

**FERNANDO JOSÉ DA SILVA JUNIOR**

**ESTRATÉGIAS DE USO DE ÁGUAS SALOBRAS  
NO CULTIVO DA CEBOLINHA EM HIDROPONIA DE BAIXO CUSTO**

RECIFE-PE  
2017

**FERNANDO JOSÉ DA SILVA JUNIOR**  
Engenheiro Agrônomo

**ESTRATÉGIAS DE USO DE ÁGUAS SALOBRAS  
NO CULTIVO DA CEBOLINHA EM HIDROPONIA DE BAIXO CUSTO**

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

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

RECIFE-PE  
2017

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

S586e

Silva Junior, Fernando José da  
Estratégias de uso de águas salobras no cultivo da cebolinha  
em hidroponia de baixo custo / Fernando José da Silva Junior. –  
2017.

67 f. : il.

Orientador: José Amilton Santos Júnior.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola, Recife, BR-PE, 2017.

Inclui referências.

1. Salinidade 2. Cultivo sem solo 3. *Allium fistulosum*  
I. Santos Júnior, José Amilton, orient. II. Título

CDD 632.7

Ao Deus todo poderoso, por ter me guiado e sustentado até aqui, sempre com seu braço forte.

## **OFEREÇO**

Com imensa gratidão aos meus pais  
Gracinha (In memoriam) e Fernando (In memoriam),  
e a todos que de certa forma contribuíram para  
minha formação intelectual e humanística.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me sustentado, guiado em todos os momentos e cada passo da minha trajetória até aqui;

Aos meus pais, Gracinha Soares e Fernando José, por serem os meus principais incentivadores e por nunca terem negado esforços para minha educação e na busca de meus objetivos enquanto estiveram do meu lado;

A minha irmã, Gleyce Kelly, por sempre estar ao meu lado durante os bons e maus momentos vividos até aqui;

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, em especial ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola e seus coordenadores, pela oportunidade;

Ao Prof. José Amilton Santos Junior, pela amizade, parceria, confiança, dedicação, paciência e presteza em transmitir conhecimentos fundamentais no meu percurso durante a pós-graduação, sendo uma pessoa de suma importância para o desempenho de um bom trabalho;

Aos demais professores do programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela transferência de conhecimentos;

A CAPES que viabilizou a minha participação no curso, fornecendo uma bolsa de mestrado;

Aos funcionários do Programa de Pós Graduação em Engenharia agrícola;

As professoras Lilia Willadino e Terezinha pela minha iniciação a pesquisa;

Aos colegas de turma, Anízio, Andrey, Adiel, Fred, Frederico, Fernanda, Daiane, Sirleide, Keila, Carol, Laércia, Monalisa, Nicolay, Bruno, Pedro, Ailton, Iug, Cèlia, Diego, Ronaldo, Tadeu, Valentin, Francisco, José Edson, Leandro, Roberta, Breno e aos demais, muito obrigado por tudo;

A equipe de Hidroponia, Juliana, Victor, Junior, Aderbal, Gilson, Brinaldo, Gabi, Mirela, vocês foram muito especiais durante esses dois anos, muito obrigado;

Aos meus amigos Allan, Moizés, Carola, Renata, Andréa, Viviane, Cássia, Tássia e Ana, obrigado pelos conselhos e estar sempre ao meu lado pra tudo;

Aos amigos do Laboratório de cultura de tecidos vegetais, Wellington, Marina, Luciana, João, Ronaldo, Arquimedes, Marta, Marina, Laís, Lindomar, Thamirys e Jayne, amo vocês.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	7
....	
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	9
<b>LISTA DE TABELA.....</b>	1
<b>CAPITULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	1
1.1 – Introdução.....	1
1.2 – Objetivo Geral.....	2
1.3 – Objetivo Específico.....	1
1.4 – Referências.....	4
<b>CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	1
2.1 - A cultura da cebolinha ( <i>Allium fistulosum</i> ).....	7
2.2 - Cultivos hidropônicos.....	1
2.3 - Efeitos dos sais sobre as plantas.....	8
2.4 - Estresse salino em plantas.....	2
2.4.1 - Componente osmótico.....	5
2.4.2 - Componente iônico.....	2
2.5 - Tolerância das culturas à salinidade.....	6
	7

2.6	–	Referências	2
bibliográficas.....			8
<b>CAPÍTULO III – ARTIGOS</b>			3
<b>PRODUZIDOS.....</b>			4
Reposição e frequência de circulação de soluções nutritivas salobras sobre as relações hídricas da cebolinha.....			3 4
Produção de cebolinha sob estratégias de uso de água salobra em hidroponia de baixo custo.....			4 8
<b>CAPITULO</b>	<b>IV</b>	<b>–</b>	<b>CONSIDERAÇÕES</b>
<b>FINAIS.....</b>			6 5

## RESUMO

O cultivo hidropônico com o uso de águas salobras constitui-se em uma alternativa para a produção agrícola, especialmente de hortaliças no semiárido brasileiro. Diante disto, desenvolveu-se o presente estudo com o objetivo de avaliar as relações hídricas, a partição de matéria seca e a produção de plantas de cebolinha (cv. Todo Ano Evergreen Nebuka) em hidroponia de baixo custo, utilizando água salobra no preparo e reposição da solução nutritiva. Para tal, foram conduzidos dois ensaios em ambiente protegido (casa de vegetação), no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco – DEAGRI/UFRPE, em Recife-PE (8° 01' 05" S e 35° 56' 48" O); os tratamentos consistiram em seis níveis de salinidade da solução nutritiva (1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0 dS m<sup>-1</sup>) e duas frequências de circulação (duas vezes ao dia - às 8 e às 16 horas; e três vezes ao dia - às 8, 12 e 16 horas). No Ensaio I, a reposição da lâmina evapotranspirada foi efetuada com a água salobra utilizada no preparo, e no Ensaio II, com água de abastecimento (0,12 dS m<sup>-1</sup>). O delineamento experimental em ambos os ensaios foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 2, com cinco repetições. Analisaram-se as variáveis de relações hídricas: consumo hídrico, eficiência do uso da água na produção de fitomassa (fresca e seca) da parte aérea, teor de água na planta. Estudou-se ainda a relação raiz-parte aérea e a partição de matéria seca da parte aérea e da raiz. Em outra análise, avaliou-se a produção: fitomassa fresca e seca total, da parte aérea e da raiz; o percentual de massa seca total, da parte aérea e da raiz, e ainda o comprimento da raiz e a altura da planta. Concluiu-se que embora o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva tenha afetado as relações hídricas e a produção da cebolinha até 9,0 dS m<sup>-1</sup>, o teor de água na cebolinha foi superior a 89% em todas as partes da planta. O aumento da frequência de circulação mitigou as perdas no consumo e na eficiência do uso da água, no entanto, com o aumento da salinidade, a alocação de matéria seca na raiz aumentou, em detrimento da parte aérea. Por fim, verificou-se que o uso de três circulações da solução ao dia atenuou as perdas nas variáveis biométricas e na produção de fitomassa fresca e seca das plantas sob reposição com água salobra.

**Palavras-chave:** Salinidade, Cultivo sem solo, *Allium fistulosum*

Silva Junior, Fernando José da. **STRATEGIES FOR THE USE OF WATER WATERS ON CHIVES ON HYDROPONICS OF LOW COST**. Dissertation. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE, 2017.

## ABSTRACT

The hydroponic cultivation with the use of brackish water constitutes an alternative for the agricultural production, especially of vegetables in the Brazilian semi-arid. Therefore, the present study was carried out to evaluate the water relations, the dry matter partition and the production of chives (Evergreen Nebuka All Year) in low-cost hydroponics using brackish water in the preparation and replenishment of the nutrient solution. For this, two tests were conducted in a protected environment (greenhouse), in the Agricultural Engineering Department of the Federal Rural University of Pernambuco - DEAGRI / UFRPE, in Recife-PE (8° 01' 05" S and 35° 56' 48" ); the treatments consisted of six salinity levels of the nutrient solution (1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5 and 9.0 dS m<sup>-1</sup>) and two circulation frequencies (twice daily - at 8 and 16 hours, and three times a day - at 8, 12 and 16 hours). In Test I, the replacement of the evapotranspiration was performed with the brackish water used in the preparation, and in Test II, with water supply (0.12 dS m<sup>-1</sup>). The experimental design in both trials was completely randomized, in a 6 x 2 factorial scheme, with five replications. The variables of water relations were analyzed: water consumption, water use efficiency in the production of phytomass (fresh and dry) of the aerial part, water content in the plant. It was also studied the root-shoot ratio and the dry matter partition of shoot and root. In another analysis, the production was evaluated: fresh and total dry matter, of the aerial part and of the root; the percentage of total dry mass, of the aerial part and of the root, and also the length of the root and the height of the plant. It was concluded that although the electrical conductivity of the nutrient solution affected water relations and chives production up to 9.0 dS m<sup>-1</sup>, the water content of chives was higher than 89% in all parts of the plant. The increase in circulation frequency mitigated the losses in consumption and water use efficiency, however, with increased salinity, dry matter allocation in the root increased, to the detriment of aerial part. Finally, it was verified that the use of three circulations of the solution per day attenuated the losses in the biometric variables and in the production of fresh and dry phytomass of the plants under replacement with brackish water.

**Key words:** Salinity, cultivation without soil, *Allium fistulosum*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema hidropônico de baixo custo no cultivo de cebolinha com água salobra.....	21
Figura 2. Sistema hidropônico com o cultivo de cebolinha ( <i>Allium fistulosum</i> ). Reservatórios da solução (A), medição da altura da planta (B), cebolinha desenvolvida (C).....	36
Figura 3. Médias do consumo hídrico de plantas de cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) sob reposições e frequências de circulação da solução nutritiva salobra.....	38
Figura 4. Eficiência do uso da água para a fitomassa fresca (A e B) e seca (C e D) da parte aérea e o teor de água na planta (E e F), parte aérea (G e H) e na raiz (I) sob reposição com água salobra e abastecimento, respectivamente, em plantas de cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) sob reposições e frequências de circulação da solução nutritiva salobra.....	40
Figura 5. Relação raiz/parte sob reposição com (A) água salobra e (B) abastecimento; Partição de matéria seca da parte aérea (C) e na raiz (D) de plantas de cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) sob reposições e frequências de circulação da solução nutritiva salobra.....	42
Figura 6. Local de montagem do experimento.....	49
Figura 7. Desdobramento da interação entre os tratamentos para a fitomassa fresca total, da parte aérea, da raiz, fitomassa seca total, da parte aérea e da raiz sob reposição com água salobra (A, C, E, G, I, K) e água de abastecimento (B, D, F, H, J, L), para cebolinha (cv. Todo ano Evergreen – Nebuka) hidropônica em função de níveis de salinidade da solução nutritiva e frequências de circulação da solução nutritiva.....	54
Figura 8. Percentual de massa seca total (A), percentual de massa seca da parte aérea (B) percentual de massa seca da raiz (C) para cebolinha (cv. cv. Todo Ano Evergreen Nebuka) sob reposição com água salobra e abastecimento. Desdobramento da interação entre os tratamentos para comprimento da raiz e altura da planta sob reposição com água salobra (D e F) e abastecimento (G).....	58

Figura 9. Comparativo do efeito da circulação nutritiva com água salobra no cultivo da cebolinha (cv. Todo ano Nebuka). (A) Frequência de 2 circulações ao dia e tratamentos em ordem crescente (1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5; 9,0 dS m<sup>-1</sup>) e (B) com a frequência de 3 circulações ao dia..... 63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva geral indicada por Hoagland & Arnon (1950); Sarruge (1975); Castellane & Araújo (1995) e Furlani et al. (1999).....	23
Tabela 2. Resumo de teste F para a eficiência do uso da água na produção de fitomassa fresca e seca da parte aérea, teor de água na planta, teor de água na parte aérea e teor de água na raiz das plantas de cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) em função de estratégias de uso de água salobra e frequências de circulação da solução nutritiva.....	39
Tabela 3. Resumo de teste F para índice de produção de fitomassa da parte aérea, relação raiz/parte aérea, partição de matéria seca da parte aérea e raiz das plantas de cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) em função de estratégias de uso de água salobra e frequências de circulação da solução nutritiva.....	42
Tabela 4. Composição da solução nutritiva padrão utilizada (FURLANI et al. 1999).....	51
Tabela 5. Resumo de teste F para a fitomassa fresca e seca total, da parte aérea e da raiz da cebolinha (cv. “Todo Ano” Evergreen – Nebuka) em função dos níveis de salinidade e de frequência de circulação da solução nutritiva adotando-se estratégias de reposição da lâmina evapotranspirada com a respectiva água salobra e com água de abastecimento.....	53
Tabela 6. Resumo de teste F para o percentual de massa seca total (%MST), da parte aérea (%MSPA) e da raiz (%MSR), para o comprimento da raiz (CR) e para a altura de planta (AP) da cebolinha (cv. Todo ano Evergreen – Nebuka) seria em função dos níveis de salinidade e de frequência de aplicação da solução nutritiva nas estratégias de reposição com a respectiva água salobra e com água de abastecimento.....	57

## **CAPITULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

### **1.1 - INTRODUÇÃO**

Tem-se verificado redução da capacidade produtiva no semiárido brasileiro a cada ano, devido a diversos fatores resultado da ação antrópica, dentre estes, menciona-se a salinidade (CAVALCANTE et al., 2007). Em condições de alta salinidade, ocorrem modificações nas atividades metabólicas das células e no processo de alongamento celular, limitando a elasticidade da parede celular e reduzindo o alongamento da célula, tendo como consequência, a minimização do crescimento da planta (TAIZ & ZEIGER, 2009). Alguns pesquisadores (OLIVEIRA et al., 2011; SOARES et al., 2016) apontam que um dos principais efeitos da salinidade nas culturas é a diminuição da taxa fotossintética, distúrbios na nutrição mineral, redução na turgescência que favorecem a inibição da expansão foliar afetando o processo fotossintético e reduzindo, conseqüentemente, a produção de matéria seca e redução na absorção de água pelas raízes (MUNNS, 2005).

Diante dessa situação, é evidente a necessidade de se buscar tecnologias adaptadas à realidade local que seja possível conciliar os problemas de salinidade e, especialmente, a demanda dos produtores (LOPES; MACEDO, 2008). Neste sentido, alguns autores (SANTOS et al., 2010; SOARES et al., 2010; JESUS et al., 2015) tem sugerido o uso de tecnologias alternativas para o aproveitamento condizente de águas salobras, como é o caso da hidroponia, que se notabiliza pela reorganização energética e ausência do potencial mátrico, e permite a ampliação da produção vegetal com águas salobras, cuja oferta é, por vezes, única e limitada para fins agrícolas.

A hidroponia é um dos sistemas de cultivo que pode subsidiar um processo alternativo de produção, no entanto, os sistemas convencionais possuem algumas desvantagens para sua aplicabilidade no semiárido brasileiro, tais como o alto custo inicial em razão do nível tecnológico exigido; o expressivo índice de risco de perda da cultura por problemas relacionados à energia elétrica; a necessidade de mão de obra especializada e de acompanhamento permanente da solução nutritiva que requer cuidados especiais de manejo (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

Neste sentido, sistemas hidropônicos mais simples, que são constituídos preponderantemente por materiais de fácil aquisição ou encontrados na propriedade, a dita “hidroponia de baixo custo”, além de apresentarem as já conhecidas vantagens de hidroponia, não dependem da energia elétrica e possuem baixo custo inicial (SANTOS JÚNIOR et al., 2016). Estas adaptações podem auxiliar em um processo alternativo de produção, dentro de métodos que vem sendo abordados por alguns pesquisadores e aplicados a diversas culturas (LUZ et al., 2012; SANTOS JÚNIOR et al., 2014; SILVA et al., 2011).

No entanto, mesmo em sistemas hidropônicos a utilização de estratégias de uso das águas salobras, a exemplo do aumento da frequência de circulação (SILVA et al., 2016) e do uso da água doce na reposição (SANTOS et al., 2011) que visam minimizar a variação da concentração de sais e proporcionar maior oxigenação à solução (SOARES et al., 2010), mitigando assim o efeito deletério da salinidade, especialmente nas hortaliças mais cultivadas neste tipo de sistema usando águas salobras, como a alface (PAULUS et al., 2012), o coentro (SILVA et al., 2015), a rúcula (JESUS et al., 2015), entre outras.

