriente na parte aérea nas plantas de couve-flor aumentaram consideravelmente com o incremento dos níveis de salinidade em ambas as vazões (1,5 L e 2,5 L min⁻¹) e os teores de potássio foram reduzidos, em ambas as vazões avaliadas. Esse comportamento deve-se à competição entre estes íons pelo mesmo sítio de absorção e transporte na membrana plasmática. Desta forma, em função deste antagonismo iônico entre esses elementos, as concentrações de K⁺ no tecido foliar das plantas foram reduzidas pelas concentrações crescentes de Na⁺ (SOARES et al., 2016). Esses resultados evidenciam que ocorreram distúrbios na homeostase iônica tanto pelo aumento da concentração de Na⁺ como também pela diminuição da concentração de K⁺.

O maior teor de potássio para solução com CE 0,2 dS m⁻¹ ocorreu na folha diagnóstico com a vazão de 1,5 L min⁻¹ (44,8 g kg⁻¹) 4,0% maior que observado quando se utilizou a vazão de 2,5 L min⁻¹ (43,0 g kg⁻¹) para o mesmo elemento (Figura 1C).

Os teores de K⁺ na folha diagnóstico e o acúmulo na parte aérea encontrados nesta pesquisa utilizando a vazão de aplicação de solução nutritiva de 2,5 L min⁻¹ na maior salinidade da água (5,5 dS m⁻¹) foram de 18,1 g kg⁻¹ e 0,23 g planta⁻¹, respectivamente. Esses valores estão inferiores a faixa de teores considerados adequados para a couve-flor (30-50 g kg⁻¹) conforme Trani & Raij, (1997). Contudo, os resultados encontrados para o acúmulo do potássio na parte aérea nesta pesquisa para o tratamento controle (0,2 dS m⁻¹) em ambas as vazões de aplicação de solução nutritiva estão de acordo com os obtidos por AVALHÃES et al. (2009) que avaliaram o estado nutricional de plantas de couve-flor e encontraram valores da ordem de 37 g kg⁻¹.

Utilizando a vazão de 1,5 L min⁻¹ os teores de K⁺ foram considerados adequados até 3,5 dS m⁻¹, com valor da ordem de 32,6 g kg⁻¹ de matéria seca nesta salinidade, contudo, com a utilização da vazão de aplicação de solução nutritiva de 2,5 L min⁻¹ os teores deste nutriente foram considerados adequados até a salinidade de 2,5 dS m⁻¹ com valor da ordem de 32,2 g kg⁻¹ de matéria seca na folha diagnóstico. Os teores de K⁺ considerados adequados para a couve-flor estão situados na faixa entre 30-50 g kg⁻¹ de matéria seca (TRANI & RAIJ, 1997).

A relação K/Na reduziu com o aumento da salinidade em ambas as vazões, contudo, como a planta acumulou mais K do que Na nos tecidos em meio salino indica que a couve-flor apresentou mecanismo de tolerância ao sal, pois, A habilidade dos genótipos de excluir Na da raiz é uma importante característica da planta, contribuindo para aumentar a relação K/Na e expressar a alta tolerância aos sais (DIAS & BLANCO, 2010).

O aumento da salinidade da água usada no preparo da solução nutritiva e as vazões de aplicação desta solução afetaram significativamente os teores de fósforo e cloreto na folha diagnóstica e o acúmulo na parte aérea da cv. “Piracicaba Precoce” (Figura 2).

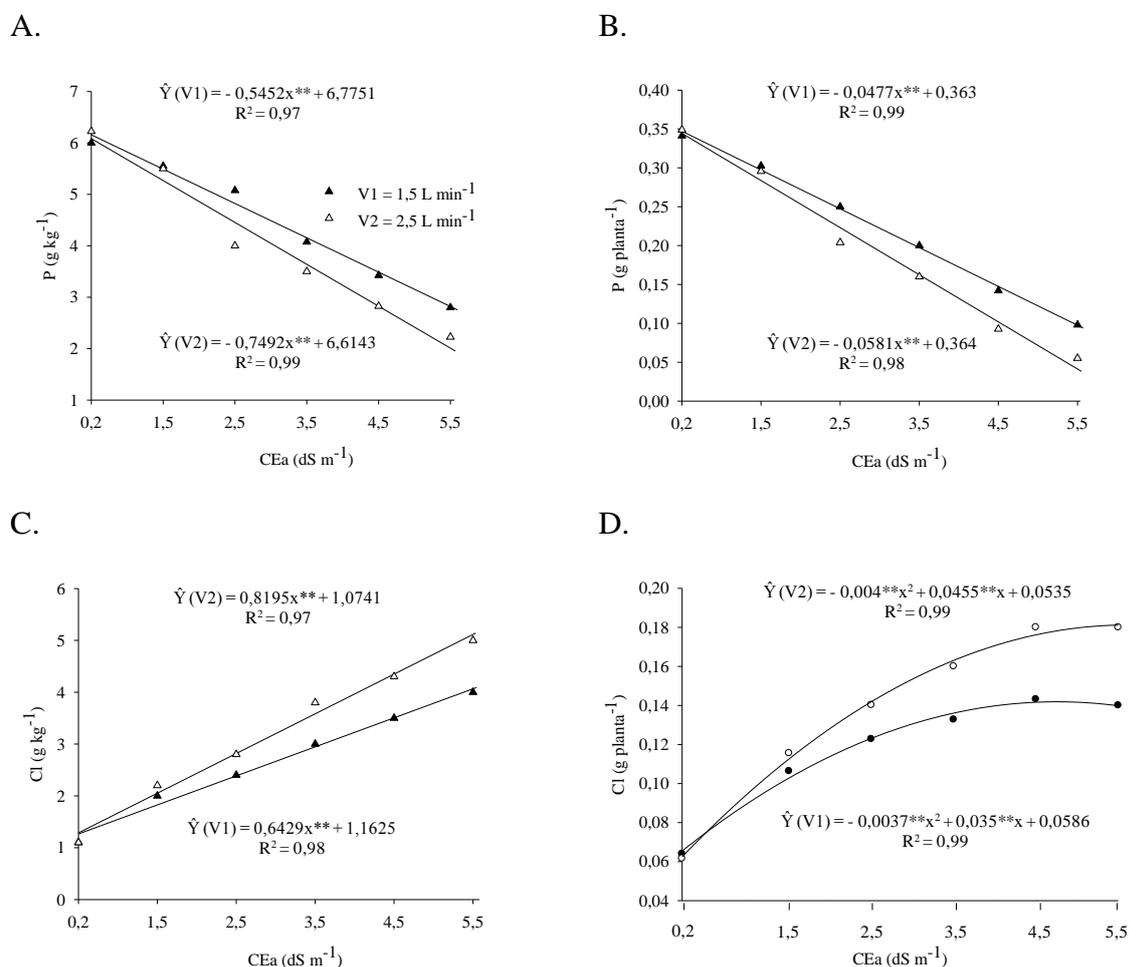


Figura 2. Teores de fósforo (A) e cloreto (C) e acúmulo na parte aérea de fósforo (B) e cloreto (D) em função da condutividade elétrica da água utilizada no preparo da solução nutritiva nas vazões de aplicação desta solução de (V1= 1,5 L min⁻¹ e V2 = 2,5 L min⁻¹) na folha diagnóstica e na parte aérea no experimento I.

Em relação aos teores de fósforo e cloreto verifica-se na vazão de 1,5 L min⁻¹ redução de 8,04% por dS m⁻¹ para o fósforo (Figura 2A) e aumento linear por incremento unitário da CEa de 55,3% para o cloreto na folha diagnóstica (Figura 2C). Para o acúmulo na parte aérea na mesma vazão ocorreu redução de 13,1% por dS m⁻¹ para o fósforo (Figura 1B). Contudo, na salinidade de 4,72 dS m⁻¹ verificou-se acúmulo de 0,14 g planta⁻¹ para o cloreto (Figura 2D).

A utilização da vazão de 2,5 L min⁻¹ proporcionou redução de 11,3% por dS m⁻¹ para o fósforo (Figura 2A) e aumento de 76,2% por dS m⁻¹ para os teores de cloreto na folha diagnóstico (Figura 2C). Para o acúmulo na parte aérea na mesma vazão ocorreu redução de 15,9% por dS m⁻¹ para o fósforo (Figura 2B), por outro lado, na salinidade de 5,68 dS m⁻¹ foi obtido um acúmulo na parte aérea de 0,18 g planta⁻¹ para o cloreto de acordo com o modelo quadrático (Figura 2D).

De acordo com o modelo linear estimam-se valores da ordem de 3,7 g kg⁻¹ de matéria seca para o fósforo na folha diagnóstico e 0,10 g planta⁻¹ na parte aérea na maior salinidade da água (5,5 dS m⁻¹) utilizando a vazão de 1,5 L min⁻¹, resultado este 35,1% e 60% maior que observado quando se utilizou a vazão de 2,5 L min⁻¹ que apresentou valor estimado da ordem de 2,4 g kg⁻¹ de matéria seca na folha diagnóstico e acúmulo de 0,04 g planta⁻¹ na parte aérea.

A utilização de água de menor CE para o preparo da solução nutritiva na vazão de 1,5 L min⁻¹, proporcionou o maior teor de fósforo (Figura 2A) na folha diagnóstico (6,6 g kg⁻¹) 3,0% maior que observado quando se utilizou a vazão de 2,5 L min⁻¹ (6,4 g kg⁻¹). Para o acúmulo do fósforo na parte aérea observa-se de acordo com o modelo linear valor estimado da ordem de 0,35 g planta⁻¹ na parte aérea no menor nível salino nas duas vazões de aplicação de solução nutritiva (Figura 2B).

Os resultados encontrados nesta pesquisa para o teor do fósforo na folha diagnóstico e acúmulo do nutriente na parte aérea em ambas as vazões de aplicação de solução nutritiva para o tratamento controle estão de acordo com os obtidos por (BIANCO; CECÍLIO FILHO; CARVALHO, 2015) que foram da ordem de 6,3 g kg⁻¹. Segundo Bezerra Neto e Barreto (2011), a concentração de fósforo em tecidos vegetais pode variar entre 1 a 15 g kg⁻¹ de matéria seca. Neste aspecto, apesar de ter ocorrido redução percentual do fósforo na folha diagnóstico e na parte aérea, sua concentração permaneceu dentro da faixa esperada, não tendo as plantas apresentado sintomas de deficiência.

O maior teor de cloreto ocorreu na folha diagnóstico utilizando maior nível de salinidade (CEa = 5,5 dS m⁻¹) na vazão de 2,5 L min⁻¹ (5,58 g kg⁻¹), valor este 15,9% maior que observado quando se utilizou a vazão de 1,5 L min⁻¹ que apresentou valor estimado da ordem de 4,69 g kg⁻¹ de matéria seca para o mesmo elemento (Figura 2C).

As altas concentrações de cloreto na solução nutritiva podem diminuir a absorção dos ânions nitrogênio, enxofre e fósforo devido ao antagonismo que existe entre o cloreto e estes ânions (MARSCHNER, 2012). Na presente pesquisa não foram constatados efeitos significativos sobre as concentrações de nitrogênio e enxofre (Tabela 2), porém, as reduções

nas concentrações de fósforo nas vazões de 1,5 e 2,5 L min⁻¹ (Figura 2C), podem ser explicadas pela elevação da concentração de cloreto nas plantas.

Essa elevação dos teores de sódio e cloreto nas folhas após o processo de absorção que resultou no acúmulo na parte aérea (Figuras 1B e 2D), possivelmente, deve-se ao fato de não ter ocorrido mecanismo de exclusão destes íons tóxicos das plantas, e este acúmulo resultou no surgimento de toxidez, sintoma observado nas plantas dos tratamentos com maior salinidade 5,5 dS m⁻¹. Lira et al. (2015) também encontraram aumento do teor de cloreto em *Brassica pekinensis* L. com salinidade entre 0,2 a 5,2 dS m⁻¹. Segundo Marshner (2012), níveis acima de 2.500 mg kg⁻¹ podem causar toxicidade em plantas sensíveis.