No caso específico da cebolinha, Silva et al. (2014) submetendo plantas até  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  em condições de solo, verificaram decréscimos no crescimento inicial e estimaram o rendimento máximo para o número de bulbos em plantas  $2,0 \text{ dS m}^{-1}$  aos 15 dias após o transplantio. No entanto, ainda são escassos trabalhos que abordem estratégias de uso de águas salobras no cultivo da cebolinha em sistemas hidropônicos, que quantifiquem a sua demanda hídrica, o seu teor médio de água e aspectos produtivos.

## **1.2 – OBJETIVO GERAL**

Avaliar as estratégias de uso de águas salobras, baseadas na frequência de circulação e no uso de água doce e salobra na reposição da lâmina evapotranspirada, no cultivo da cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) em sistema hidropônico de baixo custo.

### **1.3 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- i) Quantificar o consumo hídrico e a eficiência do uso da água da cebolinha;
- ii) Verificar o teor de água das plantas de cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka);
- iii) Identificar a partição de matéria seca em função do estresse salino;
- iv) Avaliar as estratégias de uso da água sobre a produção de matéria seca;
- v) Quantificar as perdas de produção da cebolinha pelo uso das estratégias de uso das águas salobras.

### **1.4 – REFERÊNCIAS**

CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, G. D.; OLIVEIRA, F. A.; CAVALCANTE, I. H. L.; GONDIM, S. C.; CAVALCANTE, M. Z. B. Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo em solo de baixa fertilidade tratado com biofertilizantes líquidos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 12, n. 1, p. 15-19, 2007.

CEASA-PE. Central de Abastecimento Alimentar de Pernambuco, 2012. Calendário de comercialização. Disponível em: <http://www.ceasape.org.br/calendario>. Acesso em 12 de Novembro de 2017.

JESUS, C. G.; SILVA JÚNIOR, F. J.; CAMARA, T. R.; SILVA, Ê. F. F.; WILLADINO, L. Production of rocket under salt stress in hydroponic systems. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.33, n.4, p.493-497, 2015.

LOPES, J.C.; MACEDO, C.M.P. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n.3, p. 79-85. 2008.

LUZ, J. M. Q.; ANDRADE, L. V. de; DIAS, F. F.; SILVA, M. A. D.; HABER, L. L.; OLIVEIRA, R. C. de. Produção hidropônica de coentro e salsa crespa sob concentrações de solução nutritiva e posições das plantas nos perfis hidropônicos. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, p. 589-597, 2012.

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

OLIVEIRA, F. D. A.; MARIA, J. D. O.; MEDEIROS, J. F.; MARACAJÁ, P. B.; OLIVEIRA, M. K. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.8, p.771-778, 2011.

PAULUS, D., PAULUS, E., NAVA, G. A., & MOURA, C. A. Growth, water consumption and mineral composition of lettuce in hydroponic system with saline water. **Revista Ceres**, v. 59, n. 1, p. 110-117, 2012.

SANTOS JÚNIOR, J.A.; GHEYI, H.R.; CAVALCANTE, A.R.; DIAS, N.S.; MEDEIROS, S.S. Produção e pós-colheita de flores de Girassóis sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Engenharia Agrícola**, v.19, n.3, p. 420-432, Jaboticabal, 2016.

SANTOS JUNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; ARAUJO, D. L.; GUEDES FILHO, D. H. Substratos e diferentes concentrações da solução nutritiva preparada em água residuária no crescimento do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 696-707, 2014.

SANTOS, R. S.; DANTAS, D. C.; NOGUEIRA, F. P.; DIAS, N. S.; FERREIRA NETO, M.; GURGEL, M. T. Utilização de águas salobras no cultivo hidropônico da alface. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 111-118, 2010.

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

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

SILVA, P.F; CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, J. C. C.; COSTA, E. S.; BARBORA, J.T.V. Análise quantitativa da cebolinha irrigada com água salina. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.5, n.3, p. 241-251, 2014.

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

SOARES, H. R.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; LIRA, R. M.; BEZERRA, R. R. Nutrição mineral de alface americana em cultivo hidropônico com águas salobras. **Revista. Caatinga**, vol.29, n.3, p.656-664, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc.782 p, 2009.

## **CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 - A cultura da cebolinha (*Allium fistulosum*)**

A cebolinha comum (*Allium fistulosum*), originária da Sibéria, é um condimento muito apreciado pela população. A cultivar mais tradicional é a Todo Ano, europeia, que apresenta folhas de coloração verde clara. Também têm sido introduzidas cultivares japonesas tipo Nebuka ou Evergreen, de coloração verde-intensa, e que possuem folhas alongadas e tubulares, macias, aromáticas e de alto valor condimentar (FILGUEIRA, 2008). Suas folhas são uma boa fonte de cálcio, vitamina C e vitamina A e sais minerais como o cálcio e o fósforo, além de ser um ótimo repelente e antibiótico, podendo ser utilizada em preparos orgânicos para prevenir doenças de plantas e pragas (SEBRAE, 2010).

A planta de cebolinha suporta períodos frios prolongados e possui cultivares que resistem bem ao calor, com poucas restrições quanto ao seu plantio em qualquer época do ano. A faixa de temperatura ideal para o seu cultivo fica entre 8° C e 22° C, ou seja, em condições amenas, sendo o perfilhamento maior nos plantios de fevereiro a julho, nas regiões produtoras do Brasil (COTIA, 1987; MAKISHIMA, 1993; FILGUEIRA, 2008).

A multiplicação de cebolinha normalmente é feita vegetativamente por mudas obtidas pela divisão da touceira da planta mãe ou pode ser propagada em sementeiras com posterior transplante, feito entre 30 e 40 dias após a semeadura. As plantas são colhidas quando as folhas mais velhas ainda estão verdes, arrancando-se a planta ou cortando-se as folhas a partir de 55 a 80 dias após a semeadura, podendo variar de acordo com a cultivar, a época e o sistema de plantio.

O consumo hídrico da cultura por ciclo é de 250 a 500 mm (FILGUEIRA, 2008). Quanto a exigência nutricional, a cebolinha pode ser considerada pouco exigente, quando comparada a outras aliáceas como alho e cebola, extraindo em uma população de 200.000 plantas/ hectare, 12,2 kg de N, 3,8 kg de P, 11,4 kg de K, 3,2 kg de Ca, 2,4 kg de Mg, 1,5 kg de S e 16,9 g de B (BELFORT; HAAG, 1983).

Com relação à tolerância a salinidade, a hortaliça apresenta-se moderadamente tolerante a salinidade. No cultivo de cebolinha, Silva et al. (2014) avaliando o crescimento inicial da planta irrigado com diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, com cinco níveis de condutividade elétrica (0,7; 1,4; 2,1; 2,8; 3,5 dS m<sup>-1</sup>). De acordo com os resultados reportados pelos autores, o máximo rendimento foi obtido com aproximadamente 2,00 dS m<sup>-1</sup> aos 15 dias após o transplante.

De acordo com o calendário de comercialização do Centro de Abastecimento Alimentar de Pernambuco (CEASA-PE) de 2016, os meses de agosto a janeiro se caracterizam como o período de maior oferta do produto no mercado, com média de preço em torno de R\$ 2,75 kg, e as cidades no estado de Pernambuco que se destacam na sua produção são Vitória de Santo Antão, Camocim de São Félix e Petrolina.

## **2.2 - Cultivos hidropônicos**

### **Hidroponia – definições e princípios de funcionamento**

A hidroponia (do grego, *hydro* e *ponos*, que significam água e trabalho) é uma técnica de cultivo de plantas com solução nutritiva na ausência ou na presença de substratos naturais ou artificiais, ou seja, sem a presença de solo (SOARES, et al., 2010). Nesse sistema de cultivo as plantas crescem fixadas em substrato ou colocadas em canais de cultivo por onde circula uma solução nutritiva que contém os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas. Esta deve manter suas características físico-químicas, necessitando assim de um controle adequado do pH e da condutividade elétrica, a fim de manter seu balanceamento e permitir que as plantas cresçam sob as melhores condições possíveis (LUZ, 2008).

Os sistemas hidropônicos podem apresentar várias vantagens em relação ao sistema de cultivo com o solo, tais como: proporcionar uma melhor programação da produção, maior rendimento por área (podendo inclusive aproveitar o espaço vertical), melhor qualidade dos frutos/folhas, mais facilidade em execução dos tratos culturais, ciclos mais curtos em decorrência de melhor controle ambiental, redução de perda de nutrientes por lixiviação, escoamento, volatilização e, por conseguinte, o uso mais racional dos fertilizantes (MARTINEZ & CLEMENTE, 2011).

Do ponto de vista energético, a minimização do potencial mátrico em condições hidropônicas, proporciona um reordenamento energético, favorecendo o uso de águas salobras (SOARES et al., 2007). Por outro lado, a estrutura hidropônica funciona como sistema de drenagem e os sais acumulados ao final do cultivo podem ser facilmente descartados para fora do sistema; desta forma, os sistemas hidropônicos viabilizam atividades produtivas e geradoras de renda para as comunidades rurais, mesmo quando o uso de águas salobras é imperativo (DIAS et al., 2010).

Apesar de um número relativamente grande de vantagens no cultivo hidropônico, vale salientar que existem algumas características do cultivo hidropônico que podem ser consideradas desvantagens, como o custo inicial relativamente elevado; exigência de mão de obra especializada; risco de perda por falta de energia elétrica; prejuízo por contaminação da água por patógenos; requer acompanhamento permanente do sistema; assistência e conhecimento técnico mais efetivo. No entanto, com o conhecimento prévio e medidas racionais, algumas das desvantagens podem ser superadas (BEZERRA NETO & BARRETO, 2012).

### **Aplicações da técnica no mundo e Brasil**

O surgimento da hidroponia data desde antes de Cristo com os jardins suspensos da Babilônia, com cultivo de plantas em terraços isolados com substratos, compostos por areia, terra e limo irrigados por cascatas; também outras formas de cultivo hidropônico eram os jardins flutuantes da dinastia Chou realizada pelos chineses (Rodrigues, 2002). As áreas de cultivo hidropônico foram expandidas durante a 2ª Guerra mundial, nesta altura, foram instaladas muitas estufas em várias ilhas no Pacífico, focadas na produção hidropônica, com o objetivo de fornecer aos militares vegetais frescos (SILVA, 2015). A partir da década de 80, as estufas hidropônicas adquiriram um grande interesse comercial para produção de produtos hortícolas e flores (BENTON, 2005).

No Brasil, as vantagens do cultivo hidropônico foram assimiladas tardiamente e, atualmente, existem vários problemas, dentre eles, o mau planejamento, poucos técnicos especializados na área, a utilização de estruturas e materiais impróprios para o cultivo, falta de informações sobre as culturas e sobre o mercado, controle inadequado de fatores ambientais ligados a nutrição das plantas e outros (RODRIGUES, 2002). Estima-se que 8.000 produtores, entre profissionais e amadores, utilizam a técnica no país, que também é utilizada como atividade pedagógica em escolas, com o intuito de ampliar a concepção dos alunos sobre o conceito de ambiente e oferecer alternativas de trabalho e renda (ABRANTES, 2004; SANTOS, 2006).

### **Classificação dos sistemas hidropônicos**

Os sistemas hidropônicos são classificados em abertos e fechados. No primeiro caso, a solução nutritiva é aplicada uma única vez às plantas e posteriormente descartada, assemelhando-se à fertirrigação. No sistema fechado, a solução nutritiva aplicada é recuperada, e reutilizada, sendo periodicamente corrigida a composição da solução nutritiva, seja através da adição de água, ou de nutrientes minerais. (BEZERRA NETO & BARRETO, 2012).

Existem várias formas de cultivo sem solo, entre elas destacam-se: a aeroponia, a hidroponia de aeração estática (floating), o NFT (Técnica do Filme Laminar de Nutriente – Nutrient Film Technique) e a semi-hidroponia. A aeroponia é uma técnica de cultivo de plantas de forma que as raízes ficam suspensas no ar e recebem nebulizações intermitentes de solução nutritiva, ficando a umidade relativa do ar, no ambiente radicular, próxima a 100%. (BEZERRA NETO & BARRETO, 2000). Na hidroponia de aeração estática as plantas são mantidas em vasos, sem substrato, com as raízes completamente submersas na solução nutritiva, associados a um sistema de bombeamento de ar para proporcionar a respiração das raízes. Na técnica do filme laminar de nutriente (NFT), as plantas são alimentadas por um filme de água e nutrientes, sendo esta a mais difundida no Brasil. O sistema NFT é classificado entre as técnicas de cultivo hidropônico como um sistema fechado, isto é,

a solução nutritiva circula pelos canais de cultivo sendo reutilizada continuamente (RODRIGUES, 2002). No sistema semi-hidropônico as plantas são cultivadas em vasos, e utiliza-se um substrato inerte ou pouco ativo quimicamente como areia lavada, cascalho e argila expandida, para dar sustentação às plantas. É considerado um sistema de cultivo aberto, isto é, a solução nutritiva não retorna para o depósito (BEZERRA NETO & BARRETO, 2012).

### **Hidroponia de baixo custo**

Dado a peculiaridades, sociais, econômicas, de infraestrutura, dentre outras, das diferentes regiões do Brasil, adaptações ao cultivo sem solo tem sido colocadas por diversos pesquisadores (DIAS et al., 2012; PAULUS et al., 2012; RODRIGUES et al., 2015). No contexto do semiárido brasileiro, especificamente, sistemas constituídos por materiais de fácil acesso ou disponíveis na propriedade, a dita “hidroponia de baixo custo”, tem sido mencionada (SANTOS JUNIOR et al., 2016) como forma de difundir o cultivo sem solo entre pequenos e médios produtores, geralmente descapitalizados e, por vezes, não possuem energia elétrica de qualidade disponível (Figura 1).

Entre as adaptações disponíveis, menciona-se sistemas construídos a partir de madeira e canos PVC, com abastecimento manual da solução nutritiva. O reservatório alocado ao lado do sistema com o retorno da solução através de mangueiras que a conduzem como drenos para o início, para que esta possa ser reutilizada (sistema fechado). Por exemplo, Cavalcante et al. (2016) trabalhado neste tipo de sistema testaram cinco níveis de salinidade da solução nutritiva (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 dS m<sup>-1</sup>) e três espaçamentos entre células (7,0; 10,0 e 15,0 cm) avaliando os impactos de estratégias de otimização de insumos e suas implicações na produção e composição mineral do coentro (cv. Tabocas). Dentre as principais conclusões verificou-se que foi viável a produção do coentro no sistema hidropônico adotado, sendo recomendada a utilização de 1,0 g de sementes por célula e espaçamento de 7,0 cm entre células, o que significou uma produtividade média de 5,5 kg m<sup>-2</sup> de fitomassa fresca da parte aérea. Quanto a composição mineral, ocorreu tendência decrescente do teor de Ca e cloretos em função do incremento do peso de sementes.



**Figura 1.** Sistema hidropônico de baixo custo no cultivo de cebolinha com água salobra.

### **Soluções nutritivas**

A solução nutritiva é o meio pelo qual os nutrientes previamente dissolvidos em água são colocados à disposição das plantas e é tida como uma das partes mais importantes de todo o sistema hidropônico, sendo que o manejo inadequado desta pode acarretar sérios prejuízos para as plantas (MARTINEZ & SILVA FILHO, 2006; ANDRIOLO, 1999).

Um cultivo hidropônico bem sucedido exige um grande volume de solução nutritiva e ajuste frequente da solução nutritiva, para impedir que a absorção de nutrientes pelas raízes produza mudanças radicais nas concentrações de nutrientes e no pH do meio (CASTELLANE; ARAÚJO, 1995). Outro aspecto importante é o suprimento satisfatório de oxigênio na solução nutritiva (RESH, 2000), quando a solução nutritiva apresenta baixos níveis de oxigênio ocorre à morte dos meristemas radiculares, pequena ramificação das raízes e baixa absorção de água e nutrientes (LUZ, 2008).

A disponibilidade e absorção dos nutrientes minerais são bastante influenciadas pelo pH do meio de cultivo. Na faixa de pH entre 6,0 e 7,0 a disponibilidade é máxima para N, P, K, Ca, Mg, S e B, e não é mínima para Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn (BEZERRA NETO & BARRETO, 2012). No entanto, as plantas não conseguem sobreviver com valores abaixo de 3,5 por não conseguirem absorver alguns nutrientes abaixo dessa faixa. O monitoramento da condutividade elétrica (CE) é uma forma de avaliar a quantidade de nutrientes que há na solução (quantidade de íons), ou seja, quanto mais íons na solução, maior será a condutividade elétrica, e vice-versa (SILVA & MELO 2015).