Verifica-se que a ordem decrescente dos nutrientes acumulados na parte aérea da couve-flor cv. Piracicaba Precoce utilizando água de baixa salinidade (0,2 dS m⁻¹) na presente pesquisa foi de 2,27 e 2,23 g planta⁻¹ para o potássio, 0,64 e 0,65 g planta⁻¹ para o sódio, 0,35 g planta⁻¹ para o fósforo e 0,06 g planta⁻¹ para o cloreto nas vazões de (1,5 e 2,5 L min⁻¹), respectivamente. Portanto, para o acúmulo de nutrientes na parte aérea da couve-flor teve a ordem de K > Na > P > Cl.

Os resultados obtidos para o tratamento controle nesta pesquisa estão de acordo com os encontrados por Castoldi et al. (2009) segundo os autores a ordem decrescente dos nutrientes acumulados na parte aérea da couve-flor foi de: N, K, Ca, S, Mg e P, respectivamente. Por outro lado Alves et al. (2011) ao avaliarem o acúmulo de nutrientes em couve-flor em sistema hidropônico NFT verificaram que a maior demanda dos macronutrientes ocorreu no período de 60 DAT e a ordem decrescente dos macronutrientes acumulados pela couve-flor foi: K, N, S, P, Mg e Ca, porém os autores trabalharam com o híbrido Verona utilizando solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) os tratamentos foram diferentes épocas de amostragem (20; 30; 40; 50; 60 e 70 dias após o transplante).

De acordo com a análise de variância apresentada na Tabela 3 para a cv “Sarah 1169”, observa-se que houve efeito significativo ($p < 0,01$) dos fatores isolados e da interação para os teores de sódio, potássio, cálcio, fósforo e cloreto, e efeito significativo dos fatores isolados e da interação para o acúmulo na parte aérea de sódio, potássio, fósforo, cálcio, magnésio e cloreto em função das águas salobras simuladas utilizadas no preparo da solução nutritiva e na reposição da lâmina evapotranspirada e vazões de aplicação desta solução de 1,5 L e 2,5 L min⁻¹, respectivamente.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os teores de macronutrientes, sódio e cloreto analisados na folha diagnóstico e acúmulo na parte aérea em experimento com couve-flor cultivada com águas salobras simuladas de poços da região semiárida de Pernambuco em sistema hidropônico NFT nas vazões de 1,5 L e 2,5 L min⁻¹, respectivamente.

Folha diagnóstico - Experimento II									
Quadrado médio									
F.V	GL	<i>Na_{diag}</i>	<i>K_{diag}</i>	<i>N_{diag}</i>	<i>P_{diag}</i>	<i>Ca_{diag}</i>	<i>Mg_{diag}</i>	<i>S_{diag}</i>	<i>Cl_{diag}</i>
CEw	5	938,593**	845,700**	0,481ns	451,641**	507,300**	1,056ns	0,113ns	4346,762**
Vazão	1	319,428**	220,500**	1,485ns	99,022**	144,500**	0,020ns	0,001ns	174,534**
CEa x Vazão	5	29,849**	5,700**	0,199ns	5,698**	11,300**	0,044ns	0,001ns	18,745**
Resíduo	36	0,683889	0,666667	2,445000	0,055625	0,666668	0,666667	1,600833	0,006786
CV (%)		2,72	2,25	3,74	4,42	5,02	17,0	9,39	2,17
Acúmulo na parte aérea - Experimento II									
Quadrado médio									
F.V	GL	<i>Na</i>	<i>K</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>S</i>	<i>Cl</i>
CEw	5	112,093**	418,949**	36,595**	766,876**	670,698**	577,463**	43,444**	2763,943**
Vazão	1	60,868**	64,894**	38,778**	191,844**	93,628**	108,771**	14,327**	1981,100**
CEa x Vazão	5	5,492**	4,740**	1,923ns	8,106**	6,555**	6,557**	1,950ns	129,587**
Resíduo	36	0,004461	0,010766	0,032152	0,000128	0,002223	0,000094	0,002725	0,000009
CV (%)		6,04	7,02	9,90	5,13	6,55	5,74	9,49	2,05

** = significativo a 0,01 de probabilidade, ns – não significativo.

Os teores de nitrogênio, magnésio e enxofre não foram influenciados pela salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva em ambas as vazões de aplicação desta solução. Contudo, apresentaram valores em média na folha diagnóstico da ordem de 42-41, 5-4 e 14-13 g kg⁻¹ nas vazões de aplicação de solução nutritiva de 1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹, respectivamente.

Embora estes nutrientes não tenham sido influenciados pelos tratamentos aplicados os valores médios obtidos pela análise foliar estão dentro da faixa considerada adequada para a couve-flor, segundo Trani et al. (1996): N = 40-60 e Mg = 2,5-5, expressos em g kg⁻¹. Segundo Martinez et al. (1999) o S deve apresentar valor adequado da ordem de 12 g kg⁻¹.

Verifica-se que houve efeito significativo (p < 0,01) dos fatores isolados para o acúmulo na parte aérea de nitrogênio e enxofre (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios de acúmulo na parte aérea de nitrogênio e enxofre em couve-flor sob hidroponia, em função da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva.

Variáveis (g planta ⁻¹)	Acúmulo na parte aérea - Experimento II					
	Poços					
	AA	1	2	3	4	5
N	2,35 A	2,13 A	1,85 B	1,67 BC	1,55 CD	1,31 D
S	0,71 A	0,64 AB	0,59 BC	0,53 CD	0,46 D	0,37 E

Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Não houve diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% para o acúmulo na parte aérea de nitrogênio ao utilizar as águas de abastecimento T1 e as provenientes P1 T2 água sulfatada cálcica (SC), contudo, a utilização das águas dos demais poços diferiu entre si pelo mesmo teste sendo as águas provenientes do P5 T6 água cloretada magnesiana (CM_{S2}) (CE = 13,84 dS m⁻¹) as que promoveram o menor acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas de couve-flor.

Para o acúmulo na parte aérea do enxofre verifica-se que houve diferença estatística entre as águas estudadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, contudo, a utilização das águas provenientes do P1 T2 água sulfatada cálcica (SC) (CE = 1,67 dS m⁻¹), foram as que mais se aproximaram do acúmulo deste nutriente na parte aérea ao utilizar água de abastecimento (0,2 dS m⁻¹).

O maior acúmulo dos nutrientes nitrogênio e enxofre na parte aérea das plantas de couve-flor cv. Sarah 1169 ocorreu na vazão de 1,5 L min⁻¹. O menor acúmulo destes nutrientes ocorreu, possivelmente, em função do maior estresse osmótico na vazão de 2,5 L min⁻¹ o que proporcionou menor absorção de água e nutrientes nesta vazão e ao fluxo de massa, pois, este movimento é responsável pela interceptação e absorção de vários nutrientes, principalmente os considerados móveis, para as plantas.

Tabela 5. Valores médios de acúmulo na parte aérea de nitrogênio e enxofre em couve-flor sob hidroponia, em função das vazões de aplicação da solução nutritiva.

Variáveis (g planta ⁻¹)	Acúmulo na parte aérea - Experimento II	
	1,5 L min ⁻¹	2,5 L min ⁻¹
N	1,97 a	1,65 b
S	0,58 a	0,52 b

Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

O desdobramento das interações das águas de poços dentro das vazões de aplicação de solução nutritiva e, das vazões dentro dos poços encontra-se representado na Tabela 6.

Tabela 6. Desdobramento das interações significativas da análise de variância para os teores de macronutrientes na folha diagnóstico e acúmulo na parte aérea em couve-flor em função da utilização de águas salobras simuladas de poços da região semiárida de Pernambuco em sistema hidropônico NFT nas vazões de 1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹, respectivamente.

		Folha diagnóstico - Experimento II					
Variáveis (g kg ⁻¹)	Vazões (L min ⁻¹)	Poços					
		AA	1	2	3	4	5
Na	1,5	20,0 Fb	22,0 Eb	24,0 Db	30,0 Cb	35,0 Bb	38,5 Ab
	2,5	20,1 Fb	24,0 Ea	28,0 Da	35,0 Ca	40,0 Ba	48,0 Aa
K	1,5	47,0 Aa	45,0 Ba	42,0 Ca	34,0 Da	32,0 Ea	28,0 Fa
	2,5	45,0 Ab	43,0 Bb	39,0 Cb	30,0 Db	27,0 Eb	23,0 Fb
P	1,5	7,52 Aa	7,0 Ba	6,40 Ca	5,52 Da	4,32 Ea	3,30 Fa
	2,5	7,51 Ab	6,60 Bb	5,50 Cb	4,50 Db	3,60 Eb	2,30 Fb
Ca	1,5	25,0 Ab	22,0 Bb	19,0 Ca	17,0 Da	13,0 Ea	10,0 Fa
	2,5	25,0 Ab	21,0 Bb	16,0 Cb	13,0 Db	9,0 Eb	5,0 Fb
Cl	1,5	1,20 Fb	2,30 Eb	3,10 Db	4,0 Cb	5,20 Bb	6,0 Ab
	2,5	1,18 Fb	2,40 Eb	3,30 Da	4,50 Ca	5,70 Ba	6,60 Aa

		Acúmulo parte aérea - Experimento II					
Variáveis (g planta ⁻¹)	Vazões (L min ⁻¹)	Poços					
		AA	1	2	3	4	5
Na	1,5	0,73 Db	0,90 Cb	1,01 BCb	1,08 Bb	1,15 Bb	1,30 Ab
	2,5	0,73 Eb	1,0 Da	1,10 Db	1,25 Ca	1,40 Ba	1,60 Aa
K	1,5	2,44 Ab	2,18 Ba	1,80 Ca	1,50 Da	1,03 Ea	0,63 Fa
	2,5	2,50 Ab	2,0 Bb	1,50 Cb	1,17 Db	0,65 Eb	0,32 Fb
P	1,5	0,36 Ab	0,32 Ba	0,28 Ca	0,22 Da	0,15 Ea	0,10 Fa
	2,5	0,36 Ab	0,29 Bb	0,23 Cb	0,16 Db	0,08 Eb	0,04 Fb
Ca	1,5	1,30 Ab	1,09 Ba	0,94 Ca	0,67 Da	0,45 Ea	0,24 Fa
	2,5	1,29 Ab	1,02 Bb	0,81 Cb	0,42 Db	0,25 Eb	0,10 Fb
Mg	1,5	0,28 Ab	0,24 Ba	0,20 Ca	0,15 Da	0,12 Ea	0,08 Fa
	2,5	0,28 Ab	0,22 Bb	0,18 Cb	0,10 Db	0,08 Eb	0,04 Fb
Cl	1,5	0,06 Fb	0,09 Eb	0,11 Db	0,14 Cb	0,16 Bb	0,18 Ab
	2,5	0,06 Fb	0,12 Ea	0,15 Da	0,18 Ca	0,21 Ba	0,25 Aa

Respectivamente, para cada variável e vazões analisadas e, para cada variável e água de poço analisadas, médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. AA T1 – água de abastecimento; P1 T2 – água sulfatada cálcica (SC); P2 T3 – água cloretada magnesiana (CM_{S1}); P3 T4 – água cloretada cálcica (CC); P4 T5 – água cloretada sódica (CS); P5 T6 – água cloretada magnesiana (CM_{S2}).

De acordo com a análise de comparação de médias realizada para o potássio, fósforo e cálcio constata-se que a utilização da água de abastecimento, em ambas as vazões avaliadas, proporcionou os maiores valores para essas variáveis na folha diagnóstico (Tabela 6). Por outro lado, nas duas vazões, o aumento da salinidade das águas reduziu os teores de potássio, fósforo e cálcio na folha diagnóstico e o acúmulo na parte aérea de potássio, fósforo, cálcio e magnésio, tendo-se as águas provenientes do P5 T6 água cloretada magnesiana (CM_{S2}) sido

aquelas que proporcionaram os menores valores para esses nutrientes com maior magnitude na vazão de 2,5 L min⁻¹.

Para os teores de sódio e cloreto constata-se que a utilização das águas P4 T5 água cloretada sódica (CS) e P5 T6 água cloretada magnésiana (CM_{S2}) (com a presença de NaHCO₃, e Na₂CO₃ em sua composição química) em ambas as vazões avaliadas, foram as que proporcionaram maiores valores para essas variáveis analisadas (Tabela 6). A utilização dessas águas salobras para o preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada provocaram aumento nos teores de sódio e cloreto sendo esse efeito de maior magnitude na vazão de 2,5 L min⁻¹.

Ainda de acordo com a Tabela 6, constata-se que com o aumento da CE da água de abastecimento de 0,2 para 1,67 dS m⁻¹ referente às águas do poço P1 T2 água sulfatada cálcica (SC), registra-se, na vazão de 1,5 L min⁻¹, uma pequena queda no teor de potássio e aumento no teor de sódio na folha diagnóstico de 4,2 e 10%, respectivamente. Na vazão de 2,5 L min⁻¹, redução de 4,4% para o potássio e aumento de 19,4% para o sódio, respectivamente. Para o acúmulo na parte aérea em g planta⁻¹, registra-se, na vazão de 1,5 L min⁻¹, redução de 10,6% para o potássio e aumento de 23,2% para o teor de sódio, respectivamente. Porém a utilização da vazão de aplicação de solução nutritiva de 2,5 L min⁻¹ proporcionou redução de 20% para o potássio e aumento de 36,9% para o sódio na parte aérea.

Esse aumento do sódio e diminuição do potássio tanto na folha diagnóstico como o acúmulo na parte aérea pode ser explicado em função da inibição competitiva entre esses dois nutrientes, pois, disputam o mesmo canal de absorção. Como a concentração de sódio aumenta em cada poço (Tabela 1) ocorre o aumento deste elemento em detrimento da diminuição do potássio. Possivelmente, o excesso de íons Na⁺ e Cl⁻ nas águas dos poços utilizadas para o preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada em ambas as vazões podem ter provocado desequilíbrio na absorção de nutrientes essenciais às plantas, a exemplo de K e Ca.

Quantidades excessivas de cátions ou ânions em função do aumento da salinidade pode causar toxicidade iônica, que é específico do genótipo, o estresse limita a acumulação de nutrientes essenciais, como K⁺, Mg²⁺ e Ca²⁺ enquanto aumenta a concentração de Na⁺ na maioria das plantas, resultando em redução crescimento e produtividade.

Resultados semelhantes para a concentração de sódio e potássio foram encontrados por Giuffrida et al. (2016) da ordem de 20,7 g kg⁻¹ de sódio na folha diagnóstico com 4,0 dS m⁻¹

para todo o ciclo de cultivo e $46,3 \text{ g kg}^{-1}$ para o potássio na folha diagnóstico utilizando $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ para todo o ciclo.

Os teores de cálcio e magnésio foram reduzidos em função do aumento da salinidade da água (natureza catiônica) utilizada no preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada (Tabela 6). Consta-se que com o aumento da CE da água de abastecimento de $0,2$ para $1,67 \text{ dS m}^{-1}$ referente às águas do P1 T2 água sulfatada cálcica (SC), registra-se, na vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$, redução de $12,0\%$ do cálcio na folha diagnóstico e redução de $16,1\%$ para o acúmulo na parte aérea. A utilização da vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ proporcionou redução de $16,0\%$ na folha diagnóstico e redução de 20% para o acúmulo na parte aérea do Ca^{2+} . Para o magnésio com o mesmo aumento de CE citada para o cálcio, registra-se, na vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$, redução de $14,2\%$ para o acúmulo na parte aérea. A utilização da vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ proporcionou redução de $21,4\%$ para o acúmulo de Mg^{2+} na parte aérea.

Essa redução com maior magnitude na vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$, pode ser explicada em função do fluxo de massa e menor transpiração nesta vazão além do fato de ter sido utilizada água cloretada magnesiana (CM_{S_2}) para o preparo da solução nutritiva e reposição da ETc com água salobra, pois, o excesso de um íon pode provocar a deficiência do outro, devido à precipitação ou inibição, por exemplo, excesso de SO_4^{2-} , CO_3^{2-} e NaHCO_3 podem precipitar o cálcio, afetando o crescimento da planta pela reduzida disponibilidade do elemento precipitado e não pelo excesso do íon considerado. Segundo Collier e Huntington (1983) o Ca^{2+} tem pouca ou nenhuma mobilidade no floema e aproveita do fluxo transpiratório para o seu deslocamento, sendo levado às diversas partes da planta acompanhando o movimento ascendente da água. Por outro lado, em situações de cultivo em que as plantas estão submetidas a um meio salino as elevadas concentrações de Na^+ podem ter promovido interações antagônicas com o K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , já as altas concentrações de Cl^- podem ter promovido interações antagônicas com o NO_3^- , SO_4^- e PO_4^{3-} .

Verifica-se para o fósforo na vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ redução de $6,9$ e $11,1\%$ na folha diagnóstico e acúmulo na parte aérea com o aumento da CE da água de abastecimento de $0,2 \text{ dS m}^{-1}$ para $1,67 \text{ dS m}^{-1}$ referente às águas do P1 T2 água sulfatada cálcica (SC). A utilização da vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ proporcionou redução de $12,1\%$ na folha diagnóstico e redução de $19,4\%$ para o acúmulo na parte aérea do fósforo. Segundo Freire et al. (2013) a maior redução dos teores deste nutriente pode ser explicada em consequência do acúmulo de sais nos tecidos vegetais, pois, o estresse salino promove redução nos processos de síntese de adenosina

trifosfato (ATP) acoplada à fase fotoquímica da fotossíntese, além de promover alterações no processo respiratório.

Ao comparar apenas as águas dos poços entre si, percebe-se que o P5 T6 água cloretada magnesiana (CM_{S2}) na vazão de 2,5 L min⁻¹ é aquele onde se constata a maior magnitude de redução das variáveis analisadas, o qual é também aquele que se apresenta com menor viabilidade de produção, possivelmente, em função da maior condutividade elétrica da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (13,84 dS m⁻¹) e sua composição química com bicarbonato de sódio.

Os maiores valores relativos aos teores de potássio, fósforo e cálcio avaliados seja na folha diagnóstico como no acúmulo na parte aérea, nas duas vazões de aplicação de solução nutritiva, foram obtidos com a água de abastecimento (AA) (Tabela 6). Entretanto, ao comparar apenas as águas provenientes dos poços dentro de cada vazão, verifica-se que as águas provenientes do P5 T6 água cloretada magnesiana (CM_{S2}) foram aquelas que proporcionaram os menores valores para as estas variáveis em ambas as vazões de aplicação de solução nutritiva.

A análise de comparação de médias realizada para os teores de sódio, cálcio e cloreto na folha diagnóstico das plantas, utilizando-se água de abastecimento para o preparo da solução nutritiva, revelou que não foram constatadas diferenças significativas entre as vazões de 1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹ (Tabela 6).

De outra forma, ao comparar apenas as águas dos poços entre si, constata-se que para os teores de potássio, fósforo e cálcio avaliadas na folha diagnóstico a melhor vazão de aplicação de solução nutritiva foi a de 1,5 L min⁻¹ (Tabela 6). Na vazão de aplicação de solução nutritiva de 2,5 L min⁻¹ utilizando-se as águas do P5 T6 água cloretada magnesiana (CM_{S2}), observou-se que os teores dos nutrientes potássio, fósforo e cálcio avaliados na folha diagnóstico e o acúmulo na parte aérea foram afetados drasticamente, fato esse atribuído ao acúmulo de sais ao longo do tempo e, conseqüentemente, a menor absorção de nutrientes pelas plantas.

Resultados semelhantes aos obtidos nesta pesquisa foram encontrados para o K⁺ e Ca²⁺ por Zaghdoud et al. (2012) em função do aumento da salinidade em cultivares de brássicas e, Giuffrida et al. (2016) segundo os autores o aumento da salinidade reduziu a concentração de P foliar em aproximadamente 31% em relação ao tratamento com baixa salinidade.

Os resultados obtidos nesta pesquisa evidenciam que para a couve-flor cv. “Sarah 1169”, a ordem decrescente dos nutrientes acumulados na parte aérea pela cultura aos 60

DAT utilizando água de baixa salinidade ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$) na vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ foi de (2,44) potássio, (1,97) nitrogênio, (1,30) cálcio, (0,73) sódio, (0,58) enxofre, (0,36) fósforo, (0,28) magnésio e (0,06) cloreto, todos em g planta^{-1} apresentando a seguinte ordem: $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{Na} > \text{S} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Cl}$.

Os resultados encontrados nesta pesquisa estão de acordo com os obtidos por (TAKEISHI; CECÍLIO FILHO; OLIVEIRA, 2009) segundo os autores a ordem decrescente para o acúmulo na parte aérea de macronutrientes pela couve-flor (cv. “Verona”) foi de $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{S} > \text{P} > \text{Mg}$. Porém Sánchez et al. (2001) encontraram maiores quantidades de Mg do que de P. Possivelmente, tais diferenças deve-se ao ambiente de cultivo, pois, tem importante influência no acúmulo de nutrientes, podendo ser o fator responsável pela diferença existente entre os trabalhos.

É importante salientar que a quantificação dos nutrientes na folha diagnóstico, pode-se evitar a ocorrência de falsos diagnósticos de deficiências, excessos ou desbalanços nutricionais devido à possibilidade de translocação de alguns nutrientes via floema, pois, pode haver diferenças consideráveis nos teores dos nutrientes na amostra foliar analisada, em função do estágio de desenvolvimento, da posição da folha na planta ou mesmo do tipo de folha, o que pode induzir a aumentos desnecessários no custo de produção, por causa da aplicação de nutrientes não limitantes ao desenvolvimento da cultura.

CONCLUSÕES

A utilização da vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ proporcionou maior absorção de Na e Cl e menor absorção de P e K nas plantas cultivadas com NaCl. As composições químicas das águas apresentaram diferentes relações antagônicas sendo a água de abastecimento a que proporcionou maior absorção K, P e Ca na vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ e entre os poços a água cloretada magnesiana (CM_{S_2}) foi a de menor absorção de K, P e Ca na vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$.

O maior acúmulo de Na e Cl e menor acúmulo P e K na parte aérea ocorreu na vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ nas plantas cultivadas com NaCl. Entre os poços a água sulfatada cálcica (SC) proporcionou maior acúmulo de K, P, Ca e Mg na vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ e a água cloretada magnesiana (CM_{S_2}) foi a que proporcionou menor acúmulo de K, P, Ca e Mg na vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$.

A vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ foi a que proporcionou os melhores resultados para a absorção e acúmulo dos nutrientes na parte aérea da couve-flor.

A ordem decrescente dos nutrientes acumulados na parte aérea na couve-flor cultivadas em águas salinizadas com NaCl foi: $K > Na > P > Cl$ e para a couve-flor cultivada em água de poços simuladas foi: $K > N > Ca > Na > S > P > Mg > Cl$.

REFERÊNCIAS

ABBASI, H.; JAMIL, M.; HAQ, A.; ALI, S.; AHMAD, R.; MALIK, Z.; PARVEEN. Salt stress manifestation on plants, mechanism of salt tolerance and potassium role in alleviating it: a review. **Zemdirbyste-Agriculture**, v. 103, n. 2, p. 229–238, 2016.

ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; GONDIM, A. R. O.; CECÍLIO FILHO, A. B.; POLITI, L. S. Couve-flor cultivada em substrato: marcha de absorção de macronutrientes e micronutrientes. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 45-55, 2011.

AVALHÃES, C. C.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M. Avaliação do estado nutricional de plantas de couve-flor cultivadas em solução nutritiva suprimidas de macronutriente. **Revista Nucleos**, v. 6, n. 1, p. 285-298, 2009.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em plantas**. Recife: UFRPE, Editora Universitária, 2011. 267 p.

BIANCO, M. S.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CARVALHO, L. B. Nutritional status of the cauliflower cultivar ‘Verona’ grown with omission of out added macronutrients. **Plos One**, v. 10, n. 4, p. 1-17, 2015.

CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. O.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T. Crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade da cultura da couve-flor. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 438-446, 2009.

CECÍLIO FILHO, A. B.; CARMONA, V. M. V.; SCHIAVON JUNIOR, A. A. Broccoli growth and nutrient accumulation. **Revista Científica**, v. 45, n. 1, p. 95-104, 2017.

COLLIER, G. F.; HUNTINGTON, V. C. The relationship between leaf growth, calcium accumulation and distribution, and tipburn development in field-grown butterhead lettuce. **Scientia Horticulturae**, v. 21, n. 2, p. 123-128, 1983.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. 2010. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza, INCTSal, p.129-141.