O aproveitamento de águas salobras tem sido utilizado como forma de mitigar o problema da escassez de água de boa qualidade para irrigação, situação característica da região semiárida do Nordeste brasileiro, com exploração de água subterrâneas, que apresentam elevados teores de sais devido a razões hidrogeológicas (SOARES et al., 2010). O uso de águas salobras no preparo da

solução nutritiva tem sido utilizado por alguns autores (SOARES et al., 2016; JESUS et al., 2015; MACIEL et al., 2012) justificando o desenvolvimento de pesquisas científicas, no intuito de incrementar o rendimento das culturas em regiões com falta de água de relativa baixa salinidade.

As principais soluções nutritivas utilizadas em pesquisas com nutrição mineral de plantas no Brasil são as propostas por Hoagland & Arnon (1950), Sarruge (1975), Castellane & Araújo (1995) e Furlani et al. (1999) como descrita na Tabela 1. As quais podem ser específicas para determinadas culturas ou podem ser básicas das quais se derivam outras soluções.

**Tabela 1.** Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva geral indicada por Hoagland & Arnon (1950); Sarruge (1975); Castellane & Araújo (1995) e Furlani et al. (1999).

	Hoagland & Arnon (1950)	Sarruge (1975)	Castellane & Araújo (1995)	Furlani et al. (1999)
<b>mg L<sup>-1</sup> de solução nutritiva</b>				
N	210,1	210,1	222,5	202
P	31	31	61,9	31,5
K	234,6	234,6	426,2	193,4
Ca	200,4	200,4	139,9	142,5
Mg	48,6	48,6	24,3	39,4
S	64,2	64,2	32,4	52,3
<b>µg L<sup>-1</sup> de solução nutritiva</b>				
B	500	500	498	262
Cu	20	39	48	38
Cl	648	722	-	-
Fe	5022	5000	5000	1800
Mn	502	502	419	369
Mo	11	12	52	65
Zn	50	98	261	114

Adaptada de Santos Junior (2013).

### **Efeito mitigador do aumento da frequência de circulação da solução nutritiva**

No sistema hidropônico a recirculação da solução nutritiva, aliado ao maior número de frequência de circulação, faz com que a salinização que ocorre na solução nutritiva possa ser melhor administrada (SOARES et al., 2016). A maior quantidade de frequência de circulação da solução nutritiva pode aumentar o nível de oxigenação para as raízes que estão em contato direto com a água no sistema em questão. Baixos níveis de oxigênio poderão ocasionar à morte dos meristemas radiculares, pequena ramificações das raízes e baixa absorção de água e nutrientes (LUZ, 2008). Martinez e Clemente (2011) afirmam que processos vitais ocorrem no sistema radicular, com a

absorção de água e nutrientes, e estes por sua vez envolvem gastos de energia e dependem de oxigênio dissolvido na solução.

Em estudos conduzidos com alface hidropônica, avaliando seu crescimento, Zanella et al., (2008) constataram que o aumento no intervalo entre circulação da solução nutritiva levou a uma menor produção da alface. Enquanto, Silva et al. (2016), em estudos com coentro em sistema hidropônico DFT, submetido a diferentes intervalos (0,25; 2; 4 e 8 h) para recirculação da solução nutritiva em interação com o uso de água doce e salobra concluíram que é viável adotar-se recirculação da solução nutritiva a cada 8 h sem perdas de produção.

### **Reposição da lâmina evapotranspirada como estratégia de uso da água salobra**

Com o aumento da depleção quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos que vem ocorrendo nos últimos anos, se faz necessário à busca de técnicas para uso mais eficiente da água e também para aproveitamento racional de águas consideradas de qualidade inferior, como as salobras (ALVES et al., 2011). O aproveitamento e uso exclusivamente de águas salobras em hidroponia para a reposição da evapotranspiração pode ser menos prejudicial às culturas de ciclo curto do que o seu emprego apenas para o preparo da solução nutritiva, pois a salinização gradual seria menos danosa do que a salinidade constante (SOARES et al., 2010)

Considerando a perspectiva de uso de águas salobras em hidroponia, sua combinação com água doce poderia ser útil para incrementar a produtividade das culturas ou, ainda, a área cultivada. Outra maneira de combinação seria usar águas salobras apenas no preparo da solução nutritiva ou apenas na reposição do volume evapotranspirado (SOARES et al., 2010).

Em estudos com três diferentes estratégias de emprego de águas salobras (águas salobras para reposição das perdas por evapotranspiração e água doce para o preparo da solução nutritiva; águas salobras para o preparo da SN e água doce para reposição da ETc; águas salobras para o preparo da SN e reposição da ETc) no cultivo de alface hidropônico com diferentes níveis de salinidade da água (1,45; 2,51; 3,6; 5,41 e 7,5 dS m<sup>-1</sup>), Alves et al. (2011) observaram que o uso de água salobra apenas para repor a ETc não produziu efeito sobre a produção da alface. Com uso de águas salobras para o preparo da SN e água doce para reposição da ETc, reduziu o rendimento da alface (massa de matéria fresca da parte aérea) em 4,99% por (dS m<sup>-1</sup>) e o rendimento foi reduzido em 7% por (dS m<sup>-1</sup>) quando águas salobras foram usadas tanto para o preparo da SN quanto para reposição da ETc.

No cultivo de coentro, Silva et al. (2015) avaliaram diferentes disponibilidades de solução nutritiva (2,75 e 5,50 L por maço de 24 plantas) e níveis de águas salobras (0,43; 3,09; 6,87 e 8,53 dS m<sup>-1</sup>) para reposição da evapotranspiração da cultura (ETc) em hidroponia NFT (técnica do fluxo

laminar de nutrientes) reportaram que a combinação de água doce para o preparo de solução nutritiva e águas salobras para reposição do volume evapotranspirado pode ser uma estratégia eficaz para o incremento da produção de coentro em hidroponia, pois a cultura não mostrou-se sensível à salinização gradual da solução nutritiva com este tipo de estratégia.

### **2.3 - Efeitos dos sais sobre as plantas**

A salinidade da água age diretamente na absorção da mesma nas plantas, pois o balanço hídrico é alterado devido a elevada pressão ocasionada por excesso de sais solúveis na solução (ARAGÃO et al., 2009). Seus efeitos são potencializados em espécies que possuem sensibilidade a salinidade e problemas nutricionais, devido ao excesso de íons presentes na água podem precipitar nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta resultando na toxidez do vegetal. Os efeitos podem ser notados nas reduções de crescimento, distúrbio na permeabilidade da membrana, atividade da troca iônica, fotossíntese e equilíbrio iônico (NAVARRO et al., 2013). O uso da água salina acarreta na redução das massas das plantas, porém quando alternado com a água doce o efeito é reduzido (SOARES et al., 2015).

### **2.4 - Estresse salino em plantas**

#### **2.4.1 - Componente osmótico**

O componente osmótico é resultante da elevada concentração de solutos, ocasionando um déficit hídrico pela redução do potencial osmótico. Quando ocorre acúmulo de sais na zona radicular, em concentrações suficientemente capazes de impedir a aquisição de água pela planta, ocorre um estado de deficiência hídrica, até causar sintomas muito semelhantes aos provocados pela estiagem, acarretando dificuldade de desenvolvimento e processos metabólicos normais das plantas (AYERS & WESTCOT, 1991). Como resposta, as plantas fecham os estômatos para reduzir a transpiração, tendo como consequência a minimização da taxa fotossintética, podendo estas alterações ser uma das principais causas na diminuição do crescimento e produção, uma vez que o acúmulo de fitomassa depende da produção de matéria seca (FLOWERS, 2004).

No cultivo de alface em sistema hidropônico NFT (fluxo laminar de nutrientes), com a utilização de águas salinas no preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina diária evapotranspirada, Paulus et al. (2012) observaram que o aumento da salinidade da água reduziu, de forma linear, o crescimento e o consumo hídrico da alface. Silva et al. (2012) observaram resultados semelhantes do consumo hídrico no cultivo da rúcula em sistema hidropônico NFT com águas salinas

(0,2; 1,2; 2,2; 3,2; 4,2 e 5,2 dS m<sup>-1</sup>). Concluindo que com o aumento da salinidade, a eficiência de utilização da água foi reduzida revelando uma resposta linear decrescente em função da salinidade ocorrendo uma resposta negativa das plantas que apresentaram uma redução na quantidade de folhas de 3,34%.

#### **2.4.2 - Componente iônico**

O efeito iônico é resultado do acúmulo de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> em tecidos vegetais, e deve-se, principalmente, a mudanças nas relações Na/K, Na/Ca e Cl/NO<sub>3</sub>, provocando desde reduções da área foliar até a morte das plantas (CAVALCANTE et al., 2010). Dentre as principais consequências observadas com o acúmulo dos íons Na<sup>+</sup> e Cl nas folhas são necroses nos tecidos foliares e aceleração da senescência de folhas maduras, reduzindo assim a área destinada à fotossíntese (MUNNS, 2002). Soares et al. (2016) avaliaram os efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral da alface americana em sistema hidropônico NFT, utilizando águas salobras (0,2; 1,2; 2,2; 3,2; 4,2 e 5,2 dS m<sup>-1</sup>). Concluíram que o aumento da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva, proporcionou redução nos teores foliares de fósforo e potássio e aumento nos teores de cloreto e sódio.

No cultivo de tomate cereja em vasos com substrato submetidos a seis níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (3,01; 4,51; 5,94; 7,34; 8,71 e 10,40 dS m<sup>-1</sup>), Nascimento et al. (2017) reportaram que o aumento da salinidade provocou aumentos nas concentrações de sódio e cloro e redução nas concentrações de potássio e nitrogênio no tecido foliar; o menor tempo de exposição das plantas à salinidade proporcionou reduções de menores magnitudes nas concentrações de potássio e nitrogênio e diminuição das concentrações de sódio e cloro.

#### **2.5 - Tolerância das culturas à salinidade**

As respostas ao estresse salino variam dependendo do genótipo, período de exposição e intensidade em que a planta foi submetida, enquanto algumas espécies apresentam elevada tolerância à salinidade, outras são altamente susceptíveis (WILLADINO; CÂMARA, 2010).

Cada cultura, em função de seu mecanismo fisiológico, tolera certa quantidade de sais, a partir da qual o seu rendimento começa a decrescer, e isto é denominado de salinidade limiar (AYERS & WESTCOT, 1999). Esse limite ao ser ultrapassado, desencadeia modificações das atividades das células e pode acarretar numa série de consequências manifestando-se por severas reduções do crescimento e distúrbio na permeabilidade da membrana, atividade de troca hídrica, condutância

estomática, fotossíntese e equilíbrio iônico, devido excesso ao de sais (SHANNON; GRIEVE, 1999; NAVARRO et al., 2003; CABANERO et al., 2004).

A exemplo disto, Dias et al. (2011) trabalhando com duas cultivares de alface (cvs. Verônica e Babá de verão) em sistema hidropônico NFT sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (1,1; 2,4; 3,6; 4,7 e 5,7 dS m<sup>-1</sup>) observaram uma variação genotípica sob as variáveis de crescimento e produção da alface, exceto para o número de folhas, sendo a cultivar Babá de verão a que produziu maior rendimento, independentemente do nível de salinidade e, portanto, a cultivar mais tolerante à salinidade da água com rejeito salino. No estudo de Rodrigues et al. (2015) com três cultivares de alface (Brasil 221, do tipo lisa, Alface Repolhuda e Alface Americano, do tipo crespa) objetivando avaliar a resposta das plantas a salinidade da água de irrigação, adotando-se quatro níveis de salinidade da água de irrigação (0,1; 0,5; 1,5 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>). Observaram que a salinidade da água de irrigação, acima de 1,5 dS m<sup>-1</sup>, reduziu o crescimento e o consumo de água pelas plantas de forma linear decrescente.

Em outro exemplo, Bione et al. (2014) avaliaram os efeitos de águas salobras em relação ao crescimento e à produção de plantas de manjeriço em hidroponia, testando quatro níveis de salinidade da água (1,45; 3,80; 6,08 e 8,48 dS m<sup>-1</sup>). Concluíram que houve redução linear da produção de massa de matéria fresca e seca da parte com o aumento da salinidade, de 7,86 e 6,76% por acréscimo unitário na condutividade elétrica da água (dS m<sup>-1</sup>).

## **2.6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABRANTES, J. A **interdisciplinaridade no Ensino Médio**: A contextualização pela hidroponia. *Augustus*, v. 18, n. 9: p. 16–31, 2004.

ALVES, M.S.; SOARES, T.M.; SILVA, L.T.; FERNANDES, J.P.; OLIVEIRA, M.L.A; PAZ VITAL, P.S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n. 5, p. 491-498, 2011.

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

ARAGÃO, C. A.; SANTOS, J. S.; QUEIROZ, S. O. P.; FRANÇA, B. Avaliação de cultivares de melão sob condições de estresse salino. **Revista Caatinga**, v.22, n.2, p.161- 169, 2009.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado), 1999, 153p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água para irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.

BELFORT, C. C.; HAAG, H. P. **Nutrição mineral de hortaliças**: LVI - carência de macro nutrientes em cebolinha (*Allium schoenoprasum*). *Anais Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba*, v. 40, n. 1, p. 221-234, 1983.

BENTON JONES JR., J. **Hydroponics a practical guide for the soilless grower**. 2005, 423p.

BEZERRA NET, E.; BARRETO, L. P. **As técnicas de hidroponia**. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, v. 8, p. 107-137, 2012.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Técnicas de hidroponia**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 2000, 88p.

BIONE, M. A. A.; PAZ, V. P. S.; SILVA, F.; RIBAS, R. F.; SOARES, T. M. Crescimento e produção de manjeriço em sistema hidropônico NFT sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1228-1234, 2014.

CABANERO, F. J., MARTINEZ, V., CARVAJAL, M. Does calcium determine water uptake under saline conditions in pepper plants, or is it water flux, which determines calcium uptake. **Plant Science**, v.166, p.443-450, 2004.

CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Faculdade de Ciências Agronômica e Veterinária, FUNEP, 1995, 43p.

CAVALCANTE, A. R.; SANTOS JUNIOR, J. A.; GHEYI, H. R., DIAS, N. S.; PAZ, V. P. S. Produção e composição mineral do coentro em sistema hidropônico de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 685-969, 2016.

CAVALCANTE, L. F. CORDEIRO, J. C.; NASCIMENTO, J. A. M.; Ítalo Herbert Lucena CAVALCANTE, I. H. L.; DIAS, T. J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.4, p.1281-1290, 2010.

COOPERATIVA AGRÍCOLA DE COTIA. **Manual de cultivo das principais hortaliças**. Cotia: Cooperativa Central, Departamento de Sementes e Mudas, 1987. 104 p.

DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUSA NETO, O. N.; BLANCO, F. F.; REBOLÇAS, J. R. L. Concentração salina e fases de exposição à salinidade do meloeiro cultivado em substrato de fibra de coco. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 33 n. 3, p. 915-921, 2011.

DIAS, N. S.; LIRA, R. B.; BRITO, R. F.; SOUSA NETO, O. N.; FERREIRA NETO, M.; OLIVEIRA, A. M. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 755-761, 2010.

DIAS, N. S.; SOUSA NETO, O. N.; COSME, C. R.; JALES, A. G. DE O.; REBOUÇAS, J. R. L.; OLIVEIRA, A. M. Respostas de cultivares de alface à salinidade da solução nutritiva com rejeito salino em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.10, p.991-995, 2011.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. 2008. 421p.

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.396, p.307-319, 2004.

FURLANI, P.R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, v.2, n.481, p.777-778, 1999.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950, 32p.

JESUS, C. G.; SILVA JÚNIOR, F. J.; CAMARA, T. R.; SILVA, Ê. F. F.; WILLADINO, L. Production of rocket under salt stress in hydroponic systems. **Horticultura Brasileira**, v.33, n.4, p.493-497, 2015.

LUZ, G. L. **Frequência de irrigação no cultivo hidropônico da alface**. 2008. 61p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

LUZ, J. M. Q.; ANDRADE, L. V. de; DIAS, F. F.; SILVA, M. A. D.; HABER, L. L.; OLIVEIRA, R. C. de. Produção hidropônica de coentro e salsa crespa sob concentrações de solução nutritiva e posições das plantas nos perfis hidropônicos. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, p. 589-597, 2012.

MACIEL, M. P.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; 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, p.165- 172, 2012.

MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J. M. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. 1. ed. Viçosa, Editora UFV. 76p, 2011.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006, 111p.

MAKISHIMA, N. **O cultivo de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ: EMBRAPA-SPI, 1993, 116p. (Coleção plantar,4).

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

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

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

NAVARRO, J. M.; GARRIDO, C.; MARTINEZ, V.; CARVAJAL, M. Water relations and xylem transport of nutrients in pepper plants grown under two different salts stress regimes. **Plant Growth Regulators**, v.41, n. 3, p.237-245, 2003.