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

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. 1.ed. Campinas: IAC, 1998. 30 p. (Boletim técnico, 168).

GIOIA, F. D.; ROSSKOPF, E. N.; LEONARDI, C.; GIUFFRIDA, F. Effects of application timing of saline irrigation water on broccoli production and quality. **Agricultural Water Management**, v. 203, n. 9, p. 97-104, 2018.

GIUFFRIDA, F.; AGNELLO, M.; MAURO, R. P.; FERRANTE, A.; LEONARDI, C. Cultivation under salt stress conditions influences postharvest quality and glucosinolates content of fresh-cut cauliflower. **Scientia Horticulturae**, v. 236, n. 10, p. 166-174, 2018.

GIUFFRIDA, F.; CASSANITI, C.; LEONARDI, C. Effects of salt stress imposed during two growth phases on cauliflower production and quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 5, p. 1552-1560, 2016.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 347p.

HUANG, L.; LIU, X.; WANG, Z.; LIANG, Z.; WANG, M.; LIU, M.; SUAREZ, D. L. Interactive effects of pH, EC and nitrogen on yields and nutrient absorption of rice (*Oryza sativa* L.). **Agricultural Water Management**, v. 194, n. 16, p. 48-57, 2017.

KALISZ, A.; SEKARA, A.; SMOLÉN, S.; GRABOWSKA, A.; GILL, J.; CEBULA, S. Mineral composition of cauliflowers with differently coloured curds modified by the chilling of juvenile plants. **Scientia Horticulturae**, v. 232, n. 6, p. 216-225, 2018.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SOARES, H. R.; WILLADINO, L. G. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de agrião cultivado em hidroponia com águas salobras. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 13-19, 2018.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Production, water consumption and nutrient content of Chinese cabbage grown hydroponically in brackish water. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 497-505, 2015.

LORDELO, L. M. K.; PORSANI, J. M.; BORJA, P. C. Qualidade físico-química da água para abastecimento humano em municípios do sertão da Bahia: um estudo considerando diversas fontes de suprimento. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 97-105, 2018.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das Plantas: princípios e aplicações**. 2ª edição. Piracicaba, São Paulo: Potafos, 1997. 319 p.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. Third Edition. Edited by Petra Marschner. Elsevier, London, School of Agriculture, Food and Wine the University of Adelaide Australia, 2012. 651 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais-CFSEMG, 1999. p.143-168.

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

SANCHÉZ, L. R.; BOTÍA, C. P.; SIRONI, J. S.; SÁNCHEZ, A. A.; CRESPO, A. P.; NARTÍNEZC. M. **Investigación agraria: Producción y protección vegetales**, v. 16, n. 1, p. 119-130, 2001.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; DIAS, N. S.; MEDEIROS, S. S. Produção e pós-colheita de flores de girassóis sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 3, p. 420-432, 2016.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2009. 627p.

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

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

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.

TAKEISHI, J.; CECÍLIO FILHO, A. B.; OLIVEIRA, P. R. Crescimento e acúmulo de nutrientes em couve-flor 'Verona'. **Bioscience journal**, v. 25, n. 4, p. 1-10, 2009.

TRANI, P. E. et al. Hortaliças. In: RAIJ, B. van. et al. (Ed). **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 1996. p. 175. (Boletim técnico, 100).

ZAGHDOUD, C.; AICARAZ, L. C.; MOTA, C. C.; MARTÍNEZ, B. M. C.; MORENO, D. A.; FERCHICHI, A.; CARVAJAL, M. Differential Responses of Two Broccoli (*Brassica oleracea* L. var *Italica*) Cultivars to Salinity and Nutritional Quality Improvement. **The Scientific World Journal**, v. 2012, n. 1, p. 1-12, 2012.

CAPÍTULO IV

TROCAS GASOSAS EM CULTIVARES DE COUVE-FLOR EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS

TROCAS GASOSAS EM CULTIVARES DE COUVE-FLOR EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS

RESUMO: O excesso de sais na solução nutritiva pode causar estresse osmótico reduzindo a disponibilidade de água e, conseqüentemente, afetando as trocas gasosas das plantas. Diante disso, foram conduzidos dois experimentos em ambiente protegido no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, objetivando-se avaliar os efeitos da salinidade sobre as trocas gasosas em cultivares de couve-flor em sistema hidropônico NFT. No primeiro experimento cv. Piracicaba Precoce utilizando águas salobras no preparo da solução nutritiva (0,2; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m⁻¹), e duas vazões de aplicação desta solução (1,5 e 2,5 L min⁻¹), sendo essas águas obtidas pela adição de NaCl a água de abastecimento local (0,2 dS m⁻¹), e a reposição da lâmina evapotranspirada realizada usando a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva. No segundo experimento foram simuladas as características químicas das águas salobras coletadas na região semiárida de Pernambuco (0,2; 1,67; 3,30; 4,71; 5,88; 13,84 dS m⁻¹) mais um tratamento utilizando água de abastecimento local (0,2 dS m⁻¹) com os mesmos manejos de reposição da ETc e vazões descritas no primeiro experimento utilizando a cv. “Sarah 1169”. O delineamento experimental utilizado em ambos experimentos foi o inteiramente casualizado em um esquema fatorial 6 x 2 com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Os efeitos da salinidade foram mais acentuados aos 49 DAT. A salinidade aumentou a temperatura da folha e as eficiências instantânea e intrínseca do uso da água nas plantas cultivadas com NaCl aos 49 DAT. A utilização da água cloretada magnesiana (CM_{S2}) foi a mais restritiva para as eficiências instantânea e intrínseca do uso da água na vazão de 2,5 Lmin⁻¹. À exceção da água de CE de 13,84 dS m⁻¹ água cloretada magnesiana (CM_{S2}), é possível utilizar as águas dos demais poços para a produção da couve-flor, porém a utilização da vazão de 2,5 L min⁻¹ proporciona maior redução na atividade fotossintética.

Palavras-chave: *Brassica oleracea botrytis* L. salinidade. fotossíntese.

GAS EXCHANGES IN CAULIFLOWER CULTIVARS IN NFT HYDROPONIC SYSTEM WITH BRACKISH WATER

ABSTRACT: Excess salts in the nutrient solution can cause osmotic stress by reducing the availability of water and consequently affecting plant gas exchange. Therefore, two

experiments were conducted in a protected environment in the Department of Agricultural Engineering of the Federal Rural University of Pernambuco, aiming to evaluate the effects of salinity on gas exchange in cauliflower cultivars in NFT hydroponic system. In the first experiment cv. Piracicaba precoce using brackish water in the preparation of nutrient solution (0.2, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 and 5.5 dS m⁻¹), and two flow rates of this solution (1.5 and 2.5 L min⁻¹), these waters being obtained by the addition of NaCl to the local water supply (0.2 dS m⁻¹), and the replacement of the evapotranspiration blade performed using the respective brackish water used in the nutritious solution. In the second experiment, the chemical characteristics of brackish water collected in the semiarid region of Pernambuco (0.2, 1.67, 3.30, 4.71, 5.88, 13.84 dS m⁻¹) were simulated plus a treatment using (0.2 dS m⁻¹) with the same ETc replenishment maneuvers and flow rates described in the first experiment using cv. "Sarah 1169". The experimental design used in both experiments was the completely randomized in a 6 x 2 factorial scheme with four replications, totalizing 48 experimental plots. The effects of salinity were more pronounced at 49 DAT. Salinity increased leaf temperature and the instantaneous and intrinsic water use efficiencies in plants cultivated with NaCl at 49 DAT. The use of magnesium chlorinated water (CM_{S2}) was the most restrictive for the instantaneous and intrinsic water use efficiencies at the flow rate of 2.5 Lmin⁻¹. With the exception of EC water of 13.84 dS m⁻¹ magnesium chlorinated water (CM_{S2}), it is possible to use the water from the other wells for cauliflower production, but the use of the 2.5 L min⁻¹ provides greater reduction in photosynthetic activity.

Key words: *Brassica olerácea botrytis* L. salinity. photosynthesis.

INTRODUÇÃO

No semiárido as águas salobras encontram-se armazenadas em fraturas do embasamento cristalino apresentando altos teores de sais, o que por sua vez, dificulta seu aproveitamento para o consumo humano. Essas águas possuem grande importância para o abastecimento (LORDELO; PORSANI; BORJA, 2018). A qualidade das águas usadas na irrigação pode variar consideravelmente, conforme o tipo e a quantidade de sais dissolvidos e fonte hídrica (ALBUQUERQUE JÚNIOR et al., 2016).

Segundo Prazeres et al. (2015) a salinidade, por sua vez, provoca redução da produtividade e das trocas gasosas foliares para a maioria das culturas, pois, a redução da capacidade fotossintética resulta na redução do crescimento vegetal (CASSIMIRO; SOUZA;

MORAES, 2015). Assim, estudos sobre as respostas fisiológicas de plantas sob condições de estresse salino podem gerar informações úteis, pois, avaliações fisiológicas, como trocas gasosas, podem ser realizadas de forma direta e não destrutiva (LIMA et al., 2017).

No contexto do aproveitamento agrícola de águas salobras a utilização da hidroponia reduz os efeitos deletérios da salinidade sobre as plantas, em função da redução do potencial matricial pela ausência do solo, o que torna por sua vez o potencial total fundamentalmente função do potencial osmótico, verificando-se no mesmo nível de salinidade desempenho das plantas superior em hidroponia quando comparado ao cultivo em solo (SANTOS JÚNIOR et al., 2016). Há na literatura estudos que comprovam que a possibilidade do uso de águas salobras está relacionada à tolerância das culturas ao estresse salino, tais como os estudos de (LOPES et al., 2014; GIUFFRIDA et al., 2016).

Neste sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva e na reposição da lâmina evapotranspirada bem como vazões de aplicação de solução nutritiva nas trocas gasosas da couve-flor cultivares Piracicaba Precoce (Experimento I) e Sarah 1169 (Experimento II).

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em ambiente protegido, tipo casa de vegetação, com as seguintes dimensões: 7,0 m de largura, 24,0 m de comprimento, 3,0 m de pé direito e 4,5 m na parte mais alta da estufa, cuja estrutura está situada sob as coordenadas geográficas 8° 01' 05" de latitude Sul e 34° 5' 48" de longitude Oeste, com altitude média de 6,5 m.

A temperatura e umidade relativa foram estimada com o psicrômetro, e registraram temperatura máxima de 35° C e mínima de 23° C e umidade relativa do ar máxima de 98% e mínima de 65%. Os dados de temperatura da solução nutritiva foram obtidos por meio da utilização de um sensor termopar tipo "T", instalado dentro de um reservatório de solução nutritiva que registrou valor de temperatura máxima de 34,3° C e de temperatura mínima de 22,4 °C.

A cultura utilizada foi a couve-flor cv. "Piracicaba Precoce" e a cv. "Sarah 1169". As mudas de couve-flor foram adquiridas de viveirista especializado 20 dias após a semeadura, tendo essas sido produzidas em bandeja de 200 células preenchida com fibra de coco. As mudas foram mantidas em bandeja até 30 dias após a semeadura, nesse período as mesmas foram irrigadas com solução nutritiva indicada por Furlani et al. (1999) com 50% de diluição.

Aos 30 dias após a semeadura (DAS), realizou-se o transplante para as unidades experimentais e iniciou-se a aplicação dos tratamentos.

O sistema hidropônico adotado foi o *Nutrient Film Technique* – NFT, cujo princípio baseia-se no fluxo laminar de nutrientes. A estrutura do sistema consistiu em perfis trapezoidais independentes, com três metros de comprimento e seção de 150 mm os quais foram instalados adotando-se espaçamento de 0,50 m entre as plantas e 0,60 m entre perfis, a uma altura máxima em relação ao plano de referência inferior de 1,10 m com inclinação de 3,33%. Cada parcela ainda dispôs de uma eletrobomba de circulação de 220 V, com potência de 32 W, um reservatório para solução nutritiva com 50 L e um reservatório de abastecimento automático com volume de 15 L para reposição da água evapotranspirada. (SOARES et al., 2009).