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.

RESH, H.M. **Hydroponic Food Production**. Santa Bárbara. Woodbridge Press Pub. Co. 2000.

RODRIGUES, L.R.F. **Cultivo pela técnica de hidroponia**. Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido. Jaboticabal. Funep. 2002, 72p.

RODRIGUES, R. R.; BERTOSI, A. P. A.; GARCIA, G. O.; ALMEIDA, J. R.; SILVA, E. A. Salinidade no desenvolvimento de cultivares de alface. **Centro Científico Conhecer**, v.2, n. 4, p.70, 2015.

SANTOS, A.N.F. **A tecnologia hidropônica como prática pedagógica na construção de concepções de ambiente**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2006.

SANTOS JÚNIOR, J.A.; GHEYI, H.R.; CAVALCANTE, A.R.; DIAS, N.S.; MEDEIROS, S.S. Produção e pós-colheita de flores de Girassóis sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Engenharia Agrícola**. v19, n.3, p. 420-432, 2016.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. da S.; SOARES, F. A. L. Efficiency of water use for sunflower grown in hydroponic system under salt stress. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, jul, 2013.

SARRUGE JR. Soluções nutritivas. **Summa Phytopathologica**, v.1, p. 231-233, 1975.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Catálogo brasileiro de hortaliças Saiba como plantar e aproveitar 50 das espécies mais comercializadas no País, 2010. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/C22F9A4962A6E2E68325771C0065A2E4/\\$File/NT0004404E.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/C22F9A4962A6E2E68325771C0065A2E4/$File/NT0004404E.pdf). Acessado em 3 de dezembro de 2017.

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

SILVA, A.P.; MELO, B. **Hidroponia**. 2015. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/hidropo.htm>>. Acessado em: 12 de novembro de 2017.

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

SILVA, P.F; CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, J. C. C.; COSTA, E. S.; BARBORA, J.T.V. Análise quantitativa da cebolinha irrigada com água salina. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.3, p. 241-251, 2014.

SILVA, A. O.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; A. N.; EVALDO, A. K. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-PE. **Irriga**, v. 17, n. 1, p. 114-125, 2012.

SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. V.; FERNANDES, C. R. R.; DUTRA, A. T. B.; ARAGÃO, R. M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-mansô sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 240-246, 2009.

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; MELO, 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.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; PAZ, V. P. S.; BARCELOSOLIVEIRA, J. L. Uso de águas salobras em sistemas hidropônicos de cultivo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. Fortaleza, CE: INCTSal, p. 373- 390, 2016.

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

SOARES, 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.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2009. 782 p.

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

ZANELLA, F.; LIMA, A. L. S.; SILVA JÚNIOR, F.F.; MACIEL, S. P. A. Crescimento de alface hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação. **Ciência Agrotecnica**, v. 32, n. 2, p. 366 -370, 2008.

## **CAPÍTULO III – ARTIGOS PRODUZIDOS**

### **3.1 - REPOSIÇÃO E FREQUÊNCIA DE CIRCULAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA SALOBRAS SOBRE AS RELAÇÕES HÍDRICAS DA CEBOLINHA**

**RESUMO:** Desenvolveu-se o presente trabalho com o objetivo de avaliar as relações hídricas e a partição de matéria seca da cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) em plantas expostas a seis níveis de salinidade da solução nutritiva (1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0 dS m<sup>-1</sup>), aplicada em duas frequências de circulação (duas vezes ao dia - às 8 e às 16 horas; e três vezes ao dia - às 8, 12 e 16 horas) e cultivadas em hidroponia de baixo custo. Estes tratamentos foram alocados em delineamento experimental inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6x2, com cinco repetições, e repetidos em dois ciclos. No primeiro, a reposição da lâmina evapotranspirada deu-se com as respectivas águas salobras utilizadas no preparo da solução nutritiva e, no segundo, com água de abastecimento (CEa 0,12 dS m<sup>-1</sup>). Verificou-se que aumento da frequência de circulação e o uso de água de abastecimento na reposição, mitigaram os efeitos da salinidade sobre o consumo e eficiência do uso e o teor de água na planta, entretanto, com o incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva, aumentou a alocação de matéria seca na raiz, em detrimento da parte aérea.

**Palavras-chave:** Eficiência do uso da água, salinidade, hidroponia

#### **ABSTRACT**

#### **REPLACEMENT AND FREQUENCY OF CIRCULATION OF SALINE NUTRIENT SOLUTION ON WATER RELATIONS OF THE CHIVES**

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the water relations and the dry matter partition of chives (cv. every year Evergreen - Nebuka) in plants exposed to six salinity levels of the nutrient solution (1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5 and 9.0 dS m<sup>-1</sup>), applied in two circulation frequencies (twice a day - at 8 and 16 hours and three times a day - at 8, 12 and 16 hours) and grown in low cost hydroponics. These treatments were allocated in a completely randomized experimental design, analyzed in a 6x2 factorial scheme, with five replications, and repeated in two cycles. In the first one, the evapotranspiration was replaced with the brackish waters used in the preparation of the nutrient solution, and in the second, with water supply (CEa 0,12 dS m<sup>-1</sup>). It was verified that increased circulation frequency and the use of supply water in the replenishment mitigated the effects of salinity

on the consumption and efficiency of the use and the water content in the plant, however, with the increase of the electrical conductivity of the nutrient solution, increased the allocation of dry matter in the root, to the detriment of the aerial part.

**Key words:** Efficiency of water use, salinity, hydroponics

## INTRODUÇÃO

A salinidade é um dos estresses abióticos que mais comprometem o desenvolvimento e a produtividade das culturas. O primeiro ônus é a redução do potencial osmótico do meio de cultivo o que, dependendo da sua intensidade, pode reduzir o consumo de água, ocasionando estresse hídrico, situação que desencadeia mecanismos de ajuste à condição de estresse, e influenciam diretamente o teor de água (PAULUS et al., 2012) e a alocação de matéria seca na planta (HASANUZZAMAN et al., 2014).

Em situações em que o aproveitamento agrícola de águas salobras é indispensável, depreende-se que o uso de tecnologia compatível é precípuo. Dentre estas técnicas, menciona-se o cultivo sem solo, haja vista que, dado ao ordenamento energético resultante da minimização do potencial matricial, proporciona resultados mais expressivos quando comparado a cultivos em solo, sob mesmo nível de salinidade (SANTOS JÚNIOR et al., 2016). Quando as situações limítrofes envolvem aspectos outros, alheios à salinidade, como infraestrutura deficiente e descapitalização dos pequenos produtores, a utilização de materiais de fácil acesso na implementação desta técnica de maneira adaptada à realidade local, a dita hidroponia de baixo custo, é fundamental (SANTOS JÚNIOR et al., 2013).

No entanto, mesmo em condições hidropônicas, a utilização de estratégias de manejo da solução nutritiva salobra, a exemplo do aumento da frequência de circulação (SILVA et al. 2016) e do uso de água doce na reposição da solução evapotranspirada são recomendadas (SOARES et al., 2016). O aumento da frequência da circulação visa a minimização da variação da concentração de sais e maior oxigenação da solução (SOARES et al. 2010); e a combinação de águas salobras e doces no preparo e reposição da solução nutritiva visa minorar os efeitos da salinidade sobre as plantas (SOARES et al., 2016; LIRA et al., 2015).

Sob condições de escassez hídrica, informações relacionadas ao consumo e eficiência do uso da água de culturas com importância econômica e social, como as hortaliças, são indispensáveis ao planejamento produtivo, assim como a análise das relações hídricas e da partição de matéria seca em plantas sob estresse salino são imprescindíveis para subsidiar estratégias de manejo (SOARES et al., 2015).

Diante do exposto, desenvolveu-se o presente trabalho com o objetivo de avaliar a utilização de frequências de circulação e de água doce na reposição da solução nutritiva salobra, como estratégias de manejo, sobre as relações hídricas e a partição de matéria seca das plantas de cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) cultivadas em hidroponia de baixo custo.

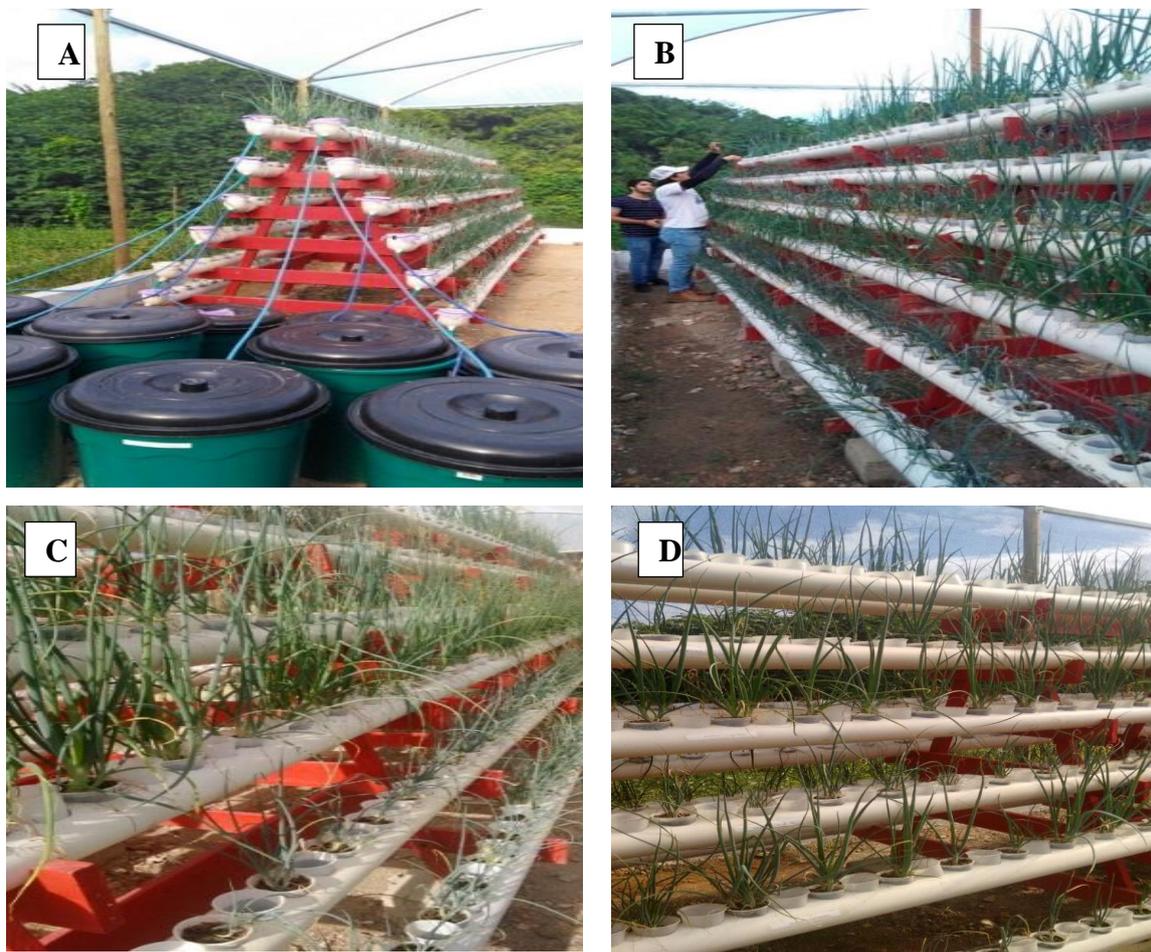
## **MATERIAL E MÉTODOS**

As atividades experimentais foram conduzidas entre dezembro de 2016 e maio de 2017 em casa de vegetação localizada na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE (8° 01' 07" de latitude Sul e 34° 56' 53" de longitude Oeste, e altitude média de 6,5 m). Durante o período experimental, verificou-se temperatura média máxima de 37,4 °C e mínima de 32,2 °C, bem como umidade relativa média máxima de 61,4% e mínima de 44,5%, dentro da casa de vegetação.

Realizaram-se dois ensaios, nos quais se adotou delineamento experimental inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6 x 2 com cinco repetições, com 5 plantas por repetição. Em ambos os trabalhos se testou seis níveis de condutividade elétrica (1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0 dS m<sup>-1</sup>) e duas frequências de circulação da solução nutritiva (duas vezes ao dia - às 8 e às 16 horas; e três vezes ao dia - às 8, 12 e 16 horas), no entanto, no primeiro experimento, a reposição da lâmina evapotranspirada foi efetuada com a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva e, no segundo experimento, com água de abastecimento municipal (0,12 dS m<sup>-1</sup>).

Quanto ao sistema hidropônico (Figura 2), utilizaram-se tubos de PVC (100 mm) adaptados com perfurações circulares (60 mm de diâmetro) a cada 0,14 m, ao longo de 6,0 m de comprimento (Figura 2). Nas extremidades, acoplou-se joelhos de mesma bitola e, em uma delas, incluiu-se uma torneira visando induzir um nível de 0,04 m de solução ao longo do tubo, que foi instalado em nível, ou seja, utilizou-se 12 tubos distribuídos em um suporte de madeira em formato triangular com 1,40 m de largura, 6 m de comprimento e 1,8 m de altura (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

Com relação ao preparo da solução nutritiva, a priori, preencheu-se doze reservatórios distintos com 90 L de água de abastecimento municipal e então solubilizou-se os fertilizantes baseados no quantitativo proposto por Fulani et al. (1999). Posteriormente, calculou-se o quantitativo de NaCl para se estabelecer os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn).



**Figura 2.** Sistema hidropônico com o cultivo de cebolinha (*Allium fistulosum*). Reservatórios da solução (A), medição da altura da planta (B), cebolinha desenvolvida (C) e (D).

No manejo da solução nutritiva adotou-se reciclagem de nutrientes, ou seja, o quantitativo inicial de fertilizantes foi recirculado via solução até o final do ciclo. A frequência de circulação da solução ocorreu conforme tratamentos e o volume aplicado a cada evento (feito de forma manual) foi de duas vezes o volume do tubo imposto pela torneira localizado em sua extremidade. A reposição da lâmina evapotranspirada foi efetuada a cada sete dias e o monitoramento da CESn e pHsn foi efetuado diariamente.

Estudou-se a cultivar de cebolinha (cv. Todo Ano Evergreen - Nebuka). O semeio foi realizado em copos plásticos descartáveis de 180 mL, perfurados nas laterais e no fundo, e preenchidos com substrato fibra de coco; após o semeio, os copos foram inseridos nos tubos definitivos e receberam a solução nutritiva recomendado por Furlani et al. (1999) durante 24 dias. Aos 25 dias após germinação (DAS) as plantas receberam os tratamentos salinos previamente estabelecidos.

Ao final do ciclo da cultura (65 DAS) as variáveis avaliadas em cada estudo foram as seguintes: (i) consumo hídrico (CH), através do somatório das reposições; (ii) a eficiência do uso da

água na produção de fitomassa (fresca e seca) da parte aérea (EUA-FFPA e EUA-FSPA), pela relação entre a massa (fresca e seca) produzida na parte aérea e o consumo hídrico por planta; (iii) o teor de água na planta (TAR), na parte aérea (TAPA) e raiz (TAR) por planta; (iv) a relação raiz/parte aérea ( $r R/PA$ ) e a (v) partição de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e da raiz (PMSR) de acordo com Magalhães (1979).

Os resultados do experimento foram submetidos a análise de variância, mediante teste F. As CEs<sub>n</sub> foram comparadas mediante análise de regressão e as frequências de circulação mediante teste de médias (Tukey), com auxílio de um software estatístico (FERREIRA, 2011) em nível de significância de 0,05 de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

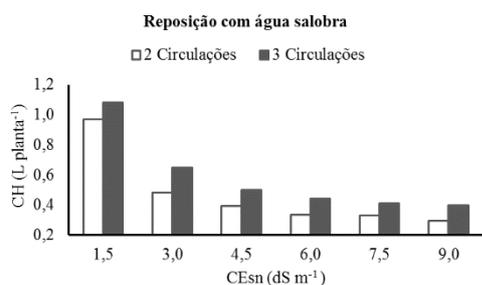
Em relação a CEs<sub>n</sub>, sob reposição com água salobra (AS), a solução com CEs<sub>n</sub> inicial de 1,5 dS m<sup>-1</sup> não superou a variação recomendada de 25% (Furlani et al., 1999) em nenhum momento do ciclo, no entanto, as soluções com CEs<sub>n</sub> inicial de 3,0; 4,5; 6,0, 7,5 e 9,0 dS m<sup>-1</sup> superaram o percentual recomendado aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAS, respectivamente. Sob reposição com água de abastecimento municipal (AB) verificou-se decréscimos nas CEs<sub>n</sub> iniciais, porém todas as variações foram inferiores a 25%.

Sobre o pH<sub>sn</sub>, a recomendação (Furlani et al., 1999) e que esteja na faixa 5,5-6,5. No presente trabalho não houve correção do pH<sub>sn</sub> com o objetivo de simular situações de campo, em que o pequeno produtor não disponha de equipamentos de medição ou formas de correção. Via de regra, verificou-se que na CEs<sub>n</sub> de 1,5 dS m<sup>-1</sup>, sob reposição com AS e AB, após os 14 DAS, o pH foi inferior a 5,5, chegando até 5,2 ao final do ciclo. Nos demais casos, notou-se valores de pH<sub>sn</sub> dentro da faixa recomendada.

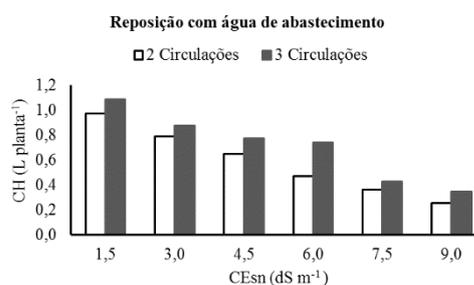
Com uso de AS na reposição (Figura 3A) as plantas consumiram menos água do que sob reposição com AB (Figura 3B), sendo verificado, sob CEs<sub>n</sub> de 6,0 dS m<sup>-1</sup> e frequência de circulação de duas e três vezes ao dia, um consumo médio de 0,33 e 0,44 L/planta para a produção de plantas com 11,50 e 11,72 g sob reposição com AS, respectivamente, e 0,46 e 0,73 L/planta para a produção de plantas com 14,03 e 14,68 g sob reposição com AB, respectivamente. A redução no consumo hídrico sob soluções nutritivas salobras já foram constatados para a alface (PAULUS et al., 2012), o coentro (SANTOS JÚNIOR et al., 2015) e outras hortaliças (SILVA et al., 2012), em todos estes casos, associou-se ao aumento da CEs<sub>n</sub> e a redução do potencial osmótico. Não obstante, o uso do aumento da frequência como estratégia mitigadora do efeito salino sobre o consumo hídrico pode ser

associado a menor variação concentração de sais, maior homogeneização e oxigenação da solução nutritiva (SOARES et al.,2016).

A.



B.



**Figura 3.** Médias do consumo hídrico de plantas de cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) sob reposições e frequências de circulação da solução nutritiva salobra.

A CEsn proporcionou modificações ( $p < 0,05$ ) em todas as variáveis relacionadas às relações hídricas; já a frequência de circulação influenciou ( $p < 0,05$ ) a EUA e, quando sob reposição com AS, o TAPA e o TAR. Com relação a interação entre os tratamentos, sob reposição com AS, verificou-se efeito significativo para a EUA-FFPA, EUA-FSPA, TAP e TAPA; sob reposição com AB para a EUA-FFPA.

**Tabela 2.** Resumo do teste F para a eficiência do uso da água na produção de fitomassa fresca e seca da parte aérea, teor de água na planta, teor de água na parte aérea e teor de água na raiz das plantas de cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) em função de estratégias de uso de água salobra e frequências de circulação da solução nutritiva.

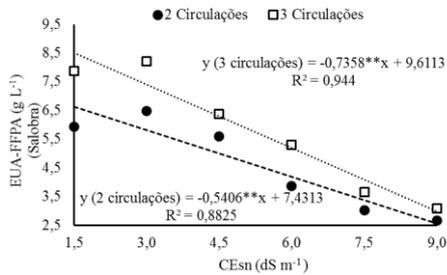
Causa de variação	GL	Teste F									
		EUA – FFPA		EUA – FSPA		TAP		TAPA		TAR	
		AS <sup>1</sup>	AB	AS <sup>1</sup>	AB	AS	AB	AS	AB	AS	AB
Salinidade (S)	5	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg.Linear	1	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**
Frequência (F)	1	**	**	**	**	ns	ns	**	ns	**	ns
Interação S x F	5	**	**	**	ns	**	ns	**	ns	ns	ns
CV	%	4,83	10,65	3,49	8,12	2,00	0,60	2,47	0,65	1,90	1,60

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\* = significativo a 0,01 de probabilidade; \* = significativo a 0,05 de probabilidade; ns = não significativo. EUA – FFPA e EUA - FSPA = eficiência do uso da água na produção de fitomassa fresca e seca da parte aérea, respectivamente; TAP, TAPA e TAR = teor de água na planta, na parte aérea e na raiz, respectivamente. AS = reposição com a respectiva água salobra e AB = reposição com água de abastecimento. <sup>1</sup>Transformação em  $(X+0,5)/0,5$ . Grau de liberdade do resíduo: 48.

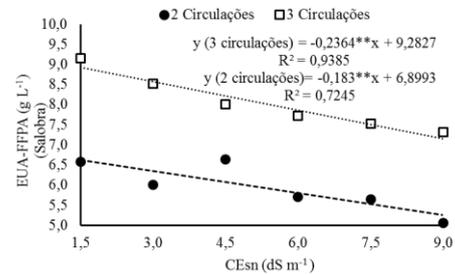
Sob reposição com AS, a EUA-FFPA (Figura 4A) diminuiu linearmente à razão de 0,5406 g L<sup>-1</sup> e 0,7358 g L<sup>-1</sup> a cada dS m<sup>-1</sup> incremento na CEsn, sob duas e três circulações dia<sup>-1</sup>, respectivamente, no intervalo salino proposto; com uso de AB (Figura 4B), no entanto, as perdas por

incremento unitário foram menores ( $0,183 \text{ g L}^{-1}$  e  $0,236 \text{ g L}^{-1}$  sob duas e três circulações dia<sup>-1</sup>, respectivamente). Depreende-se portanto, que a redução do consumo hídrico decorrente do incremento da CEsn desencadeou processos de ajuste ao estresse que também limitaram a produção de fitomassa e a manutenção do teor de água, consequências cuja pujança foi prontamente influenciada pela reposição e frequência de circulação da solução nutritiva.

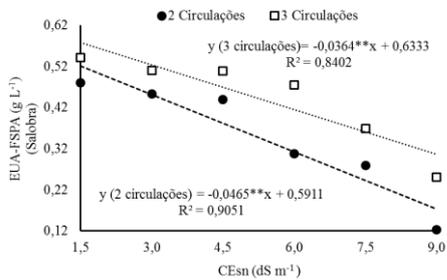
A.



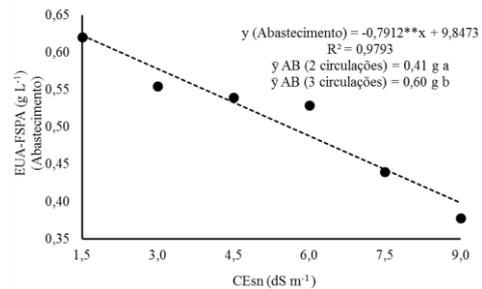
B.



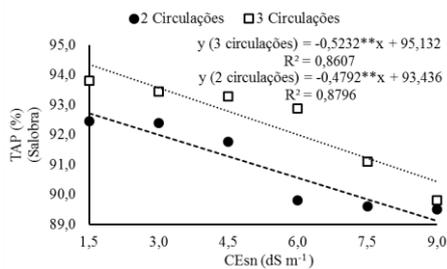
C.



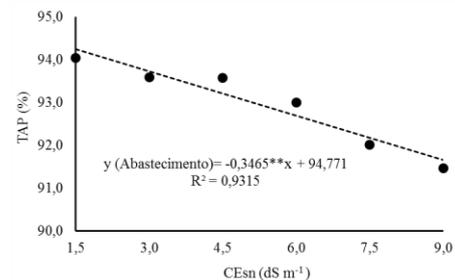
D.



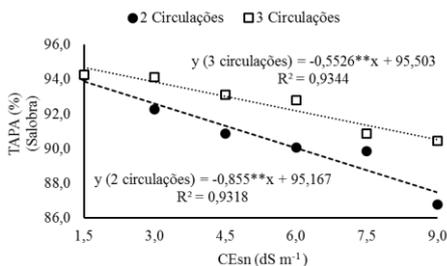
E.



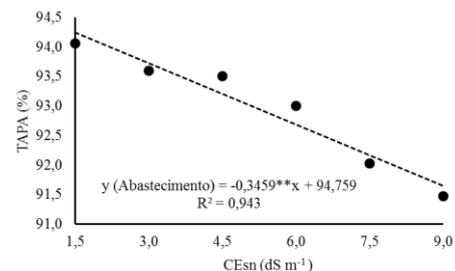
F.



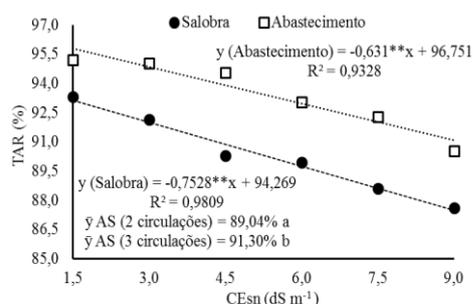
G.



H.



I.



**Figura 4.** Eficiência do uso da água para a fitomassa fresca (A e B) e seca (C e D) da parte aérea e o teor de água na planta (E e F), parte aérea (G e H) e na raiz (I) sob reposição com água salobra e abastecimento municipal, respectivamente, em plantas de cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) sob reposições e frequências de circulação da solução nutritiva salobra.

Quanto à EUA-FSPA, as perdas por  $\text{dS m}^{-1}$  incrementado sob reposição com AS (Figura 4C), foram estimadas em  $0,0465 \text{ g L}^{-1}$  e  $0,0364 \text{ g L}^{-1}$  e sob reposição com AB (Figura 4D), estimou-se decréscimo relativo de  $0,7912 \text{ g L}^{-1}$ , com eficiência média de  $0,41$  e  $0,60 \text{ g L}^{-1}$  quando adotou-se duas e três circulações  $\text{dia}^{-1}$ . Com a limitação hídrica imposta pela redução osmótica e o consequente fechamento dos estômatos, provavelmente, a assimilação de  $\text{CO}_2$  foi comprometida (TABAGIBA et al., 2014) e, indubitavelmente, a produção de massa seca (MANTOVANI et al., 2013). Vale ressaltar, no entanto, especialmente sob reposição com AS, que o aumento na frequência de circulação mitigou o efeito salino sobre a relação entre a fitomassa seca produzida por unidade de água consumida em até  $47,17\%$  ( $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ ).

No caso das hortaliças, o TAP apontado como ideal está na faixa entre  $75$  e  $95\%$  (LUENGO et al., 2009). No presente trabalho, em todos os tratamentos, o TAP foi superior a  $89\%$ ; com efeito, sob reposição com AS a variação no TAP (Figura 4E) entre plantas submetidas a  $1,5$  e  $9,0 \text{ dS m}^{-1}$  foi de  $3,87\%$  e  $4,15\%$ , quando adotou-se duas ou três circulações ao dia, respectivamente. Quando se utilizou AB na reposição, não houve interferência da frequência ( $p > 0,05$ ), entretanto, o TAP (Figura 4F) diminuiu à razão de  $0,365\%$  a cada  $\text{dS m}^{-1}$  incrementado. Esta pequena variação no TAP quando se compara plantas sob  $1,5$  e  $9,0 \text{ dS m}^{-1}$  e também por incremento unitário da CESn, pode estar associada ao fechamento parcial dos estômatos, estratégia que favorece a manutenção do estado hídrico da planta e mitigando a redução no TAP (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Quando se comparou o TAPA das plantas sob  $1,5$  e  $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ , verificou-se redução de  $6,83$  e  $4,37\%$  sob duas e três circulações  $\text{dia}^{-1}$ , respectivamente, sob reposição com AS (Figura 4G) e, em termos relativos,  $0,365\%$  quando utilizou-se AB (Figura 4H). Vale ressaltar, no entanto, que o TAPA não foi inferior a  $85\%$  em nenhum dos tratamentos testados, no entanto, sua redução significativa, embora numericamente menor em relação as demais variáveis, tem grande impacto na textura das

folhas. Resultados análogos também foram registrados com outras hortaliças como o manjeriço (BIONE et al., 2014) e o coentro (SANTOS JÚNIOR et al., 2015).

Na raiz, quando se utilizou AS na reposição, o TAR em plantas sob duas (89,04%) foi menor que naquelas sob três circulações dia<sup>-1</sup> (91,3%) (Figura 4I); as perdas relativas por dS m<sup>-1</sup> incrementado, quando a reposição foi efetuada com AB, foram de 0,652%. Depreende-se, portanto que, nas raízes, as consequências do estresse são imediatas e decorrentes das alterações nas relações hídricas das células; dependem da intensidade do estresse, como ficou patente na diferença entre os resultados em função da água de reposição; entretanto, o seu processo de recuperação também pode ser mais eficiente, uma vez que os sais tendem a ser exportados às folhas mantendo os níveis de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> com tendência constante no tempo (WILLADINO; CÂMARA, 2010).

Em análise geral, dada a diferença verificada no TAP, TAPA e TAR em função da água de reposição, pode-se inferir que sob reposição com AB, provavelmente, houve maior eficiência do ajuste osmótico realizado pelas plantas de cebolinha, evidenciado pela necessidade da frequência de circulação (p>0,05) como agente mitigador e corroborado pela tendência decrescente das CEs<sub>n</sub>.

As variáveis r R/PA, PMSPA e PMSR foram influenciadas (p<0,01) pela CEs<sub>n</sub> quando a reposição da lâmina evapotranspirada foi efetuada com AS e AB. Verificou-se ainda efeito significativo (p<0,01) da frequência de circulação sobre a r R/PA em plantas sob reposição com AS e, nas plantas sob reposição com AB, sobre a r R/PA e a PMSR. A interação entre os tratamentos ocasionou efeito significativo sobre a r R/PA (p<0,05), não sendo verificado efeito significativo (p>0,05) sobre as demais variáveis.

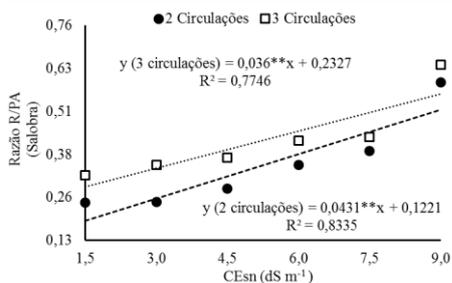
**Tabela 3.** Resumo do teste F para índice de produção de fitomassa da parte aérea, relação raiz/parte aérea, partição de matéria seca da parte aérea e raiz das plantas de cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) em função de estratégias de uso de água salobra e frequências de circulação da solução nutritiva.

Causa de variação	GL	Teste F					
		r R/PA		PMSPA		PMSR	
		AS	AB <sup>1</sup>	AS	AB	AS	AB
Salinidade (S)	5	**	**	**	**	**	**
Reg. Linear	1	**	**	**	**	**	**
Frequência (F)	1	**	**	ns	ns	ns	**
Interação S x F	5	**	**	ns	ns	ns	ns
CV	%	10,16	3,78	4,61	5,75	11,50	9,10

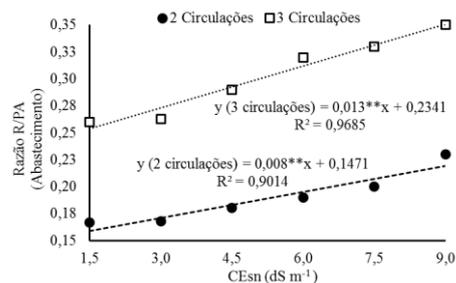
GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\* = significativo a 0,01 de probabilidade; \* = significativo a 0,05 de probabilidade; ns = não significativo. AS = reposição com a respectiva água salobra e AB = reposição com água de abastecimento; r R/PA= relação Raiz/Parte aérea; PMSPA= Partição de matéria seca da parte aérea; PMSR= Partição de matéria seca na raiz; AS = reposição com a respectiva água salobra e AB = reposição com água de abastecimento.  
<sup>1</sup>Transformação em (X + 0,5)<sup>0,5</sup>. Grau de liberdade do resíduo observado foi 48.