No primeiro experimento de caráter quantitativo com a cv. “Piracicaba Precoce” o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (6 x 2), sendo seis níveis de salinidade de água salobra ($T_1 = 0,2$; $T_2 = 1,5$; $T_3 = 2,5$; $T_4 = 3,5$, $T_5 = 4,5$ e $T_6 = 5,5$ dS m⁻¹) e duas vazões de aplicação de solução nutritiva (1,5 e 2,5 L min⁻¹), com 4 repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. As águas salobras foram obtidas por meio da aplicação de NaCl (RICHARDS, 1954) à água de abastecimento público da UFRPE (CEa = 0,2 dS m⁻¹), sendo estas utilizadas para o preparo da solução nutritiva e para a reposição da lâmina evapotranspirada nos respectivos tratamentos.

No segundo experimento foram simuladas as características químicas das águas salobras coletadas na região semiárida de Pernambuco (0,2; 1,67; 3,30; 4,71; 5,88; 13,84 dS m⁻¹), mais um tratamento utilizando apenas a água de abastecimento local (0,2 dS m⁻¹) com as mesmas vazões e manejo da lâmina evapotranspirada utilizada no primeiro experimento. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em um esquema fatorial 6 x 2 com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. O pH da solução nutritiva foi ajustado mediante adição de KOH ou HNO₃, visando mantê-lo na faixa de 5,0 a 6,5.

Cada tipo de água foi preparada em caixa d'água com capacidade para 500 L, medindo-se a (CEa) e o pH, sendo em seguida acrescentado os macro e micronutrientes para a produção da solução nutritiva. Para adição dos micronutrientes foi preparado uma solução estoque em 1 L com concentração 1000 vezes, com exceção do ferro, no qual, preparou-se uma solução estoque individual para o mesmo, e na mesma proporção que os demais micronutrientes. Após a homogeneização realizou-se leituras de pH e de condutividade

elétrica da solução (CEsol). A composição química das águas dos poços utilizadas no preparo das soluções nutritivas encontra-se descrita na (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química das águas utilizadas

Poços	CE	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²
	(dS m ⁻¹)		mg L ⁻¹							
P1	1,67	7,23	90,09	71,66	2,73	176,86	349,70	52,85	361,24	133,40
P2	3,30	6,72	207,48	147,89	37,07	295,27	1105,55	36,79	500,94	65,00
P3	4,71	7,08	436,80	185,86	18,00	476,24	1927,20	118,86	689,70	47,40
P4	5,88	7,39	300,30	202,95	10,54	665,44	2230,53	0,00	419,82	0,00
P5	13,84	7,67	60,06	1146,69	10,54	1283,89	4893,56	82,07	755,04	137,69

P1 T2 – água sulfatada cálcica (SC); P2 T3– água cloretada magnesiana (CM_{S1}); P3 T4 – água cloretada cálcica (CC); P4 T5 – água cloretada sódica (CS); P5 T6 – água cloretada magnesiana (CM_{S2}).

Os fertilizantes utilizados no preparo da solução nutritiva em ambos os experimentos conforme Furlani (1998) foram 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%.

A irrigação do experimento foi controlada por um temporizador mecânico (Timer) programado para realizar eventos de irrigação a cada 15 minutos das 7:00 h até 18:00 h, a partir desse horário, o sistema de irrigação passou a ser acionado a cada hora, permanecendo apenas 15 minutos funcionando, por se tratar de período noturno, onde a evapotranspiração é mínima.

Quanto as variáveis analisadas: foram realizadas leituras de pH e CEsol em dias alternados durante todo o ciclo de cultivo em ambos experimentos (49 DAT para a cv. “Piracicaba Precoce” e 60 DAT para a cv. “Sarah 1169”).

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas por meio da utilização do Analisador Portátil de Gás Infravermelho (Infra-red Gas Analyzer – IRGA) modelo Li 6400 XT (LICOR), sob radiação fotossinteticamente ativa mantida em 2500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, sempre na terceira folha (folha três), a contar do ápice para a base (SILVA et al., 2015). Foram realizadas duas avaliações durante o ciclo da cultura no horário compreendido entre 10:00 e 12:00h, aos 29 e aos 49 DAT, respectivamente. Foram avaliadas a temperatura foliar (*Tleaf*), °C, concentração interna de CO₂ (*Ci*), $\mu\text{mol mol}^{-1}$, condutância estomática (*gs*), $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, transpiração (*E*), $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de H₂O, fotossíntese líquida (*A*), $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$, eficiência instantânea de uso da água (*A/E*), $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$ e eficiência intrínseca do uso da água, $(A/g_s)[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando constatados efeitos significativos à análise de regressão aplicada ao fator quantitativo (níveis de salinidade da água – Experimento I) e ao Teste de comparação de médias por meio do Teste de Tukey a 5% de probabilidade aos fatores qualitativos (vazões de aplicação de solução nutritiva). Os modelos foram selecionados com base na significância do modelo de regressão, no maior valor do coeficiente de determinação, significância dos parâmetros e explicação biológica.

Quando constatado efeito significativo da interação entre as salinidades das águas utilizadas no preparo da solução nutritiva versus as vazões de aplicação desta solução nutritiva, realizou-se o desdobramento dos níveis de salinidades dentro de cada vazão de aplicação da solução e das vazões de aplicação dentro de cada nível de salinidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto a condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sol}) no primeiro experimento verificou-se variação positiva de até 31,8% e uma oscilação negativa de 17,2% na vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$, por outro lado, verificou-se uma variação positiva de até 48,8% e uma oscilação negativa de 21,1% com a vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ durante todo o ciclo de cultivo (49 DAT). No segundo experimento verificou-se uma variação positiva de até 85,7% e uma oscilação negativa de 11,4% na vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$, por outro lado, verificou-se uma variação positiva de até 163,3% e uma oscilação negativa de 6,0% com a vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ durante todo ciclo de cultivo (60 DAT). Estes valores corroboram com os resultados propostos por Soares et al. (2010) que, avaliando a produção hidropônica de alface crespa cv. Verônica em sistema hidropônico NFT, também observaram aumento da CE da solução nutritiva quando utilizaram águas salobras para reposição da evapotranspiração.

Quanto ao pH, verificou-se de maneira geral para ambos os experimentos e vazões de aplicação de solução nutritiva de ($1,5 \text{ L}$ e $2,5 \text{ L min}^{-1}$), uma oscilação na faixa de 5,5 a 6,5, ou seja, dentro do intervalo no qual o pH não influencia de forma negativa as culturas. Furlani et al. (1999) enfatizam que as variações de pH na faixa de 4,5 a 7,5 não afetam o desenvolvimento das plantas em sistemas hidropônicos.

Verifica-se por meio da Tabela 2 que houve interação entre os fatores CEa x Vazão sobre a fotossíntese líquida, concentração interna de CO_2 , condutância estomática e transpiração em ambas as datas de avaliação e, apenas aos 49 DAT para a eficiência intrínseca do uso da água. A temperatura da folha foi influenciada apenas pelas condutividades elétricas

da água utilizada para o preparo da solução nutritiva em ambas as datas já a eficiência instantânea do uso da água foi influenciada aos 29 DAT pela CEa e aos 49 DAT pela CEa e pela Vazão de aplicação de solução nutritiva, tendo estes fatores influenciado essas variáveis de maneira isolada.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os parâmetros de trocas gasosas e eficiências instantânea e intrínseca do uso da água na cultura de couve-flor cultivada com águas salobras em sistema hidropônico NFT nas vazões de 1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹, respectivamente, e analisadas aos 29 e 49 DAT.

Experimento I aos 29 DAT								
Quadrado médio								
F.V	GL	A	Ci	gs	E	Tleaf	A/E	A/gs
CEa	5	166,125**	94,627**	476,400**	142,484**	5,044**	3,414*	2,625ns
Vazão	1	59,405**	144,387**	162,000**	144,500**	2,868ns	0,255ns	1,268ns
CEa x Vazão	5	4,325*	7,387**	13,200**	9,236**	0,552ns	0,054ns	0,351ns
Resíduo	36	0,666667	150,0000	0,000267	0,166667	0,422852	0,041213	22,012500
CV (%)		10,30	5,08	6,53	7,15	1,98	14,70	15,47
Experimento I aos 49 DAT								
Quadrado médio								
F.V	GL	A	Ci	gs	E	Tleaf	A/E	A/gs
CEa	5	944,414**	44,814**	144,650**	117,279**	5,044**	16,890**	57,243**
Vazão	1	287,075**	49,757**	87,061**	189,840**	2,868ns	118,990**	211,527**
CEa x Vazão	5	52,794**	10,211**	10,426**	3,546*	0,552ns	1,099ns	57,871**
Resíduo	36	0,127467	169,529398	0,001222	0,237892	0,422852	0,010489	3,647781
CV (%)		3,16	4,67	10,36	7,24	1,86	5,81	5,22

** e * = significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente. A - Fotossíntese, Ci – Concentração interna de CO₂, gs Condutância estomática, E – Transpiração, Tleaf – Temperatura da folha, A/E – Eficiência instantânea do uso da água, A/gs Eficiência intrínseca do uso da água, ns – não significativo.

A salinidade da água e as vazões de aplicação afetaram significativamente a fotossíntese e a concentração interna de CO₂ (Ci) (Figura 1), tendo-se constatado na vazão de 1,5 L min⁻¹ redução linear com taxa de 11,8 e 9,32% por dS m⁻¹ aos 29 e 49 DAT para a fotossíntese e redução linear por acréscimo unitário de CE de 5,14 e 2,6% no mesmo período de avaliação para a concentração interna de CO₂, respectivamente (Figuras 1A e 1B). Por outro lado, a utilização da vazão de 2,5 L min⁻¹ reduziu linearmente a fotossíntese e a concentração interna de CO₂, com decréscimo de 16,1 e 13,6% aos 29 e 49 DAT para fotossíntese e redução de 9,0 e 6,7% por dS m⁻¹ para a concentração interna de CO₂ para o mesmo período de avaliação.

Aos 29 DAT estimam-se valores da ordem de $4,72 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para (A) e $221,8 \mu\text{mol mol}^{-1}$ para (Ci) na maior salinidade ($5,5 \text{ dS m}^{-1}$) utilizando a vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$, resultados estes 67,7 e 32% maiores que os observados quando se utilizou a vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ que apresentaram valores estimados da ordem de $1,52 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $150,8 \mu\text{mol mol}^{-1}$ de acordo com o modelo linear para (A) e (Ci), respectivamente (Figuras 1A e 1B).

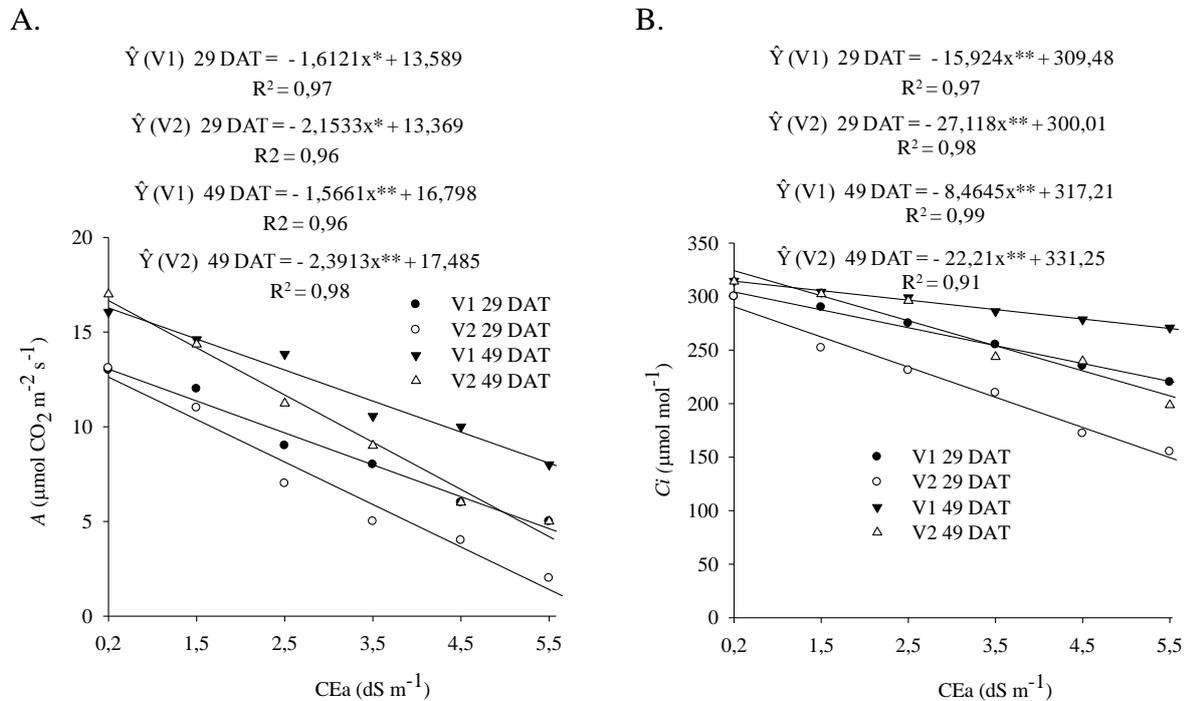


Figura 1. Fotossíntese (A) em (A) e concentração interna de CO_2 (Ci) em (B) em folhas de couve-flor hidropônica aos 29 e 49 DAT nas vazões de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ (V1) e $2,5 \text{ L min}^{-1}$ (V2).

Contudo, aos 49 DAT estimam-se valores da ordem de $8,18 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para (A) e $270,6 \mu\text{mol mol}^{-1}$ para (Ci) na maior salinidade ($5,5 \text{ dS m}^{-1}$) utilizando a vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$, resultados estes 47,0 e 22,7% maiores que os observados quando se utilizou a vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ que apresentaram valores estimados da ordem de $4,33 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $209,0 \mu\text{mol mol}^{-1}$ para os mesmos parâmetros avaliados.

As maiores taxas fotossintéticas ocorreram na vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ pela maior absorção de água e nutrientes, o que possivelmente favoreceu a abertura estomática e a absorção de CO_2 pelas plantas aumentando a assimilação do carbono, com efeito positivo nas taxas fotossintéticas. Os menores valores de (A) e (Ci) na vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ é resposta do acúmulo de sais provenientes do incremento dos níveis de salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada, o que proporcionou o aumento na concentração dos sais na solução nutritiva e isto, possivelmente, influenciou a

absorção de água e nutrientes, o que se traduz em uma maior redução da (*A*) e (*C_i*) aos 49 DAT nesta vazão.

Verifica-se por meio da Figura 2 que o aumento da salinidade nas duas vazões reduziram a (*g_s*) e (*E*) aos 29 e 49 DAT, respectivamente.

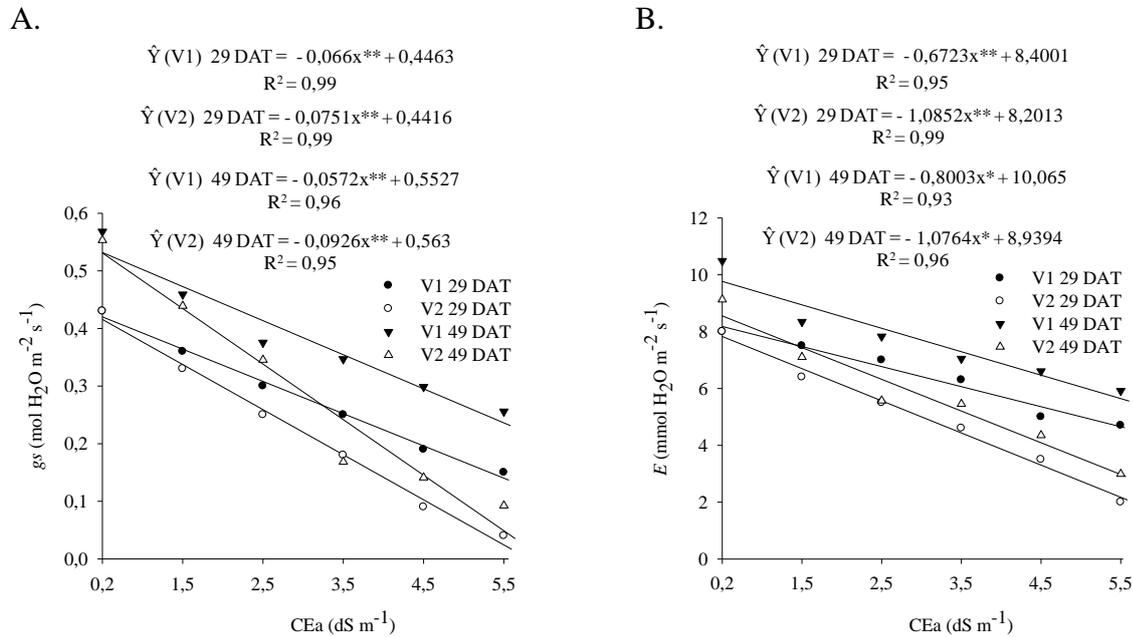


Figura 2. Condutância estomática (*g_s*) em (A) e Transpiração (*E*) em (B) em folhas de couve-flor hidropônica aos 29 e 49 DAT nas vazões de 1,5 L min⁻¹ (V1) e 2,5 L min⁻¹ (V2).

Na vazão de 1,5 L min⁻¹ ocorreu redução linear por incremento unitário de CEa de 14,7 e 10,3% aos 29 e 49 DAT para a (*g_s*) e redução linear por acréscimo unitário de CE de 8,0 e 7,95% nos mesmos períodos de avaliação para a (*E*), respectivamente (Figuras 2A e 2B). Por outro lado, a utilização da vazão de 2,5 L min⁻¹ proporcionou redução linear por incremento unitário da CE de 17,0 e 16,4% aos 29 e 49 DAT para a (*g_s*) e redução de 13,2 e 12,0% por incremento unitário da CEa para a (*E*) para os mesmos períodos de avaliação.

O efeito da vazão também foi variável de acordo com a salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva. Quando se utilizou água de baixa salinidade (0,2 dS m⁻¹), a maior (*E*) ocorreu na vazão de 1,5 L min⁻¹ que foi de 9,9 mmol H₂O m⁻² S⁻¹ aos 49 DAT, valor este 11,9 % maior que observado quando se utilizou a vazão de 2,5 L min⁻¹ que apresentou valor estimado da ordem de 8,72 mmol H₂O m⁻² S⁻¹. Contudo, estima-se valor da ordem de 0,54 mol H₂O m⁻² S⁻¹ para a (*g_s*) no tratamento controle nas duas vazões estudadas.

Os resultados alcançados nesta pesquisa estão de acordo com aqueles encontrados por Giuffrida et al. (2016) que avaliando as trocas gasosas em couve flor encontraram valores da

ordem de $23,1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $1,16 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, e $7,43 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ aos 62 DAT para a fotossíntese, condutância estomática e transpiração, respectivamente. Da mesma forma, Bosco et al. (2009) verificaram na cultura da berinjela diminuição da concentração interna de CO_2 com o aumento da salinidade aos 70 DAT.

A elevação da quantidade de calor nas folhas (*Tleaf*) registradas aos 49 DAT (Figura 3A) ocorreu devido ao aumento da salinidade da água ao longo do tempo, possivelmente, podem ter sido ocasionado maiores danos ao aparato fotossintético proporcionando desestruturação e desnaturação enzimática envolvidas no processo de assimilação de CO_2 , o que pode ser constatado na redução da (*A*), (*Ci*), (*gs*) e (*E*) (Figuras 1A, 1B, 2A e 2B). O aumento da temperatura da folha deveu-se a redução da transpiração da cultura em detrimento do aumento da salinidade da solução. Resultados semelhantes foram descritos por Silva et al. (2015) que avaliaram as trocas gasosas e concluíram que o déficit hídrico aumenta a temperatura na folha.

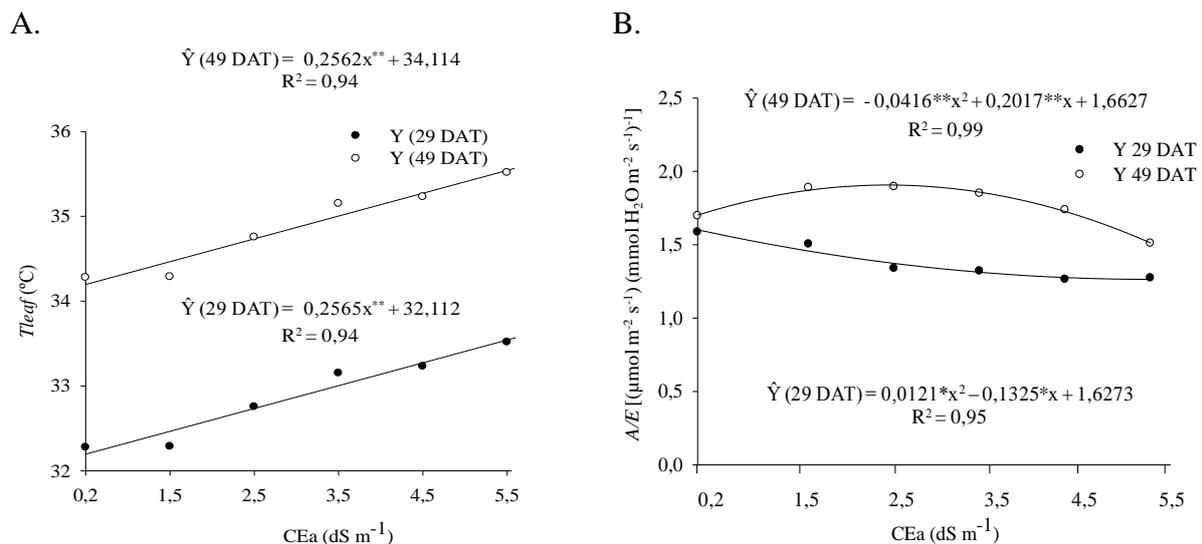


Figura 3. Temperatura da folha (*Tleaf*) em (A) e Eficiência instantânea do uso da água (*A/E*) em (B) em plantas de couve-flor hidropônica aos 29 e 49 DAT, respectivamente.

Para o maior nível de salinidade, estimam-se valores de temperatura da folha (*Tleaf*) da ordem de $33,5$ e $35,5$ °C aos 29 e 49 DAT, respectivamente. Os resultados obtidos a partir da análise da temperatura das folhas nesta pesquisa estão de acordo com os encontrados por Viana et al. (2004) que, verificaram aumento da temperatura da folha com o aumento da salinidade, porém trabalhando com CE de $3,1 \text{ dS m}^{-1}$.

Para, a (*A/E*) aos 29 DAT sofreu apenas o efeito isolado da salinidade e aos 49 DAT este parâmetro sofreu os efeitos da salinidade e das vazões de aplicação de solução nutritiva.

Em ambos os casos os valores para a (A/E) ajustaram-se ao modelo quadrático estimam-se nas salinidades de 5,47 e 2,42 dS m⁻¹ valores da ordem de 1,26 e 1,90 [($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)(mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] aos 29 e 49 DAT, respectivamente. A maior (A/E) foi de 1,92 [($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] obtida na vazão de 2,5 L min⁻¹ aos 49 DAT (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios da Eficiência instantânea do uso da água em [($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] aos 49 DAT em couve-flor sob hidroponia, em função das vazões de aplicação da solução nutritiva.

Eficiência instantânea do uso da água (A/E)	
1,5 L min ⁻¹	2,5 L min ⁻¹
1,60	1,92

Esses resultados evidenciam que as plantas quando submetidas aos maiores níveis de salinidade tiveram sua transpiração reduzida em detrimento do fechamento dos estômatos, o que se refletiu em maiores valores de temperatura foliar e, conseqüentemente, em maiores eficiência instantânea do uso da água. De acordo com Chaves et al. (2016) quando o estresse hídrico e o calor coexistem o fechamento do estômato e a diminuição da transpiração, associada à alta eficiência do uso da água, pode levar a um aumento na temperatura da folha se esta situação representar longos períodos pode ocorrer embolia do xilema, levando a desfolha e morte da planta.

Verifica-se incremento da (A/g_s) de 17,7% por dS m⁻¹ na utilização da vazão de 2,5 L min⁻¹. Por outro lado, para o mesmo parâmetro avaliado na vazão de 1,5 L min⁻¹ verifica-se de acordo com o modelo quadrático valor estimado da ordem de 35,5 [($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] na salinidade de 3,05 dS m⁻¹ aos 49 DAT (Figura 4).