Sobre a r R/PA, em plantas sob reposição com AS (Figura 5A) verificou-se aumento linear de 35,29% para duas e 15,47% para três circulações dia<sup>-1</sup>, no intervalo salino entre 1,5 e 9,0 dS m<sup>-1</sup>. Quando se utilizou AB (Figura 5B) o aumento foi de 5,43% para duas circulações e para três circulações o aumento foi de 5,55% nos intervalos salinos adotados. Em tempo, embora tenha-se verificado efeito mitigador do aumento da frequência de circulação, o aumento da CEs<sub>n</sub> imposto pela reposição com AS, provavelmente, resultou em maiores perdas na FSPA, incrementando os valores da r R/PA. Verificou-se ainda, menor influência da salinidade em decorrência da diluição da CEs<sub>n</sub> pela reposição com AB, no entanto, ficou patente, em ambas as situações, que a CEs<sub>n</sub> promoveu alteração expressiva na partição da massa seca da planta (BIONE et al., 2014), conforme também foi verificado para outras hortaliças (SILVA et al., 2013; PAULUS et al., 2010).

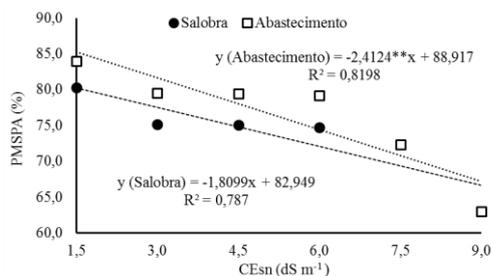
A.



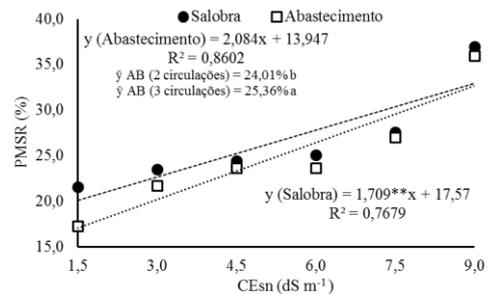
B.



C.



D.



**Figura 5.** Relação raiz/parte sob reposição com (A) água salobra e (B) abastecimento; Partição de matéria seca da parte aérea (C) e na raiz (D) de plantas de cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) sob reposições e frequências de circulação da solução nutritiva salobra.

A redução na PMSPA ocorreu à razão de 2,18 e 2,71% a cada dS m<sup>-1</sup> incrementado, sob reposição com AS e AB, respectivamente (Figura 5C). Em trabalhos com outras hortaliças sob estresse salino, essa tendência também foi verificada (BIONE et al., 2014; SILVA et al., 2013) e expressa, em termos gerais, o resultado deletério da exportação e acúmulo de sais na parte aérea como forma de ajuste ao estresse imposto (SILVA et al., 2003). Com efeito, no presente trabalho, à medida que a CEs<sub>n</sub> aumentou, a diferença verificada entre a PMSPA nas plantas sob reposição com AS e AB reduziu, sendo de 5,15% sob 3,0 dS m<sup>-1</sup> e chegando a 0,97% sob 9,0 dS m<sup>-1</sup>.

A alocação de fitomassa seca na raiz foi incrementada à razão de 9,72 e 14,94% por dS m<sup>-1</sup> aumentado, sob reposição com AS e AB, respectivamente (Figura 5D). Não obstante, verificou-se média de 24,01 e 25,36% quando adotou-se duas e três circulações por dia, respectivamente. A partir da tendência de aumento no acúmulo de matéria seca na raiz nas condições salinas postas, infere-se que a salinidade proporcionou aumento na alocação de matéria seca na raiz, em detrimento da parte aérea da planta, conforme também foi verificado por outros autores (BIONE et al., 2014; MACIEL et al., 2012) que atribuíram este resultado principalmente à redução da massa de matéria na parte aérea.

## CONCLUSÕES

1. Embora tenha havido perdas decorrentes do estresse salino, o teor de água na cebolinha foi superior a 86% em todas as partes da planta; o consumo e a eficiência do uso da água também decresceu, entretanto o aumento da frequência de circulação e uso de água de abastecimento na reposição, mitigaram seus impactos.
2. Com o incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva, aumentou a alocação de matéria seca na raiz, em detrimento da parte aérea.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIONE, M. A. A.; PAZ, V. P. S.; SILVA, F.; RIBAS, R. F.; SOARES, T. M. Crescimento e produção de manjeriço em sistema hidropônico NFT sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1228-1234, 2014.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FURLANI, P.R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, v.2, n.481, p.777-778, 1999.

HASANUZZAMAN, M.; ALAM, M. M.; RAHMAN, A.; HASANUZZAMAN, M.; NAHAR K.; FUJITA, M. Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against saltinduced oxidative stress in two rice

(*Oryza sativa* L.) varieties. **BioMed Research Internatinal**, Juazeiro do Norte, v. 1, n. 2, p. 1-17, 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.

LUENGO, R. F. A.; CALBO, A. G. Embalagens para comercialização de hortaliças e frutas no Brasil. 1. ed. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, p. 256, 2009.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (ed.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v.1, p.331-350, 1979.

MANTOVANI, E. C.; DELAZARI, F. T.; DIAS, L. E.; ASSIS, I. R.; VIEIRA, G. H. S.; LANDIM, F. M. Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, p.602-606, 2013

PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. Growth, water consumption and mineral composition of lettuce in hydroponic system with saline water. **Revista Ceres**, v. 59, n. 1, p. 110-117, 2012.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v.28, n. 1, p. 29-35, 2010.

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

SANTOS JÚNIOR, J.A.; GHEYI, H.R.; CAVALCANTE, A.R.; MEDEIROS, S.S.; DIAS, N.S.; SANTOS, D.B. Water use efficiency of coriander produced in a low-cost hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.12, p.1152–1158, 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. **Engenharia Agrícola**, v.33, n.4, p. 718-729, 2013.

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

SILVA, 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**, Recife, v.8, n.3, p.476-482, 2013.

SILVA, A. O.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, N. A.; KLAR, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-PE. **Irriga**, v. 17, n. 1, p. 114-125, 2012.

SILVA J. V.; LACERDA, C. F.; COSTA, P. H. A.; ENÉAS-FILHO, J.; GOMESFILHO, E.; PRISCO, J. T. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl<sub>2</sub>. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 15, n. 2, p. 99-105, 2003.

SOARES, H. R.; SILVA, E. F. de F. e; SILVA, G. F. da; 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**, Campina Grande, v. 19, n. 7, p. 636-642, 2015.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; PAZ, V. P. S.; BARCELOSOLIVEIRA, J. L. Uso de águas salobras em sistemas hidropônicos de cultivo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. Fortaleza, CE: INCTSal, p. 373- 390, 2016.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. 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.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2009. 782 p.

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

### **3.2 - PRODUÇÃO DE CEBOLINHA SOB ESTRATÉGIAS DE USO DE ÁGUA SALOBRA EM HIDROPONIA DE BAIXO CUSTO**

**RESUMO:** O cultivo de hortaliças em regiões semiáridas, especialmente no contexto de uso de águas salobras, tem sido viabilizado pelo uso da técnica da hidroponia. Diante disto, foram conduzidos, entre três de janeiro de 2016 e abril de 2017, dois experimentos em ambiente protegido na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE (8° 1'7" Sul e 34° 56' 53" Oeste, altitude média de 6,5 m), objetivando-se avaliar a produção da cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) em plantas expostas a níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0 dS m<sup>-1</sup>) adotando-se duas frequências de circulação desta solução (duas vezes ao dia - às 8 e às 16 horas; e três vezes ao dia - às 8, 12 e 16 horas) em hidroponia de baixo custo. Em ambos os casos, utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 2, com cinco repetições. Não obstante, no Experimento I a reposição da lâmina evapotranspirada foi realizada usando a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução e no Experimento II com água de abastecimento da UFRPE (0,12 dS m<sup>-1</sup>). Concluiu-se que o uso de três circulações da solução nutritiva por dia atenuou as perdas das variáveis biométricas e da produção de fitomassa fresca e seca das plantas sob reposição com água salobra e, quando adotou-se água de abastecimento, passou a ter maior papel mitigador com o aumento da salinidade da solução nutritiva.

**Palavras-chaves:** Frequência de circulação. Solução nutritiva. Salinidade.

#### **CHIVES PRODUCTION AND STRATEGIES FOR THE USE OF SALINE WATER IN LOW COST HYDROPONY**

**ABSTRACT:** The cultivation of vegetables in semi - arid regions, especially in the context of brackish water use, has been made possible by the use of the hydroponics technique. In this way, two experiments were carried out between January 2016 and April 2017 in a protected environment at the Federal Rural University of Pernambuco, Recife-PE (8 ° 1 '7" South and 34 ° 56 '53" (Evergreen - Nebuka) with the objective of evaluating the production of chives plants exposed to levels of electrical conductivity of the nutrient solution (1,5, 3,0, 4,5, 6,0; 7.5 and 9.0 dS m<sup>-1</sup>), using two frequencies of circulation of this solution (twice a day - at 8 and 16 hours, and three times a day - at 8, 12 and 16 hours) in a hydroponic system. ). In both experiments, a completely randomized experimental design was used, in a 6 x 2 factorial scheme, with five replications. However, in Experiment I, the evapotranspiration depth replacement was performed using the respective brackish water used in the

preparation of the solution and in Experiment II with UFRPE supply water ( $0.12 \text{ dS m}^{-1}$ ). It was concluded that the use of three frequencies of circulation of the nutrient solution per day attenuated the losses of the biometric and the production variables of fresh and dry phytomass of the plants under replacement with brackish water, and when water was supplied, with the increase of the salinity of the nutrient solution.

**Keywords:** Frequency of circulation. Nutrition solution. Salinity.

## INTRODUÇÃO

A cebolinha (*Allium fistulosum* L.) é uma das hortaliças condimentares mais apreciadas na alimentação humana (CARDOSO; BERNI, 2012; ARAUJO et al.; 2016). A cultivar mais tradicional é a “Todo ano Evergreen - Nubuka”, muito utilizada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil; com folhas de coloração verde clara, caracteriza-se pelo intenso perfilhamento formando touceiras, de modo que sua colheita se dá por meio de cortes entre os 55 e 80 dias após o plantio, quando as folhas atingem de 0,20 a 0,40 m de altura e seu rebrotamento pode ser explorado por 2 a 3 anos (FILGUEIRA, 2008). No entanto, quando cultivada de forma tradicional, a céu aberto, a exposição das plantas a fatores abióticos, como a salinidade, pode reduzir a quantidade e a qualidade do produto colhido (ARAUJO et al., 2016).

Mais recorrente em condições semiáridas, dado a condições hidrogeológicas próprias, a salinidade promove modificações nas atividades metabólicas das células e no processo de alongamento celular, afetando o crescimento e a produção da planta e, em casos extremos, pode ocasionar a morte do organismo como um todo (SAIRAM & TYAGI, 2004), especialmente em função dos níveis osmóticos, que somado ao potencial matricial, demandam da planta maior energia para absorção de água e nutrientes.

Em condições hidropônicas, no entanto, este ordenamento energético é função, principalmente, do potencial osmótico, em decorrência da minimização do potencial matricial pela ausência do solo (SOARES FILHO et al., 2016). Destarte, a adequação desta técnica à necessidade e a realidade de pequenos agricultores, a dita hidroponia de baixo custo (SANTOS JÚNIOR et al., 2016), se constitui em uma alternativa para a produção de hortaliças em regiões com limitação de água e que o uso de água salobra na agricultura se torna indispensável (SANTOS et al., 2010; SOARES et al., 2010; JESUS et al., 2015).

Não obstante, a adoção de estratégias de uso da água salobra em cultivos hidropônicos pode minimizar ainda mais os danos impostos e potencializar a produção das culturas, especialmente de olerícolas (SOARES et al., 2010). Em tempo, menciona-se resultados expressivos no cultivo de

hortaliças sob a adoção de técnicas como o preparo da solução nutritiva com água salobra e a reposição da lâmina evapotranspirada com água de abastecimento, em decorrência da redução sucessiva da concentração de sais ao longo de cada reposição (ALVES et al., 2011; SOARES et al., 2010) e sob o uso de maiores frequências de circulação, da solução nutritiva dado a minimização da variação da concentração de sais e maior oxigenação da solução (SOARES et al., 2016).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a produção da cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) em plantas expostas a estratégias de uso de água salobras, baseados na reposição da solução nutritiva evapotranspirada e na sua frequência de circulação, no contexto da hidroponia de baixo custo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação (Figura 6) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE (8° 1' 7" de latitude Sul e 34° 56' 53" de longitude Oeste, e altitude média de 6,5 m) entre dezembro de 2016 e maio de 2017. Neste período, no ambiente experimental, verificou-se temperatura média máxima de 37,4 °C e mínima de 32,2 °C, bem como umidade relativa média máxima de 61,4% e mínima de 44,5%.



**Figura 6.** Local de montagem do experimento.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6 x 2, com cinco repetições. Os tratamentos consistiram na utilização de seis níveis de salinidade da solução nutritiva (1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0 dS m<sup>-1</sup>) e duas frequências de circulação

(duas vezes ao dia - às 8 e às 16 horas; e três vezes ao dia - às 8, 12 e 16 horas). No primeiro experimento, a reposição da lâmina evapotranspirada foi efetuada com a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva e, no segundo experimento, com água de abastecimento ( $0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ) municipal.

Quanto ao sistema hidropônico de baixo custo, foi composto por doze tubos de PVC de 100 mm, em nível, com joelhos nas extremidades e, em um deles, adaptado com uma torneira para induzir um nível de quatro centímetros de solução ao longo do tubo. O cultivo foi previsto em copos descartáveis de 180 mL, preenchidos com fibra de coco e perfurados no terço final das laterais e no fundo, os quais foram alocados em orifícios de sessenta milímetros espaçados a cada quatorze centímetros feitos nos tubos. Estes tubos foram dispostos em uma estrutura vertical de madeira (6 x 1,40 m) em formato triangular (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

Em relação ao preparo da solução nutritiva, em doze reservatórios distintos colocou-se 90 L de água de abastecimento ( $0,12 \text{ dS m}^{-1}$ ) e, solubilizou-se o quantitativo de fertilizantes preconizado por Furlani et al. (1999). Em seguida, adicionou-se NaCl em quantidade adequada estimada em base de relação empírica proposto por Richards (1954) e obteve-se os níveis desejados de salinidade da solução nutritiva.

Tabela 4. Composição da solução nutritiva padrão utilizada (FURLANI et al. 1999).

<b>Sal ou fertilizante</b>	<b>g 1.000 L<sup>-1</sup></b>
Nitrato de cálcio hydro especial ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ )	750,00
Nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ )	500,00
Fosfato monoamônico (MAP)	150,00
Sulfato de magnésio ( $\text{MgSO}_4$ )	400,00
Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4$ )	0,15
Sulfato de zinco ( $\text{ZnSO}_4$ )	50,00
Sulfato de manganês ( $\text{MnSO}_4$ )	1,50
Ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	1,50
Molibdato de sódio ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	0,15
Molibdato de amônio ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ )	0,15
Tenso-Fe (FeEDDHMA-6% Fe,)	30,00

O manejo da solução nutritiva baseou-se na reciclagem de água e nutrientes (sistema fechado), sendo a reposição da solução nutritiva evapotranspirada realizada semanalmente conforme cada tratamento. A frequência de circulação foi efetuada conforme tratamento, no entanto, a cada evento de circulação aplicou-se duas vezes o volume do tubo, com vistas a homogeneizar e aerar a solução. Os parâmetros de condutividade elétrica (CESn) e o pH da solução nutritiva (pHsn) foi efetuada diariamente, não sendo considerado necessário realizar ajustes, em virtude de pequenas variações.

A cultura avaliada foi a cebolinha (cv. Todo Ano Evergreen - Nebuka) com semeio realizado diretamente nos copos descartáveis preenchidos com fibra de coco; após o semeio, estes foram inseridos nos tubos definitivos e receberam a solução de Furlani et al. (1999) até aos 24 dias. Aos 25 dias após germinação (DAS) as plantas receberam os tratamentos salinos estabelecidos.

As variáveis de produção foram avaliadas ao final do ciclo da cultura (65 DAS), a saber: (i) fitomassa fresca total, da parte aérea e da raiz por planta, ou seja, as respectivas massas frescas foram coletadas e imediatamente pesadas em balança com resolução de 0,01g, em seguida, foram acondicionadas em uma estufa de ventilação a 65° C até atingir peso constante, posteriormente, obteve-se a (ii) fitomassa seca total, da parte aérea e da (iii) raiz. De posse destas variáveis, calculou-se o (iv) percentual de massa seca total, da parte aérea e da raiz. Mediu-se ainda (v) o comprimento da raiz, que foi realizado do ponto de inserção caulinar até a ponta da raiz e (vi) a altura da planta, do colo da planta até o topo da última folha.

Os resultados foram submetidos a análise de variância, mediante teste “F”. Quando constatado efeito significativo da interação entre os tratamentos, desdobrou-se e priorizou-se a sua discussão. Nos demais casos, os fatores quantitativos foram comparados por análise de regressão e os fatores qualitativos mediante teste de médias (Tukey) em nível de 0,05 de probabilidade. Todas as análises foram efetuadas com auxílio de um software estatístico (FERREIRA et al., 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando se adotou reposição da solução nutritiva evapotranspirada com água salobra (Experimento I), observou-se tendência de acúmulo de sais na solução, com aumento máximo da  $CE_{sn}$ , em relação aos níveis iniciais, verificado sob 3,0  $dS\ m^{-1}$  (33%) e 4,5  $dS\ m^{-1}$  (31%); em contrapartida, notou-se tendência de decréscimo no  $pH_{sn}$ , com as reduções mais expressivas verificadas nos níveis de  $CE_{sn}$  de 1,5  $dS\ m^{-1}$  (14%) e 6,0  $dS\ m^{-1}$  (11%).

Sob reposição da solução com água de abastecimento (Experimento II), a tendência foi de redução da  $CE_{sn}$ , sendo que nos tratamentos 6,0  $dS\ m^{-1}$  (18%) e 9,0  $dS\ m^{-1}$  (16%) observou-se maior diminuição percentual; quanto ao  $pH_{sn}$  também se verificou tendência de diminuição, com redução máxima constatada no nível de 1,5  $dS\ m^{-1}$  de  $CE_{sn}$  (14%).

Em suma, as oscilações da  $CE_{sn}$  e do  $pH_{sn}$  quando se adotou reposição com água de abastecimento estiveram dentro da faixa recomendada por Furlani et al. (1999), ou seja, uma variação máxima da  $CE_{sn}$  de 25% e o pH entre 5,5 - 6,5. No caso do uso da água salobra, a variação da  $CE_{sn}$  extrapolou a variação máxima recomendada devido ao sucessivo aporte de NaCl, sendo observado essa variação na segunda avaliação, no entanto, o  $pH_{sn}$  esteve dentro da faixa proposta.

De acordo com os resultados da análise de variância, a fitomassa fresca total (FFT), da parte aérea (FFPA) e da raiz (FFR), assim como a fitomassa seca total (FST), da parte aérea (FSPA) e da raiz (FSR) foram influenciadas significativamente ( $p < 0,01$ ) pela condutividade elétrica e pela frequência de circulação da solução nutritiva, bem como pela interação entre os tratamentos, sob reposição da lâmina evapotranspirada com água salobra ou abastecimento. (Tabela 5).

**Tabela 5.** Resumo de Teste F para a fitomassa fresca e seca total, da parte aérea e da raiz da cebolinha (cv. “Todo Ano” Evergreen – Nebuka) sob diferentes níveis de salinidade e de frequência de circulação da solução nutritiva adotando-se estratégias de reposição da lâmina evapotranspirada com a respectiva água salobra (Experimento I) e com água de abastecimento (Experimento II).

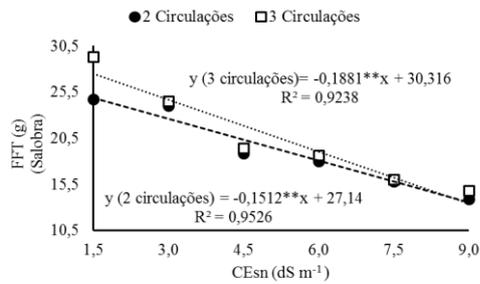
Causa de variação	GL	Teste F											
		FFT		FFPA		FFR		FST		FSPA		FSR	
		AS	AB	AS	AB	AS	AB	AS	AB	AS	AB	AS	AB
Salinidade (S)	5	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadrática	1	**	**	ns	ns	**	**	ns	**	ns	ns	ns	**
Frequência (F)	1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Interação S x F	5	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV	%	9,51	3,59	11,70	3,77	13,29	10,73	10,36	6,14	12,77	6,96	9,29	13,25

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\* = significativo a 0,01 de probabilidade; \* = significativo a 0,05 de probabilidade; ns = não significativo. FFT, FFPA e FFR = fitomassa fresca total, da parte aérea e da raiz; FST, FSPA e FSR = fitomassa seca total, da parte aérea e da raiz. AS = reposição com a respectiva água salobra e AB = reposição com água de abastecimento. Grau de liberdade para resíduo foi de 48.

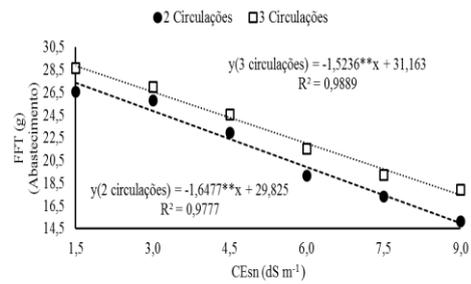
A FFT das plantas sob reposição com água salobra (Figura 7A), reduziu, de forma linear, à razão de 0,1512 e 0,1881 g a cada  $dS\ m^{-1}$  incrementado à CEsn, conquanto, quando se comparou os resultados das plantas sob 1,7 e 9,0  $dS\ m^{-1}$  as perdas foram estimadas em 45,59% e 51,23%, sob frequências de duas e três vezes circulações  $dia^{-1}$ , respectivamente. Estas perdas foram menores (45,17% e 39,57%) quando utilizou-se água de abastecimento (Figura 7B) na reposição e, neste caso, a FFT foi minimizada à razão de 1,6477 e 1,5236 g, por incremento unitário da CEsn, sob duas e três vezes circulações  $dia^{-1}$ , respectivamente. Outras hortaliças sob estresse salino também apresentam redução da FFT, como notado por Oliveira et al. (2013) que, ao submeter plantas de rúcula níveis de CEsn (1,2; 2,2; 3,2; 4,2 e 5,2  $dS\ m^{-1}$ ) também verificaram redução na FFT em resposta ao aumento da CEsn.

A.

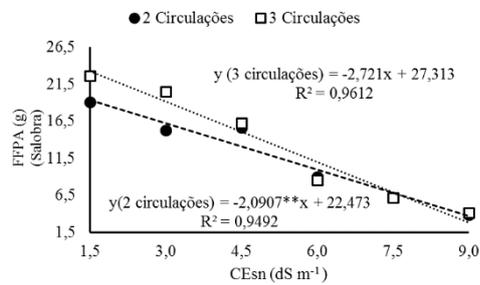
B.



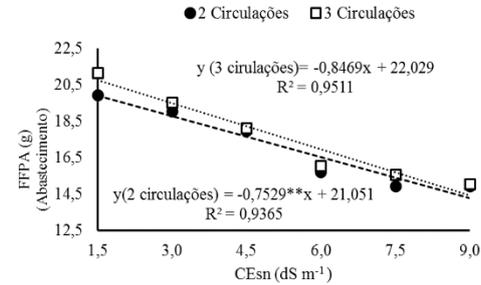
C.



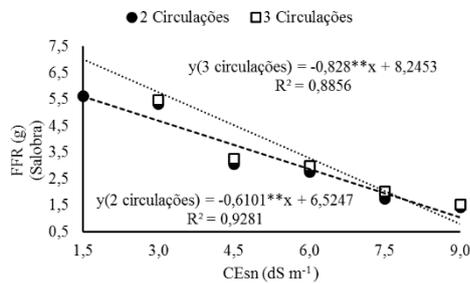
D.



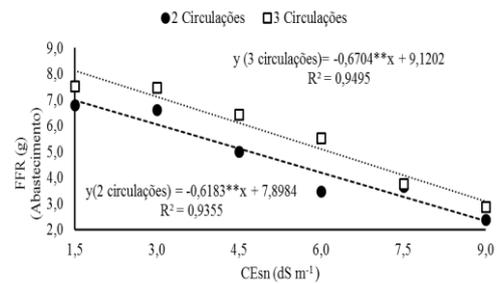
E.



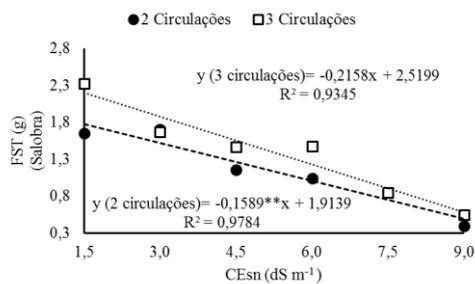
F.



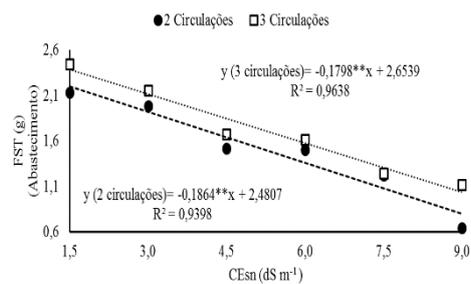
G.



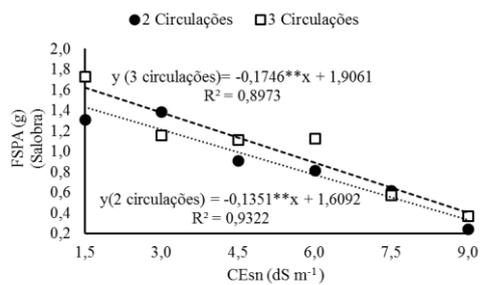
H.



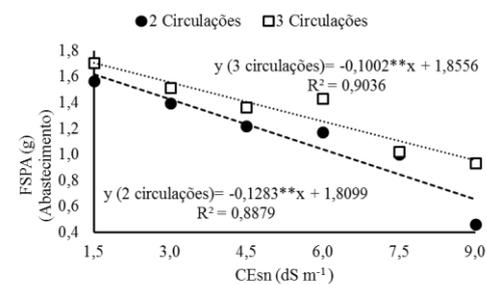
I.



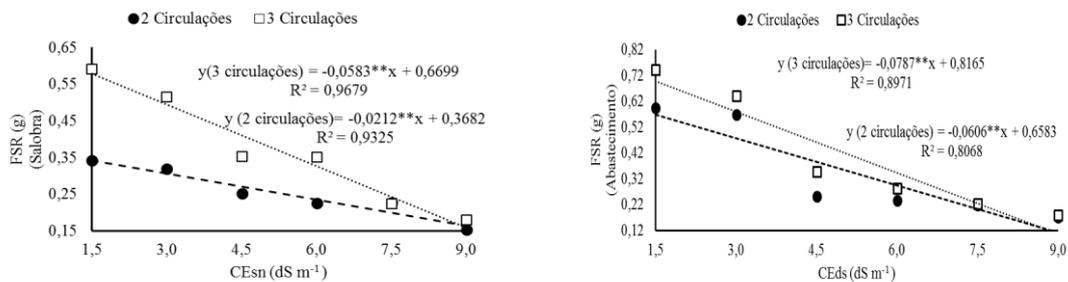
J.



K.



L.



**Figura 7.** Desdobramento da interação entre os tratamentos para a fitomassa fresca total, da parte aérea, da raiz, bem como fitomassa seca total, da parte aérea e da raiz sob reposição com água salobra (A, C, E, G, I, K) e água de abastecimento (B, D, F, H, J, L), para cebolinha (cv. Todo ano Evergreen – Nebuka) hidropônica em função de níveis de salinidade da solução nutritiva e frequências de circulação da solução nutritiva.

Após análise do desdobramento entre os tratamentos para a FFPA, verificou-se que, sob reposição com água salobra (Figura 7C), os resultados estimados variaram em função da frequência de circulação da solução, sendo detectados decréscimos de 2,721 e 2,0907 g a cada dS m<sup>-1</sup> incrementado à CESn e que, ao comparar-se plantas sob 1,5 e 9,0 dS m<sup>-1</sup>, a diferença foi de até 87,84% e 81,09%, para duas e três circulações dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Analogamente, sob reposição com AB (Figura 7D), os decréscimos por incremento unitário da CESn foram estimados em 0,8469 e 0,7529 g, bem como em 25,4% e 30,60% quando comparou-se a FFPA de plantas sob 1,5 e 9,0 dS m<sup>-1</sup>, para duas e três circulações dia<sup>-1</sup>, respectivamente. A redução na FFPA em condições de salinidade já foi constatada para diversos tipos de hortaliças como coentro (SILVA et al., 2014), alface (OLIVEIRA et al., 2011), rúcula (JESUS et al. 2015) entre outras, e de uma forma geral, os autores atribuem esta redução ao aumento da demanda de energia para absorção de água e nutriente em condições de salinidade (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Quanto à raiz, sob reposição com água salobra, a FFR diminuiu à razão de 0,6101 e 0,828 g a cada dS m<sup>-1</sup> incrementado na CESn, com perdas estimadas (no intervalo entre 1,5 e 9,0 dS m<sup>-1</sup>) em 81,57% e 88,67%, sob duas e três circulações dia<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 7E). Sob reposição com água de abastecimento as perdas por incremento unitário da CESn foram estimadas em 0,6138 e 0,6704 g e as perdas totais em 66,52% e 61,96% para duas e três circulações da solução dia<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 7F).

As perdas estimadas para a fitomassa fresca da parte aérea foram mais expressivas do que as verificadas para a raiz, especialmente sob reposição com água salobra. Vale destacar, no entanto, o papel atenuante do aumento da frequência de circulação para três circulações dia<sup>-1</sup> em favor da fitomassa fresca, salvo sob reposição com água salobra em níveis acima de 7,5 dS m<sup>-1</sup>, nos demais casos, inclusive, verificou-se redução nas perdas da parte aérea em detrimento da raiz. O aumento

do número de circulação da solução nutritiva torna-se importante em virtude do rebaixamento do nível salino da solução nutritiva para uma melhor manutenção da planta, além de aumentar a oxigenação da solução.

Após análise do desdobramento da interação entre tratamentos para a FST, constatou-se decréscimos por incremento unitário da CEs<sub>n</sub> de 0,1589 e de 0,2158 g, bem como perdas estimadas em 71,12% e 73,69% no intervalo salino proposto, sob duas e três circulações dia<sup>-1</sup>, respectivamente, em plantas sob reposição com água salobra (Figura 7G). De outro modo, quando a reposição da lâmina evapotranspirada foi realizada com água de abastecimento o decréscimo estimado por incremento unitário da CEs<sub>n</sub> foi de 0,1864 e de 0,1798 g, com perdas no intervalo salino estudado de 63,51% e de 56,55%, para duas e três circulações dia<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 7H).

As perdas da FSPA por cada incremento unitário da CEs<sub>n</sub> (0,1351 g e 0,1746 g), bem como a diferença na massa seca da parte aérea das plantas sob 1,5 e 9,0 dS m<sup>-1</sup> (72,03% e 79,64%) sofreram interferência da frequência de circulação, de duas e três vezes dia<sup>-1</sup>, respectivamente, sob reposição com água salobra (Figura 7I). Sob reposição com AB (Figura 7J) a resposta foi análoga, porém com menor intensidade, de modo que as perdas unitárias (0,1283 g e 0,1002 g) e as estimadas dentro do intervalo salino posto (59,49% e 44,06%) variaram para frequência de duas e três vezes dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Os resultados encontrados corroboram com os encontrados por Zanella et al. (2008), ao submeter plantas de alface (cv. Regina 2000 e Lucy Brown) em sistema hidropônico NFT submetida a 15 min de irrigação a intervalos de 5, 15 e 30 min, o maior acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea das plantas foi promovido quando foi utilizado maior número de eventos de irrigação durante o dia.

Em relação à FSR, sob reposição com água salobra (Figura 7K), estimou-se perdas por incremento unitário da CEs<sub>n</sub> de 0,0212 e 0,0583 g e decréscimos totais de 47,26% e 75,07%, para circulação de duas e três vezes ao dia, respectivamente. Verificou-se que quando se adotou reposição com água de abastecimento (Figura 7L) o decréscimo unitário foi estimado em 0,0606 e 0,0787 g por dS m<sup>-1</sup>, com constatação de perdas no intervalo salino de 80,10% e 84,50 % para duas e três circulações da solução ao dia, respectivamente. Os resultados diferem do encontrado por Silva et al. (2016), expondo plantas de coentro a dois tipos de água salobra (CE=0,32 dS m<sup>-1</sup> e CE=4,91 dS m<sup>-1</sup>) com quatro frequências de recirculação da solução nutritiva (em intervalos de 0,25; 2; 4 e 8 h), observaram que acúmulo de massa de matéria seca das raízes, independentemente das frequências de recirculação da solução nutritiva ocorreu acúmulo no mesmo patamar.