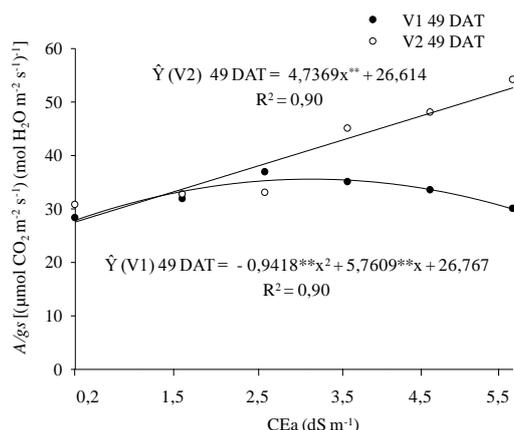


Figura 4. Eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) plantas de couve-flor hidropônica aos 29 e 49 DAT nas vazões de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ (V1) e $2,5 \text{ L min}^{-1}$ (V2).

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com aqueles encontrados por Oliveira et al. (2017) que ao trabalharem com salinidades de até $12,5 \text{ dS m}^{-1}$ observaram aumento na eficiência instantânea e intrínseca do uso da água com o aumento da salinidade da água. Contudo, o reflexo da diminuição da transpiração e da condutância estomática pode ser observado na eficiência instantânea e intrínseca do uso da água. Houve um aumento significativo na (A/E) e (A/g_s) (Figuras 3B) e (Figura 4), respectivamente. Ashraf (2001), investigando várias espécies de Brássicas, encontrou aumento da eficiência instantânea e intrínseca do uso da água nas espécies mais tolerantes à salinidade.

De acordo com a análise de variância para o experimento II cv. “Sarah 1169” observa-se que houve efeito significativo ($p < 0,01$) dos fatores isolados e da interação para a fotossíntese (A), concentração interna de CO_2 (C_i), condutância estomática (g_s), transpiração (E), aos 29 e 49 DAT, contudo, para a temperatura da folha (T_{leaf}), eficiência instantânea (A/E) e intrínseca (A/g_s) do uso da água houve apenas o efeito dos fatores isolados aos 29 DAT, e aos 49 DAT observa-se o efeito isolado apenas a (T_{leaf}) e (A/g_s) em função das águas salobras simuladas utilizadas no preparo da solução nutritiva e na reposição da lâmina evapotranspirada e vazões de aplicação desta solução (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os parâmetros de trocas gasosas e eficiências instantânea e intrínseca do uso da água analisados em experimento com couve-flor aos 29 e 49 DAT cultivada com águas salobras simuladas de poços da região semiárida de Pernambuco em sistema hidropônico NFT nas vazões de 1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹, respectivamente.

Experimento II aos 29 DAT								
Quadrado médio								
F.V	GL	A	Ci	Gs	E	Tleaf	A/E	A/gs
CEa	5	172,969**	93,913**	328,939**	133,993**	6,456**	10,754**	7,569**
Vazão	1	67,626**	146,337**	109,701**	144,664**	2,732ns	0,503ns	5,810*
CEa x vazão	5	4,740**	7,456**	10,836**	8,735**	0,744ns	0,369ns	0,927ns
Resíduo	36	0,640018	150,361875	0,000372	0,173403	0,512778	0,033542	7,100903
CV (%)		8,09	4,68	4,19	5,32	2,05	14,82	12,72
Experimento II aos 49 DAT								
Quadrado médio								
F.V	GL	A	Ci	Gs	E	Tleaf	A/E	A/gs
CEa	5	1012,710**	47,777**	136,546**	113,047**	5,674**	20,197**	8,123**
Vazão	1	318,058**	53,563**	60,371**	170,079**	2,967ns	13,169**	0,396ns
CEa x Vazão	5	57,748**	10,948**	11,865**	3,766**	0,528ns	3,491*	6,945**
Resíduo	36	0,120831	162,920000	0,001285	0,239306	0,896458	0,010694	3,203056
CV (%)		2,62	4,27	6,50	5,61	2,58	6,84	7,44

** e * = significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente. A - Fotossíntese, Ci - Concentração interna de CO₂, gs - Condutância estomática, E - Transpiração, Tleaf - Temperatura da folha, A/E - Eficiência instantânea do uso da água, A/gs - Eficiência intrínseca do uso da água, ns - não significativo.

Verifica-se que houve um aumento da temperatura da folha (*Tleaf*) aos 29 e 49 DAT com a utilização das águas salobras simuladas da região semiárida de Pernambuco (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios da Temperatura da folha (*Tleaf*) °C, Eficiência instantânea (*A/E*) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e eficiência intrínseca (*A/gs*) [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] do uso da água em couve-flor sob hidroponia, em função da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva aos 29 e 49 DAT, respectivamente.

Experimento II aos 29 DAT						
Variáveis	Poços					
	AA	1	2	3	4	5
(<i>Tleaf</i>)	34,1 C	34,4 BC	34,7 ABC	35,3 AB	35,4 AB	35,7 A
(<i>A/E</i>)	1,49 A	1,50 A	1,18 B	1,12 B	1,10 B	1,01 B
(<i>A/gs</i>)	23,5 AB	24,6 A	19,9 BC	20,0 BC	19,7 BC	17,8 D
Experimento II aos 49 DAT						
Variáveis	Poços					
	AA	1	2	3	4	5
(<i>Tleaf</i>)	35,4 B	36,3 AB	36,9 A	36,9 A	37,2 A	37,6 A

Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Não houve diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% para a Temperatura da folha (*Tleaf*) ao utilizar as águas provenientes dos poços P2 T3 e P3 T4 água cloretada magnesiana (CM_{S1}) e água cloretada cálcica (CC) aos 29 DAT. Por outro lado, verifica-se que houve diferença estatística para o mesmo parâmetro quando comparamos a utilização da água de baixa salinidade (0,2 dS m⁻¹) com a água sulfatada cálcica (SC) T2 e a água cloretada magnesiana (CM_{S2}) T6 no mesmo período de avaliação (Tabela 5).

A utilização das águas provenientes do P5 T6 - água cloretada magnesiana (CM_{S2}) para o preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada proporcionou um aumento de 4,7% na temperatura foliar (*Tleaf*) em relação à utilização da água de baixa salinidade 0,2 dS m⁻¹ aos 29 DAT, contudo verifica-se que a utilização das águas provenientes do P1 T2 - água sulfatada cálcica (SC) foram as que proporcionaram temperatura foliar que mais se aproximaram das obtidas com água de baixa salinidade (0,2 dS m⁻¹). Por outro lado verifica-se um aumento de 6,2% na temperatura da folha (*Tleaf*) em relação à utilização da água de baixa salinidade 0,2 dS m⁻¹ aos 49 DAT.

A maior (*A/E*) 1,50 [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] foi verificada com a utilização de água sulfatada cálcica (SC) provenientes do Poço P1 T2, que por sua vez, não diferiu estatisticamente da (*A/E*) obtida com água de CE (0,2 dS m⁻¹) aos 29 DAT. Por outro lado, a utilização das demais águas salobras não diferiu estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade aos 29 DAT (Tabela 5).

Não houve diferença estatística para a (*A/g_s*) ao utilizar águas dos Poços P2, P3 e P4 água cloretada magnesiana (CM_{S1}), água cloretada cálcica (CC) e água cloretada sódica (CS), aos 29 DAT, respectivamente. A maior (*A/g_s*) de 24,6 [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] foi obtida com a utilização das águas provenientes do P1 T2 - água sulfatada cálcica (SC) valor este que mais se aproximou do resultado obtido com água de baixa salinidade 0,2 dS m⁻¹

A maior (*A/g_s*) foi de 21,9 [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] obtida na vazão de 1,5 L min⁻¹ aos 29 DAT (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios da Eficiência intrínseca do uso da água [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] aos 29 DAT em couve-flor sob hidroponia, em função das vazões de aplicação da solução nutritiva.

Eficiência intrínseca do uso da água (<i>A/g_s</i>)	
1,5 L min ⁻¹	2,5 L min ⁻¹
21,9 a	20,0 b

O desdobramento das interações das águas de poços dentro das vazões de aplicação de solução nutritiva e, das vazões dentro dos poços encontra-se representado na Tabela 5.

Tabela 7. Desdobramento das interações CEa x Vazão para as trocas gasosas na couve-flor em função da utilização de águas salobras simuladas de poços da região semiárida de Pernambuco em sistema hidropônico NFT nas vazões de 1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹, respectivamente.

		Experimento II aos 29 DAT					
Variáveis	Vazões (L min ⁻¹)	Poços					
		AA	1	2	3	4	5
(A)	1,5	15,0 Ab	14,0 Ab	11,0 Ba	10,0 Ba	8,0 Ca	7,0 Ca
	2,5	15,1 Ab	13,0 Bb	8,50 Cb	7,0 CDb	6,0 Db	4,0 Eb
(Ci)	1,5	320,0 Ab	311,0 Aa	296,2 ABa	276,2 BCa	256,5 CDa	240,2 Da
	2,5	320,07 Ab	272,7 Bb	251,7 BCb	230,7 Cb	193,2 Db	174,7 Db
(gs)	1,5	0,63 Ab	0,56 Bb	0,51 Ca	0,45 Da	0,40 Ea	0,36 Fa
	2,5	0,64 Ab	0,54 Bb	0,46 Cb	0,39 Db	0,30 Eb	0,25 Fb
(E)	1,5	10,1 Ab	9,6 ABa	9,0 BCa	8,4 Ca	7,2 Da	6,8 Da
	2,5	10,1 Ab	8,5 Bb	7,5 Cb	6,7 Cb	5,5 Db	4,1 Eb
		Experimento II aos 49 DAT					
Variáveis	Vazões (L min ⁻¹)	Poços					
		AA	1	2	3	4	5
(A)	1,5	18,0 Ab	16,6 Bb	15,8 Ca	12,5 Da	12,0 Da	10,0 Ea
	2,5	19 Aa	16,3 Bb	13,2 Cb	11,0 Db	8,0 Eb	6,7 Fb
(Ci)	1,5	334,9 Ab	325,0 ABb	319,8 ABb	306,7 BCa	298,0 BCa	291,2 Da
	2,5	334,5 Ab	322,7 Ab	316,7 Ab	264,0 Bb	258,0 Bb	217,9 Cb
(gs)	1,5	0,77 Ab	0,65 Bb	0,58 BCb	0,56 Ca	0,51 CDa	0,46 Da
	2,5	0,79 Ab	0,65 Bb	0,55 Cb	0,38 Db	0,35 Db	0,33 Db
(E)	1,5	12,3Aa	10,2 Ba	9,8 BCa	9,0 CDa	8,4 DEa	7,9 Ea
	2,5	11,1 Ab	9,1 Bb	7,6 Cb	7,4 CDb	6,4 Db	5,0 Eb
(A/E)	1,5	1,47 Ab	1,62 Ab	1,61 Ab	1,4 ABb	1,42 ABa	1,26 Cb
	2,5	1,72 Aa	1,79 Aa	1,73 Aa	1,5 Bb	1,2 Cb	1,3 BCb
(A/gs)	1,5	23,3 BCb	25,4 ABb	27,3 Aa	22,4 BCb	23,4 BCb	21,4 Cb
	2,5	23,9 BCb	25,0 Bb	23,8 BCb	28,9 Aa	22,5 BCb	20,8 Cb

Respectivamente, para cada variável e vazões analisadas e, para cada variável e água de poço analisadas, médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. AA – Água de abastecimento; 1 – Água sulfatada cálcica (SC); 2 – Água cloretada magnesiana (CM_{S1}); 3 – Água cloretada cálcica (CC); 4 – Água cloretada sódica (CS); 5 – Água cloretada magnesiana (CM_{S2}). A = Fotossíntese, Ci = Concentração interna de CO₂, gs = Condutância estomática, E = Transpiração, (A/E) = Eficiência instantânea do uso da água e (A/gs) = Eficiência intrínseca do uso da água.

De acordo com a análise de comparação de médias realizada para o A, Ci, gs e E constata-se que a utilização da água de abastecimento, em ambas as vazões avaliadas, proporcionou os maiores valores para essas variáveis aos 29 DAT e 49 DAT (Tabela 7). Por outro lado, nas duas vazões, o aumento da salinidade das águas reduziu a A, Ci, gs e E aos 29 DAT e 49 DAT, tendo-se a água cloretada magnesiana (CM_{S2}) provenientes do P5 T6 sido

aquelas que proporcionaram os menores valores para as trocas gasosas com maior magnitude na vazão de 2,5 L min⁻¹.

Para a eficiência instantânea do uso da água (A/E) constata-se que a utilização da água sulfatada cálcica (SC) do poço P1 T2 em ambas as vazões avaliadas, foram as que proporcionaram maiores valores para essas variáveis analisadas sendo esse efeito de maior magnitude na vazão de 2,5 L min⁻¹. Contudo, para a eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) verifica-se que a utilização das águas do P3 T4 (água cloretada cálcica) na vazão de 2,5 L min⁻¹ foram as proporcionaram maiores valores (Tabela 7).

Em relação à Tabela 5, constata-se que com o aumento da CE da água de abastecimento de 0,2 dS m⁻¹ para 1,67 dS m⁻¹ referente às águas do P1 T2 - água sulfatada cálcica (SC), registra-se, na vazão de 1,5 L min⁻¹, uma pequena queda aos 29 DAT na A , C_i , g_s e E de 6,6, 2,8, 11,1 e 4,9%, respectivamente. Aos 49 DAT a redução foi de 7,7, 2,9, 15,5 e 17,0% para os mesmos parâmetros avaliados. Por outro lado, a utilização da vazão de 2,5 L min⁻¹ reduziu a A , C_i , E e g_s em 13,9, 14,7, 15,6 e 15,8% aos 29 DAT e 14,2, 3,5, 17,7 e 18,0% aos 49 DAT, respectivamente.

O aumento da salinidade das águas utilizadas no preparo da solução nutritiva reduziram as trocas gasosas foliares (A , C_i , g_s e E), pois, a redução da capacidade fotossintética observada neste experimento resultou na redução do crescimento das plantas, principalmente na vazão de 2,5 L min⁻¹, ou seja, nesta vazão o estresse osmótico reduziu ainda mais a disponibilidade de água para as plantas, além de alterações na eficiência do uso da água, levando a inibição do crescimento o que pode ser constatado pela redução das trocas gasosas (Tabela 7).

Outro aspecto relevante é o aumento da temperatura foliar, pois, a mesma pode ser usada como um indicador relevante do grau de déficit hídrico na planta. De acordo com Silva et al. (2015) a transpiração é o principal mecanismo envolvido na regulação da temperatura foliar devido às menores aberturas estomáticas, conseqüentemente, ocorre diminuição da transpiração foliar e aumento da temperatura da folha, por conta da dissipação do calor latente. Possivelmente, para evitar a perda de água através da transpiração na vazão de 2,5 L min⁻¹ a abertura estomática foi menor o que por sua vez impediu a planta de assimilar energia através da fotossíntese.

Os resultados encontrados nesta pesquisa estão de acordo com os obtidos por Giuffrida et al. (2016) que ao avaliarem os efeitos do estresse salino sobre as trocas gasosas em couve-flor hidropônico verificaram redução da fotossíntese, contudo, a g_s foi reduzida em 50%. A E

foi aproximadamente 25% inferior nas plantas tratadas com $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ em comparação com aquelas tratadas com $2,0 \text{ dS m}^{-1}$. Já no final do experimento a C_i reduziu 22% em comparação com os outros tratamentos apenas nas plantas de couve-flor submetidas a ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$ para todo o ciclo de cultivo).

Ao comparar apenas as águas dos poços entre si, percebe-se que o P5 T6 – água cloretada magnesiana (CM_{S_2}) na vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ é aquele onde se constata a maior magnitude de redução das variáveis analisadas, o qual é também aquele que se apresenta com menor viabilidade de produção, possivelmente, em função da maior condutividade elétrica da água utilizada para o preparo da solução nutritiva ($13,84 \text{ dS m}^{-1}$) e sua composição química.

Os maiores valores relativos a A , C_i , g_s e E avaliados seja aos 29 DAT ou aos 49 DAT, nas duas vazões de aplicação de solução nutritiva, foram obtidos com a água de abastecimento (AA) (Tabela 7). Entretanto, ao comparar apenas as águas provenientes dos poços dentro de cada vazão, verifica-se que as águas provenientes do P5 T6 – água cloretada magnesiana (CM_{S_2}) foram aquelas que proporcionaram os menores valores para as estas variáveis em ambas as vazões de aplicação de solução nutritiva.

A análise de comparação de médias realizada para A , C_i , g_s e E das plantas aos 29 DAT e para a C_i , g_s e A/g_s aos 49 DAT, utilizando-se água de abastecimento para o preparo da solução nutritiva, revelou que não foram constatadas diferenças significativas entre as vazões de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ e $2,5 \text{ L min}^{-1}$ (Tabela 7).

De outra forma, ao comparar apenas as águas dos poços entre si, constata-se que para a fotossíntese (A), concentração interna de CO_2 (C_i), condutância estomática (g_s) e transpiração (E) avaliados aos 29 DAT e 49 DAT a melhor vazão de aplicação de solução nutritiva foi a de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ (Tabela 5). Na vazão de aplicação de solução nutritiva de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ utilizando-se as águas do P5 T6 – água cloretada magnesiana (CM_{S_2}), observou-se que a A , C_i , g_s e E o avaliados aos 29 DAT e 49 DAT foram afetados drasticamente, fato esse atribuído ao acúmulo de sais ao longo do tempo e, conseqüentemente, a menor absorção de nutrientes pelas plantas.

Resultados semelhantes aos encontrados nesta pesquisa foram descritos por (MUHAMMAD; REHMAN; RHA, 2014) ao avaliarem respostas do crescimento e fotossintéticas em couve-flor e outras espécies de Brássicas submetidas ao estresse salino verificaram que o aumento da salinidade diminui o crescimento em função da redução da atividade fotossintética.

CONCLUSÕES

O aumento da salinidade reduziu a atividade fotossintética na couve-flor e os efeitos foram mais acentuados aos 49 DAT utilizando a vazão de 2,5 L min⁻¹.

A melhor água para cultivo de couve-flor foi a de abastecimento e dentre as de poços, a melhor foi a de CE 1,67 dS m⁻¹ água sulfatada cálcica (SC) e a inapropriada a de CE de 13,84 dS m⁻¹ água cloretada magnesiana (CM_{S2}).

O aumento da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva aumentou a temperatura da folha e as eficiências instantânea e intrínseca do uso da água nas plantas cultivadas com NaCl aos 49 DAT. A utilização da água cloretada magnesiana (CM_{S2}) foi a mais restritiva para as eficiências instantânea e intrínseca do uso da água na vazão de 2,5 L min⁻¹.

À exceção da água de CE de 13,84 dS m⁻¹ água cloretada magnesiana (CM_{S2}), é possível utilizar as águas dos demais poços para a produção da couve-flor, porém a utilização da vazão de 2,5 L min⁻¹ proporciona maior redução na atividade fotossintética.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE JÚNIOR, J. E.; AZEVEDO, C. A. V.; AZEVEDO, M. R. Q. A.; XAVIER, J. F.; MONTEIRO FILHO, A. F. Qualidade de águas residuárias e salobra utilizadas no cultivo hidropônico de três cultivares de alface crespa. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, p. 19-24, 2016.

ASHRAF, M. Relationships between growth and gas exchange characteristics in some salt-tolerant amphidiploid Brassica species in relation to their diploid parents. **Environmental and Experimental Botany**, v. 45, n. 2, p. 155-163, 2001.

BOSCO, M. R. O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3, p. 296-302, 2009.

CASSIMIRO, J. C.; SOUZA, S. R.; MORAES, R. M. Trocas gasosas e injúrias foliares visíveis em plantas jovens de *Astronium graveolens* Jacq. fumigadas com ozônio. **Revista Hoehnea**, v. 42, n. 4, p. 687-694, 2015.

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 or being cool? **Plant Science**, v. 251, n. 10, p. 54-64, 2016.

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

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. 1.ed. Campinas: IAC, 1998. 30 p. (Boletim técnico, 168).

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, n. 5, p. 1552-1560, 2016.

LIMA, A. D.; SOUSA, C. H. C.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, M. A.; SILVA, E. N.; NEVES, A. L. R. Gas exchange of four woody species under salinity and soil waterlogging. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n. 10, p. 670-674, 2017.

LOPES, K. P.; NASCIMENTO, M. G. R.; BARBOSA, R. C. A.; COSTA, C. C. Salinidade na qualidade fisiológica em sementes de *Brássicas olerácea* L. var. itálica. **Revista Semina**, v. 35, n. 5, p. 2251-2260, 2014.

LORDELO, L. M. K.; PORSANI, J. M.; BORJA, P. C. Qualidade físico-química da água para abastecimento humano em municípios do sertão da Bahia: um estudo considerando diversas fontes de suprimento. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 97-105, 2018.

MUHAMMAD, J.; REHMAN, S.; RHA, E. S. Response of Growth, PSII Photochemistry and Chlorophyll Content to Salt Stress in Four Brassica Species. **Life Science Journal**, v. 11, n. 3, p. 139-145, 2014.

OLIVEIRA, W. J.; SOUSA, E. R.; CUNHA, J. C.; SILVA, E. F. F.; VELOSO, V. L. Leaf gas exchange in cowpea and CO₂ efflux in soil irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 32-37, 2017.

PRAZERES, S. S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAUJO, I. C.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob

irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015.

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

SANTOS JÚNIOR, J. A. GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; DIAS, N. S.; MEDEIROS, S. S. Produção e pós-colheita de flores de girassóis sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 3, p. 420-432, 2016.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. 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.

SOARES, T. M. DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. A. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.705-714, 2010.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, 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.

VIANA, S. B. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARNEIRO, P. T. Índices morfológicos e de produção de alface sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 23-30, 2004.

CONSIFERACÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alta salinidade da solução nutritiva provocada pela utilização de águas salobras afetou o crescimento, a nutrição mineral e as trocas gasosas da couve-flor cultivada em sistema hidropônico NFT, sendo seus efeitos mais acentuados quando as plantas foram submetidas à vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ com o aumento da salinidade. Alguns aspectos podem nortear pesquisas futuras como: a utilização de maior amplitude de vazões de aplicação de solução nutritiva; diferentes intervalos de eventos de irrigação; omissão de nutrientes, diferentes soluções nutritivas e épocas de experimento em função de níveis crescentes de salinidade.

Os resultados apresentados nesta Tese sobre cultivo hidropônico de couve-flor utilizando águas salobras fornecerão informações importantes a serem consideradas em outras pesquisas, e essencialmente para os produtores de couve-flor em cultivo hidropônico NFT, tendo em vista o efeito da salinidade em duas situações distintas (a partir da adição de NaCl e sais de diferentes naturezas catiônicas) em duas vazões de aplicação de solução nutritiva ($1,5 \text{ L min}^{-1}$ e $2,5 \text{ L min}^{-1}$) adotando o mesmo manejo de reposição da lâmina evapotranspirada. Sendo assim, diante dos resultados apresentados em cultivo hidropônico NFT, é preferível a utilização da vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ quando o produtor dispõe apenas de água salobra em sua propriedade, pois, percebe-se de forma geral que os parâmetros de crescimento, nutricionais e de trocas gasosas obtiveram menores reduções percentuais em função do acréscimo unitário da CE nesta vazão, o que resulta em uma maior produção de massa fresca da planta em função de uma maior absorção de nutrientes, por outro lado, mesmo com a utilização da vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$, as características visuais não foram afetadas nem prejudicaram o stand de plantas em ambiente protegido.

O manejo da solução nutritiva em função da utilização de águas salobras em cultivo hidropônico ricas em carbonato e bicarbonato exige um monitoramento e controle mais frequente devido à possibilidade de precipitação indisponibilizando os nutrientes para as plantas, o que por sua vez pode acarretar em redução de crescimento, distúrbios nutricionais e redução da atividade fotossintética.

É importante salientar que ainda existe a necessidade de aprofundar as pesquisas na parte enzimática, pigmentos fotossintéticos e de micronutrientes em maior amplitude de vazão de aplicação de solução nutritiva e intervalos de irrigação com o intuito de analisar o comportamento destes em função da salinidade crescente em cultivo hidropônico.