Em análise geral sobre a fitomassa seca, vale ressaltar a relevância do aumento da frequência de circulação sob reposição com água salobra e destacar que, sob reposição com AB, o uso de três circulações dia<sup>-1</sup>, passou a ter maior papel mitigador com o aumento da CEs<sub>n</sub>, isso se deve ao grande

número de eventos de circulação da solução nutritiva, minimizando o efeito da salinidade nas plantas. Munns e Tester (2008) associam a redução da fitomassa seca ao efeito osmótico da salinidade, ao efeito tóxico de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  e ao desequilíbrio iônico causado pelo excesso desses íons.

As plantas sob CEs<sub>n</sub> crescente apresentaram variação significativa ( $p < 0,05$ ) quanto ao %MST, %MSPA, %MSR, CR e a AP, para ambas as estratégias de reposição da solução nutritiva. Em relação à frequência de circulação, sob reposição com água salobra, houve significância ( $p < 0,05$ ) para as variáveis %MST, %MSPA, CR e AP e, sob reposição com água de abastecimento, para o %MSPA e CR. A interação entre os tratamentos influenciou ( $p < 0,05$ ) os resultados de CR e AP em ambos os experimentos (Tabela 6).

**Tabela 6.** Teste F para o percentual de massa seca total (%MST), da parte aérea (%MSPA) e da raiz (%MSR), para o comprimento da raiz (CR) e para a altura de planta (AP) da cebolinha (cv. Todo ano Evergreen – Nebuka) em função dos níveis de salinidade e de frequência de aplicação da solução nutritiva nas estratégias de reposição com a respectiva água salobra e com água de abastecimento.

Causa de variação	GL	Teste F									
		%MST		%MSPA		%MSR		CR		AP	
		AS	AB	AS	AB	AS	AB	AS	AB	AS	AB
Salinidade (S)	5	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadrática	1	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**	ns	**
Frequência (F)	1	**	ns	**	**	ns	ns	**	**	**	ns
Interação S x F	5	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**
CV	%	10,43	9,99	10,16	10,47	8,71	7,73	8,56	6,14	4,71	10,65

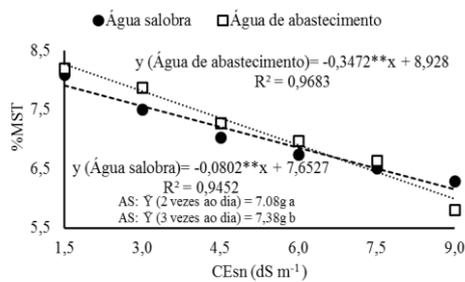
GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\* = significativo a 0,01 de probabilidade; <sup>ns</sup> = não significativo. AS = reposição com a respectiva água salobra e AB = reposição com água de abastecimento. Grau de liberdade para resíduo foi de 48.

Após análise do %MST verificou-se que sob reposição com água salobra e de abastecimento as reduções foram estimadas em 0,0802 e 0,3472% por  $\text{dS m}^{-1}$  incrementado à CEs<sub>n</sub> (Figura 8A). Em termos relativos, ficou evidente que a redução no %MSPA teve menor participação nas perdas totais, sob ambas as estratégias de reposição, salobra (0,2333%) e abastecimento (0,3042%) a cada  $\text{dS m}^{-1}$  incrementado (Figura 8B), em relação ao %MSR, cuja estimativa de redução por incremento unitário da CEs<sub>n</sub> foi de 0,2429 e 0,4042%, para reposição com água salobra e de abastecimento, respectivamente (Figura 8C). Vale ressaltar, no entanto, que a frequência de circulação da solução nutritiva não conseguiu atenuar o efeito deletério da salinidade sobre a raiz, órgão exposto diretamente ao estresse.

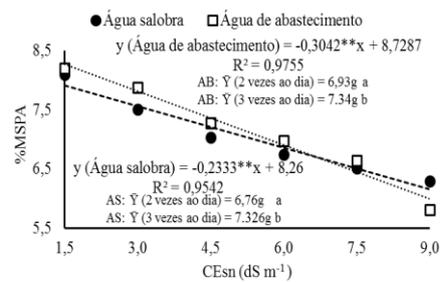
Em que pese o fato de 40% da matéria seca ser constituída de carbono (LAMBERS et al., 2008) e ter sido notório o impacto deletério da CEs<sub>n</sub> sobre a área fotossinteticamente ativa da planta,

processo responsável por sua fixação, verificou-se que a estratégia de reposição com água de abastecimento e o aumento da frequência da solução nutritiva mitigaram o efeito salino sobre o %MS em todas as partes da planta. As maiores perdas verificadas na raiz podem estar associadas ao fato de este ser o órgão da planta exposto diretamente à salinidade e, portanto, iniciar o mecanismo de ajuste osmótico (GUERZONI et al., 2014), reduzindo assim a velocidade do acúmulo de massa seca, e por também afetar a absorção de nutrientes que são essenciais para o desenvolvimento da planta (DEINLEIN et al., 2014; RODRIGUES et al., 2014).

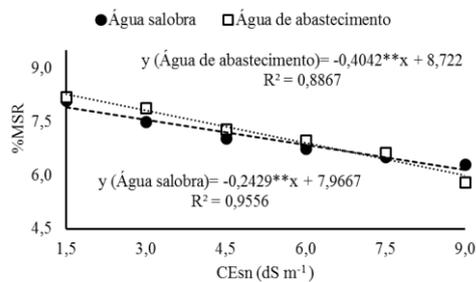
A.



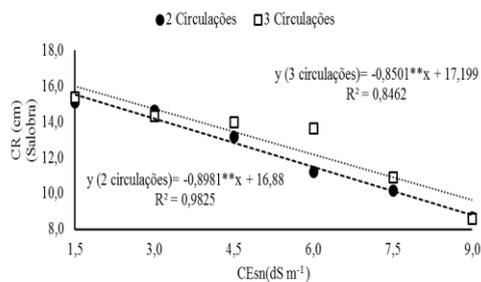
B.



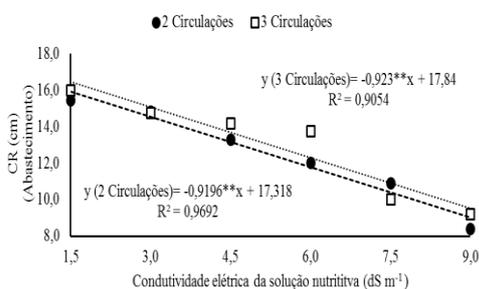
C.



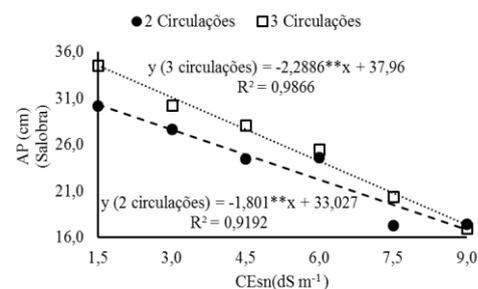
D.



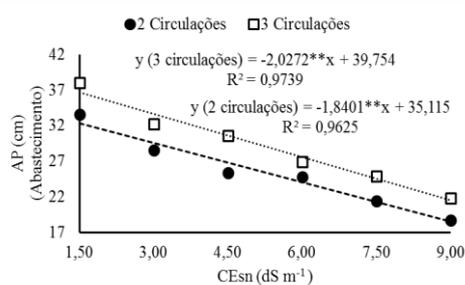
E.



F.



G.



**Figura 8.** Percentual de massa seca total (A), percentual de massa seca da parte aérea (B) percentual de massa seca da raiz (C) sob reposição com água salobra e abastecimento. Desdobramento da interação entre os tratamentos para comprimento da raiz sob reposição com água salobra (D) e abastecimento (E); para altura de plantas sob reposição de água salobra (F) e abastecimento (G). Resultados para cebolinha (cv. Todo ano Evergreen Nebuka) em função de estratégias de uso da água salobra em hidroponia.

Avaliando o CR, sob reposição com água salobra, em função da salinidade da solução nutritiva dentro de cada uma das frequências de circulação desta solução (Figura 8D), verificou-se uma redução linear do CR em ambas as frequências de circulação da solução, tendo-se constatado decréscimos de 0,8981 e de 0,8278 cm a cada  $\text{dS m}^{-1}$  incrementado na CESn, com perdas estimadas em 43,36% e 38,90%. Por outro lado, quando a reposição da lâmina evapotranspirada foi realizada com água de abastecimento (Figura 8E) houve um decréscimo de 0,9196 e de 0,923cm, com perdas estimadas por incremento salino de 43,27% e de 42,06% com duas e três circulações da solução ao dia. Essa redução observada nas raízes se dá pelo contato direto e absorção da solução salina, e em consequência disso ocorre alterações nas relações hídricas da célula, na qual impede a absorção de água pela planta (WILLADINO et al., 2010).

Com relação a altura de planta verificou-se que quando foi utilizada a reposição com água salobra (Figura 8F) foram constatados valores médios de 17,42 até 30,14 cm e com água de abastecimento de 19,68 até 34,5 cm com duas e três reposições respectivamente. Verifica-se, por intermédio da Figura 8F, que a altura de planta sob reposição com água salobra, em função da salinidade da solução nutritiva dentro de cada uma das frequências de circulação desta solução, foi reduzida linearmente em ambas as frequências de circulação da solução avaliadas, tendo-se obtido decréscimos de 1,801 e 2,2886 cm na AP a cada  $\text{dS m}^{-1}$  incrementado, com perdas no intervalo salino estudado estimadas em 44,54% e 49,71%, adotando-se circulação de duas e três vezes ao dia, respectivamente. De outro modo, ao repor a lâmina evapotranspirada com água de abastecimento (Figura 8G), foram constatadas reduções de 1,8401 e 2,0272 cm na AP por incremento unitário da salinidade, com perdas no intervalo salino estimadas em 42,65% e 41,41% nas frequências de circulação de duas e três vezes ao dia, respectivamente. Em estudos com cebolinha Silva et al. (2014) observaram que aos 30 dias após o transplântio as plantas submetidas ao nível salino de  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$  começaram a decrescer, sendo o decréscimo por incremento unitário de salinidade de 7%, e a diferença entre o maior e o menor nível salino estudado de 19%.

## CONCLUSÕES

O uso de três circulações da solução ao dia atenuou as perdas das variáveis biométricas e da produção de fitomassa fresca e seca das plantas sob reposição com água salobra e, quando se adotou água de abastecimento, passou a ter maior papel mitigador com o aumento da salinidade da solução nutritiva.

O aumento da salinidade da solução nutritiva reduziu o percentual de massa seca total, da parte aérea e da raiz, no entanto, o aumento da frequência de circulação da solução nutritiva não mitigou o efeito deletério da salinidade sobre o percentual de massa seca da raiz, órgão exposto diretamente ao estresse salino.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALVES, M.S.; SOARES, T.M.; SILVA, L.T.; FERNANDES, J.P.; OLIVEIRA, M.L.A; PAZ VITAL, P.S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n. 5, p. 491-498, 2011.

ARAUJO, J.L.; FAQUIN, V.; BALIZA D. P.; ÁVILA, F.W.; GUERRERO, A. C. Crescimento e nutrição mineral de cebolinha verde cultivada hidroponicamente sob diferentes concentrações de N, P e K. **Revista Ceres**, Viçosa, v.63, n.2, p.232-240, 2016.

BONACHELA, S.; QUESADA, J.; ACUÑA, R. A.; MAGÁN, J. J.; MARFÀ, O. Oxyfertigation of a greenhouse tomato crop grown on rockwool slabs and irrigated with treated wastewater: Oxygen content dynamics and crop response. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 3, p. 433-438, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional da Irrigação. Departamento de Meteorologia. **Normas climatológicas 1961-1990**. Brasília: EMBRAPA, 1992. 84 p.

DEINLEIN, U.; STEPHAN, A. B.; HORIE, T.; LUO, W.; XU, G.; SCHROEDER, J. I. Plant salt-tolerance mechanisms. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 19, n. 6, p. 371-9, 2014.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV. 2008. 421 p.

FURLANI, P.R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.2, n.481, p.777-778, 1999.

GUERZONI, J.T.S.; BELINTANI, N.G.; MOREIRA, R.M.P.; HOSHINO, A.A.; DOMINGUES, D.S.; BESPALHOK FILHO, J.C.; VIEIRA, L.G.E. Stress-induced D1-pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) gene confers tolerance to salt stress in transgenic sugarcane. **Acta Physiologiae Plantarum**, Krakow, v.36, n.9, p.309– 2319, 2014.

JESUS, C. G.; SILVA JÚNIOR, F. J.; CAMARA, T. R.; SILVA, Ê. F. F.; WILLADINO, L. Production of rocket under salt stress in hydroponic systems. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.33, n.4, p.493-497, 2015.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F.; PONS, T. **Plant physiological ecology**. Springer, New York, 2008. 540p.

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@mbiental, Boa Vista**, v.7 , n.2, p.170-178, 2013.

OLIVEIRA, F. D. A.; MARIA, J. D. O.; MEDEIROS, J. F.; MARACAJÁ, P. B.; OLIVEIRA, M. K. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.771-778, 2011.

MUNNS R.; TESTER M. Mecanismos de tolerância à salinidade. **Review Anual Plant Biology**, Palo Alto, v. 59, n.1, p.651-681, 2008.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC.: U.S. Dept. of Agriculture, 1954. 160p. Agricultural Handbook, 60

RODRIGUES, C. R. F.; SILVA, E. N.; MOURA, R. M., ANJOS, D. C.; HERNANDEZ, F. F. F.; VIÉGAS, R. A. Physiological adjustment to salt stress in *R. communis* seedlings is associated with a probable mechanism of osmotic adjustment and a reduction in water lost by transpiration. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.54, n.1, p.233-239, 2014.

SAIRAM, R.K.; TYAGI, A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. **Current Science**, Bangalore, v.86, n.3, p.407-421, 2004.

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

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

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. da S.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.4, p.842-849, 2011.

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**, Recife, v.8, n.3, p.476-482, 2013.

SILVA, P.F; CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, J. C. C.; COSTA, E. S.; BARBORA, J.T.V. Análise quantitativa da cebolinha irrigada com água salina. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.5, n.3, p. 241-251, 2014.

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

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

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; PAZ, V. P. S.; BARCELOSOLIVEIRA, J. L. Uso de águas salobras em sistemas hidropônicos de cultivo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. Fortaleza, CE: INCTSal, p. 373- 390, 2016.

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

SOARES FILHO, W. S.; GHEYI, H. R.; BRITO, M. E. B.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; MIRANDA, R. S. Melhoramento genético e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. Gomes Filho, E. (ed.) **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, p. 259-277, 2016.

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

ZANELLA, F.; LIMA, A. L. S.; SILVA JÚNIOR, F. F.; MACIEL, S. P. A. Crescimento de alface hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 366-370, 2008.

#### **CAPITULO IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

1. Quando se utilizou água de abastecimento na reposição da lâmina evapotranspirada o consumo hídrico foi maior;

2. O consumo hídrico aumentou com a maior frequência da circulação da solução nutritiva em ambas as estratégias de reposição da lâmina evapotranspirada adotada;
3. O aumento da salinidade da solução nutritiva reduziu a altura das plantas independentemente do tipo de água utilizado na reposição da lâmina evapotranspirada;
4. Devido aos níveis crescentes da salinidade da solução nutritiva, ocorreu decréscimo na produção de fitomassa fresca e seca das plantas sob reposição com água salobra e, quando adotou-se água de abastecimento, esta passou a ter maior papel mitigador com o aumento da salinidade da solução nutritiva;
5. Com o incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva, aumentou a alocação de matéria seca na raiz, em detrimento da parte aérea;
6. O aumento da salinidade da solução nutritiva reduziu o percentual de massa seca total, da parte aérea e da raiz, no entanto, o aumento da frequência de circulação da solução nutritiva acarretou efeito deletério da salinidade sobre o percentual de massa seca da raiz;
7. O teor de água na cebolinha foi superior a em todas as partes da planta; a eficiência do uso da água decresceu, entretanto o aumento da frequência de circulação e uso de água de abastecimento na reposição, mitigaram seus impactos;
8. A salinidade além de ter reduzido o tamanho das plantas, ocasionou necrose nas pontas das folhas com solução nutritiva de condutividade elétrica 7,5 e 9,0 dS m<sup>-1</sup> sob reposição com água salobra, comprometendo sua comercialização.





**Figura 9.** Comparativo do efeito da circulação nutritiva com água salobra no cultivo da cebolinha (cv. Todo ano Nebuka). (A) Frequência de 2 circulações ao dia e tratamentos em ordem crescente (1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5; 9,0  $\text{dS m}^{-1}$ ) e (B) com a frequência de 3 circulações ao dia.